

Відповідає програмі, рекомендованій
**МІНІСТЕРСТВОМ ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**



**ЗОВНІШНЄ
НЕЗАЛЕЖНЕ
ОЦІНЮВАННЯ**

2012

І. Ю. Ненашев

ФІЗИКА

ЕКСПРЕС-ПІДГОТОВКА

- Основні формули за кожною темою курсу
- 20 тематичних тестів, які відповідають технічним характеристикам тесту ЗНО-2012
- Розв'язання. Відповіді до ВСІХ завдань
- 2 тести у форматі ЗНО-2012

Нова специфікація • ЗНО-2012

створено спільно з фахівцями
регіонального центру оцінювання
якості освіти



Відповідає програмі, рекомендованій
**МІНІСТЕРСТВОМ ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**



**ЗОВНІШНЄ
НЕЗАЛЕЖНЕ
ОЦІНЮВАННЯ**

2012

І. Ю. Ненашев

ФІЗИКА

ЕКСПРЕС-ПІДГОТОВКА

- Основні формули за кожною темою курсу
- 20 тематичних тестів, які відповідають технічним характеристикам тесту ЗНО-2012
- Розв'язання. Відповіді до ВСІХ завдань
- 2 тести у форматі ЗНО-2012

Нова специфікація • ЗНО-2012



УДК 371.26
ББК 74.262.21
Н51

Рекомендовано для підготовки до ЗНО з фізики;
відповідає програмі зовнішнього незалежного оцінювання з фізики, затвердженій
МІНІСТЕРСТВОМ ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
(наказ від 17.07.2011 р. № 791)

Рецензенти:

- Є. П. Нелін*, канд. пед. наук, зав. кафедри тестових технологій та моніторингу якості освіти
ХНУ ім. Г. С. Сковороди, методист науково-методичного відділу ХРЦОЯО
- В. П. Горох*, канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри тестових технологій та моніторингу якості
освіти ХНУ ім. Г. С. Сковороди, методист науково-методичного відділу ХРЦОЯО
- І. М. Колупаєв*, канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри матеріалознавства механіко-технічного
факультету НТУ «ХП»
- М. Г. Лещова*, учитель фізики вищої категорії Харківського приватного ліцею «Олімп»,
учитель-методист

Ненашев І. Ю.

Н51 Фізика. Експрес-підготовка. ЗНО-2012/ І. Ю. Ненашев.— 3-тє вид.,
перероб. і доп.— К.: «Літера ЛТД», 2012.— 296 с.

ISBN 978-966-203-285-7

Пропонований посібник містить програму зовнішнього незалежного оцінювання 2012 року та матеріали, які допоможуть учням на високому рівні підготуватися до ЗНО з фізики.

Видання містить 20 тестів за темами курсу, які відповідають темам програми ЗНО, а також 2 тести у форматі ЗНО-2012.

Перед кожним тематичним тестом наведено основні формули за відповідною темою. Кожний тест складається з 36 завдань, форма яких відповідає технічним характеристикам тесту ЗНО-2012.

У посібнику загалом наведено 792 завдання, а також відповіді, вказівки та розв'язання до них. Табличні дані та фізичні константи, які можуть знадобитися під час розв'язування завдань, наведені або в самому завданні, або у додатку.

Призначено для учнів загальноосвітніх навчальних закладів, вчителів фізики, а також усіх, хто готується до ЗНО самостійно.

УДК 371.26
ББК 74.262.21

ISBN 978-966-203-285-7

© І. Ю. Ненашев, 2010–2012
© «Літера ЛТД», 2012

ШАНОВНІ ВИПУСКНИКИ!

Зовнішнє незалежне оцінювання увійшло в наше життя. Для того щоб після закінчення середньої школи продовжувати навчання у вищому навчальному закладі, вам потрібно з належним результатом пройти це складне випробування. До травня, коли буде проходити це оцінювання, залишилося не так уже й багато часу, тому ви маєте витратити його з користю для себе. Перед будь-якими іспитами (а ЗНО — це, безумовно, дуже відповідальний іспит) треба повторити матеріал, який вивчали протягом кількох років.

У запропонованому збірнику ви знайдете завдання з усіх розділів фізики, які вивчали в школі. Ці завдання відповідають програмі, затвердженій Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України. Тому під час розв'язування завдань радимо вам, у першу чергу, користуватися шкільними підручниками. Однак у разі потреби ви можете звертатись до інших навчальних посібників.

Форма завдань повністю відтворює форми завдань зовнішнього незалежного оцінювання. Це дасть вам змогу потренуватися в складанні подібних іспитів.

Кожен варіант складається з 36 завдань. Завдання рекомендуємо виконувати за порядком.

До завдань 1–26 додано чотири варіанти відповідей, серед яких лише один правильний. У завданнях 27–30 (логічні пари) необхідно встановити відповідність, решта завдань кожного варіанта (31–36) потребують подання короткої числової відповіді.

Після 20 тематичних тестових варіантів у збірнику є один тренувальний тест у форматі ЗНО у двох варіантах, який містить завдання з усіх розділів фізики за рекомендаціями Українського центру оцінювання якості освіти.

Головною запорукою вашого успіху на майбутніх іспитах є самостійна робота сьогодні. Беріть завдання й починайте їх розв'язувати. Уважно прочитайте завдання, сконцентруйте увагу на ключових словах, повторіть теоретичний матеріал. Якщо щось не виходить, не засмучуйтеся. Обчисліть бал, який ви отримали.

Виконайте роботу над помилками та попрацюйте із завданнями, які виявилися для вас занадто складними. Для цього в посібнику подано короткі розв'язки.

Основні табличні дані та фізичні константи, які можуть знадобитися під час розв'язування завдань, наведено або в самому завданні, або в Додатку.

Бажаємо Вам успіху, абітурієнти 2012 року!

Автор висловлює щирю подяку вчителям фізики харківських шкіл Маршалі Наталії Миколаївні (учитель-методист ХЗОШ № 142) і Зайцевій Світлані Миколаївні (учитель вищої категорії ХЗОШ № 123) за обговорення та слушні зауваження, які були враховані під час підготовки видання до друку.

ПРОГРАМА ЗОВНІШНЬОГО НЕЗАЛЕЖНОГО ОЦІНЮВАННЯ З ФІЗИКИ

Програму зовнішнього незалежного оцінювання з фізики укладено на основі чинних навчальних програм для загальноосвітніх навчальних закладів із фізики для 7–9 класів (К.; Ірпінь: Перун, 2005, затверджено МОН: лист від 23.12.2004 № 1/11–6611) та для 10–11 класів (К., 2010, затверджено МОН: наказ від 28.10.2010 № 1021).

Матеріал програми зовнішнього незалежного оцінювання з фізики поділено на п'ять тематичних блоків: «Механіка», «Молекулярна фізика та термодинаміка», «Електродинаміка», «Коливання і хвилі. Оптика», «Елементи теорії відносності. Квантова фізика», які, у свою чергу, розподілено за розділами й темами.

Метою зовнішнього незалежного оцінювання з фізики є оцінити вміння учасників зовнішнього незалежного оцінювання:

- встановлювати зв'язок між явищами навколишнього світу на основі знання законів фізики та фундаментальних фізичних експериментів;
- застосовувати основні закони, правила, поняття та принципи, що вивчаються в курсі фізики середньої загальноосвітньої школи;
- визначати загальні риси і суттєві відмінності змісту фізичних явищ та процесів, межі застосування фізичних законів;
- використовувати теоретичні знання для розв'язування задач різного типу (якісних, розрахункових, графічних, експериментальних, комбінованих тощо);
- складати план практичних дій щодо виконання експерименту, користуватися вимірювальними приладами, обладнанням, обробляти результати дослідження, робити висновки щодо отриманих результатів;
- пояснювати принцип дії простих пристроїв, механізмів та вимірювальних приладів із фізичної точки зору;

- аналізувати графіки залежностей між фізичними величинами, робити висновки;
- правильно визначати та використовувати одиниці фізичних величин.

МЕХАНІКА

Основи кінематики. Механічний рух. Система відліку. Відносність руху. Матеріальна точка. Траєкторія. Шлях і переміщення. Швидкість. Додавання швидкостей.

Нерівномірний рух. Середня і миттєва швидкості. Рівномірний і рівноприскорений рухи. Прискорення. Графіки залежності кінематичних величин від часу при рівномірному і рівноприскореному рухах.

Рівномірний рух по колу. Період і частота. Лінійна і кутова швидкості. Доцентрове прискорення.

Основи динаміки. Перший закон Ньютона. Інерціальні системи відліку. Принцип відносності Галілея.

Взаємодія тіл. Маса. Сила. Додавання сил. Другий закон Ньютона. Третій закон Ньютона.

Гравітаційні сили. Закон всесвітнього тяжіння. Сила тяжіння. Рух тіла під дією сили тяжіння.

Вага тіла. Невагомість. Рух штучних супутників. Перша космічна швидкість.

Сили пружності. Закон Гука.

Сили тертя. Коефіцієнт тертя.

Момент сили. Умови рівноваги тіла. Види рівноваги.

Закони збереження в механіці. Імпульс тіла. Закон збереження імпульсу. Реактивний рух.

Механічна робота. Кінетична та потенціальна енергія. Закон збереження енергії в механічних процесах. Потужність. Коефіцієнт корисної дії. Прості механізми.

Елементи механіки рідин та газів. Тиск. Закон Паскаля для рідин та газів. Атмосферний тиск. Тиск нерухомої рідини на дно і стінки посудини. Архімедова сила. Умови плавання тіл.

Знання

Явища і процеси: рух, інерція, вільне падіння тіл, взаємодія тіл, деформація, плавання тіл тощо.

Фундаментальні досліді: Архімеда, Торрічеллі, Б. Паскаля, Г. Галілея, Г. Кавендиша.

Основні поняття: механічний рух, система відліку, матеріальна точка, траєкторія, координата, переміщення, шлях, швидкість, прискорення, інерція, інертність, маса, сила, вага, момент сили, тиск, імпульс, механічна робота, потужність, коефіцієнт корисної дії, кінетична та потенціальна енергія, період і частота.

Ідеалізовані моделі: матеріальна точка, замкнена система.

Закони, принципи: закони кінематики; закони динаміки Ньютона; закони збереження імпульсу й енергії, всесвітнього тяжіння, Гука, Паскаля, Архімеда; умови рівноваги та плавання тіл; принцип відносності Галілея.

Теорії: основи класичної механіки.

Практичне застосування теорії: розв'язання основної задачі механіки, рух тіл під дією однієї або кількох сил; вільне падіння; рух транспорту, снарядів, планет, штучних супутників; рівновага тіл, ККД простих механізмів, передача тиску рідинами та газами, плавання тіл, застосування закону збереження енергії для течії рідин і газів; принцип дії вимірювальних приладів та технічних пристроїв: терези, динамометр, стробоскоп, барометр, манометр, кульковий підшипник, насос, важіль, сполучені посудини, блоки, похила площина, водопровід, шлюз, гідравлічний прес, насоси.

Предметні уміння та способи навчальної діяльності

Уміти:

- розпізнавати прояви механічних явищ і процесів у природі та їх практичне застосування в техніці, зокрема відносності руху, різних видів руху, взаємодії тіл, інерції, використання машин і механізмів, умов рівноваги,

перетворення одного виду механічної енергії в інший тощо;

- застосовувати основні поняття та закони, принципи, правила механіки, формули для визначення фізичних величин та їхніх одиниць; математичні вирази законів механіки;
- визначати межі застосування законів механіки;
- розрізняти різні види механічного руху за його параметрами;
- розв'язувати:
 - розрахункові задачі, застосовуючи функціональні залежності між основними фізичними величинами, на: рівномірний та рівноприскорений прямолінійні рухи; відносний рух; рівномірний рух по колу; рух тіл під дією однієї або кількох сил, рух зв'язаних тіл; умови рівноваги та плавання тіл; всесвітнє тяжіння; закони Ньютона, Гука, Паскаля, Архімеда; збереження імпульсу й енергії;
 - задачі на аналіз графіків руху тіл і визначення за ними його параметрів, побудову графіка зміни однієї величини за графіком іншої;
 - задачі, які передбачають обробку та аналіз результатів експерименту, показаних на фото або схематичному рисунку;
 - комбіновані задачі, для розв'язування яких використовуються поняття і закономірності з кількох розділів механіки.

МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА

Основи молекулярно-кінетичної теорії. Основні положення молекулярно-кінетичної теорії та їх дослідне обґрунтування. Маса і розмір молекул. Стала Авогадро. Середня квадратична швидкість теплового руху молекул.

Ідеальний газ. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу. Температура та її вимірювання. Шкала абсолютних температур.

Рівняння стану ідеального газу. Ізопроцеси в газах.

Основи термодинаміки. Тепловий рух. Внутрішня енергія та способи її зміни. Кількість теплоти. Питома теплоємність речовини. Робота в термодинаміці. Закон збереження енергії в теплових процесах (перший закон термодинаміки). Застосування першого закону термодинаміки до ізопроцесів. Адіабатний процес.

Необоротність теплових процесів. Принцип дії теплових двигунів. Коефіцієнт корисної дії теплового двигуна і його максимальне значення.

Властивості газів, рідин і твердих тіл. Пароутворення (випаровування та кипіння). Конденсація. Питома теплота пароутворення. Насичена та ненасичена пара, їхні властивості. Відносна вологість повітря та її вимірювання.

Плавлення і тверднення тіл. Питома теплота плавлення. Теплота згоряння палива. Рівняння теплового балансу для найпростіших теплових процесів.

Поверхневий натяг рідин. Сила поверхневого натягу. Змочування. Капілярні явища.

Кристалічні та аморфні тіла. Механічні властивості твердих тіл. Види деформацій. Модуль Юнга.

Знання

Явища і процеси: броунівський рух, дифузія, стиснення газів, тиск газів, процеси теплообміну (теплопровідність, конвекція, випромінювання), встановлення теплової рівноваги, необоротність теплових явищ, агрегатні перетворення речовини, деформація твердих тіл, змочування, капілярні явища тощо.

Фундаментальні досліді: Р. Бойля, Е. Маріотта, Ж. Шарля, Ж. Гей-Люссака.

Основні поняття: кількість речовини, стала Авогадро, молярна маса, середня квадратична швидкість теплового руху молекул, температура, тиск, об'єм, концентрація, густина, теплообмін, робота, внутрішня енергія, кількість теплоти, адіабатний процес, ізопроеци, питома теплоємність речовини, питома теплота плавлення, питома теплота пароутворення, питома теплота згоряння палива, поверхнева енергія, сила поверхневого натягу, поверхневий натяг, насичена та ненасичена пара, відносна вологість повітря, точка роси, кристалічні та аморфні тіла, анізотропія монокристалів, пружна і пластична деформації, видовження, механічна напруга.

Ідеалізовані моделі: ідеальний газ, ідеальна теплова машина.

Закони, принципи та межі їхнього застосування: основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії, рівняння стану ідеального газу, газові закони, перший закон термодинаміки, рівняння теплового балансу.

Теорії: основи термодинаміки та молекулярно-кінетичної теорії.

Практичне застосування теорії: окремі випадки рівняння стану ідеального газу та їхнє застосування в техніці, використання стисненого газу та теплових машин, явища дифузії, кипіння під збільшеним тиском, термічна обробка металів, механічні властивості різних матеріалів та використання пружних властивостей тіл у техніці тощо; принцип дії вимірювальних приладів та технічних пристроїв: калориметр, термометр, психрометр, теплова машина (теплові двигуни, парова й газова турбіни).

Предметні уміння та способи навчальної діяльності

Уміти:

- розпізнавати прояви теплових явищ і процесів у природі та їх практичне застосування в техніці, зокрема дифузії, використання стисненого газу, зміни внутрішньої енергії (агрегатного стану речовини), видів теплообміну, явища змочування та капілярності, різних видів деформації, властивостей кристалів та інших матеріалів у техніці й природі, створення матеріалів із заданими властивостями, застосування теплових двигунів на транспорті, в енергетиці, у сільському господарстві, методи профілактики і боротьби із забрудненням навколишнього природного середовища;
- застосовувати основні поняття та закони, принципи, правила молекулярної фізики та термодинаміки, формули для визначення фізичних величин та їхніх одиниць; математичні вирази законів молекулярної фізики та термодинаміки;
- визначати межі застосування законів молекулярної фізики та термодинаміки;
- розрізняти: різні агрегатні стани речовини, насичену та ненасичену пару, кристалічні та аморфні тіла;
- розв'язувати:
 - розрахункові задачі, застосовуючи функціональні залежності між основними фізичними величинами, на: рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу, зв'язок між масою й кількістю молекул; залежність тиску газу від концентрації молекул і температури; внутрішню енергію одноатомного газу; залежність густини та тиску насиченої пари

від температури; рівняння стану ідеального газу, газові закони; роботу термодинамічного процесу, перший закон термодинаміки; рівняння теплового балансу; на поверхневі та капілярні явища, пружну деформацію тіл, відносну вологість повітря;

- задачі на аналіз графіків ізопроцесів та побудову їх у різних системах координат; обчислення за графіком залежності тиску від об'єму; роботи, виконаної газом; аналіз графіків теплових процесів; аналіз діаграми розтягування металів;
- задачі, які передбачають обробку та аналіз результатів експерименту, що показано на фото або схематичному рисунку;
- комбіновані задачі, для розв'язування яких використовуються поняття і закономірності з кількох розділів молекулярної фізики, термодинаміки та механіки;
- складати план виконання експериментів, роботи з вимірювальними приладами та пристроями, зокрема калориметром, термометром, психрометром;
- робити узагальнення щодо властивостей речовин у різних агрегатних станах; розташування, руху та взаємодії молекул залежно від стану речовини.

ЕЛЕКТРОДИНАМІКА

Основи електростатики. Електричний заряд. Закон збереження електричного заряду. Закон Кулона.

Електричне поле. Напруженість електричного поля. Принцип суперпозиції полів.

Провідники та діелектрики в електростатичному полі.

Робота електричного поля при переміщенні заряду. Потенціал і різниця потенціалів. Напруга. Зв'язок між напругою і напруженістю однорідного електричного поля.

Електроємність. Конденсатори. Електроємність плоского конденсатора. З'єднання конденсаторів.

Енергія електричного поля.

Закони постійного струму. Електричний струм. Умови існування електричного струму. Сила струму. Закон Ома для ділянки кола. Опір провідників. Послідовне та паралельне з'єднання провідників. Електрорушійна сила. Закон Ома для повного

кола. Робота і потужність електричного струму. Закон Джоуля — Ленца.

Електричний струм у різних середовищах. Електричний струм у металах. Електронна провідність металів. Залежність опору металів від температури. Надпровідність.

Електричний струм у розчинах і розплавах електrolітів. Закони електролізу. Застосування електролізу.

Електричний струм у газах. Несамостійний і самостійний розряди. Поняття про плазму.

Електричний струм у вакуумі. Термоелектронна емісія. Діод. Електронно-променева трубка.

Електричний струм у напівпровідниках. Власна та домішкова електропровідність напівпровідників. Залежність опору напівпровідників від температури. Електронно-дірковий перехід. Напівпровідниковий діод.

Магнітне поле, електромагнітна індукція. Взаємодія струмів. Магнітне поле. Магнітна індукція. Закон Ампера. Сила Лоренца.

Магнітні властивості речовин. Магнітна проникність. Феромагнетики.

Магнітний потік. Явище електромагнітної індукції. Закон електромагнітної індукції. Правило Ленца. Явище самоіндукції. Індуктивність. Енергія магнітного поля.

Знання

Явища і процеси: електризація, взаємодія заряджених тіл, два види електричних зарядів, вільні носії зарядів у провідниках, поляризація діелектриків, дія електричного струму, електроліз, термоелектронна емісія, йонізація газів, магнітна взаємодія, існування магнітного поля Землі, електромагнітна індукція та самоіндукція тощо.

Фундаментальні досліді: Ш. Кулона, Г. Ома, Х. Ерстеда, А.-М. Ампера, М. Фарадея.

Основні поняття: електричний заряд, елементарний заряд, електростатичне поле, напруженість, лінії напруженості (силові лінії), провідники та діелектрики, діелектрична проникність речовини, робота сил електростатичного поля, потенціальна енергія заряду в електричному полі, потенціал, різниця потенціалів, напруга, електроємність,

енергія зарядженого конденсатора, сила струму, опір, електрорушійна сила, надпровідність, вакуум, термоелектронна емісія, власна та домішкова провідність напівпровідників, електронна провідність металів, дисоціація, хімічний еквівалент, йонізація, рекомбінація, плазма, несамостійний і самостійний розряди, магнітна індукція, сили Ампера і Лоренца, магнітна проникність, електромагнітна індукція, індукційний струм, магнітний потік, ЕРС індукції, електромагнітне поле, самоіндукція, індуктивність, ЕРС самоіндукції, енергія магнітного поля.

Ідеалізовані моделі: точковий заряд, нескінченна рівномірно заряджена площина.

Закони, принципи, правила, гіпотези: закони збереження електричного заряду, Кулона, Ома (для ділянки та повного електричного кола), Джоуля — Ленца, Ампера, електролізу, електромагнітної індукції; принцип суперпозиції електричних полів; правила свердлика (правого гвинта), лівої руки, Ленца; гіпотеза Ампера.

Теорії: основи класичної електронної теорії, теорії електромагнітного поля.

Практичне застосування теорії: використання електростатичного захисту, ізоляторів та провідників, конденсаторів, дії електричного струму, законів струму для розрахунку електричних кіл, електролізу, плазми в техніці, видів самостійного розряду, руху електричних зарядів в електричному і магнітному полях, магнітних властивостей речовини тощо; принцип дії вимірювальних приладів та технічних пристроїв: електроскоп, електрометр, конденсатор, джерела струму (акумулятор, гальванічний елемент, генератор), електровимірювальні прилади (амперметр, вольтметр), споживачі струму (двигуни, резистор, електронагрівальні прилади, плавкі запобіжники, реостати), електронно-променева трубка, напівпровідникові прилади, електромагніти, гучномовець, електродинамічний мікрофон.

Предметні уміння та способи навчальної діяльності

Уміти:

- розпізнавати прояви електромагнітних явищ і процесів у природі та їхнє практичне застосування в техніці, зокрема електростатичний захист, використання провідників та ізоляторів,

конденсаторів, дії електричного струму, використання магнітних властивостей речовини, електролізу в техніці (добування чистих металів, гальваностегія, гальванопластика), електромагнітів, електродвигунів, котушок індуктивності, конденсаторів;

- застосовувати основні поняття та закони, принципи, правила електродинаміки, формули для визначення фізичних величин та їхніх одиниць; математичні вирази законів електродинаміки;
- визначати межі застосування законів Кулона та Ома;
- розрізняти: провідники й діелектрики, полярні й неполярні діелектрики, види магнетиків, несамостійний і самостійний розряди в газах, власну та домішкову провідність напівпровідників;
- порівнювати властивості магнітного поля, електростатичного та вихрового електричних полів;
- розв'язувати:
 - розрахункові задачі, що вимагають застосування функціональних залежностей між основними фізичними величинами, на: взаємодію точкових зарядів (застосування закону Кулона); напруженість поля точкового заряду, провідної кулі, принцип суперпозиції; дію електричного поля на заряд; електроємність плоского конденсатора, з'єднання конденсаторів, енергію зарядженого конденсатора; розрахунок електричних кіл (зокрема змішаних з'єднань провідників) із використанням законів Ома; роботу, потужність та теплову дію електричного струму; проходження електричного струму через електроліти; визначення напрямку та модуля вектора магнітної індукції; сили Ампера, сили Лоренца, ЕРС індукції в рухомих провідниках, на закон електромагнітної індукції, ЕРС самоіндукції, енергію магнітного поля провідника зі струмом;
 - задачі на аналіз графічного зображення електростатичного та магнітного полів, застосування закону Ома, залежності опору металевого провідника та напівпровідника від температури, вольт-амперну характеристику діода;
 - задачі, які передбачають обробку та аналіз результатів експерименту, показаних на фото або схематичному рисунку;
 - комбіновані задачі, для розв'язування яких використовуються поняття і законо-

мірності з механіки, молекулярної фізики та електродинаміки;

- складати план виконання експериментів, роботи з вимірювальними приладами та пристроями, зокрема електроскопом, електрометром, конденсаторами, джерелами струму, перетворювачами струму, приладами для вимірювання характеристик струму, споживачами струму, електромагнітом, соленоїдом;
- робити узагальнення щодо носіїв електричного заряду в різних середовищах; магнітних властивостей різних речовин.

КОЛИВАННЯ І ХВИЛІ. ОПТИКА

Механічні коливання і хвилі. Коливальний рух. Вільні механічні коливання. Гармонічні коливання. Зміщення, амплітуда, період, частота і фаза гармонічних коливань. Коливання вантажу на пружині. Математичний маятник, період коливань математичного маятника. Перетворення енергії при гармонічних коливаннях. Вимушені механічні коливання. Явище резонансу.

Поширення коливань у пружних середовищах. Поперечні та поздовжні хвилі. Довжина хвилі. Зв'язок між довжиною хвилі, швидкістю її поширення та періодом (частотою).

Звукові хвилі. Швидкість звуку. Гучність звуку та висота тону. Інфра- та ультразвук.

Електромагнітні коливання і хвилі. Вільні електромагнітні коливання в коливальному контурі. Перетворення енергії в коливальному контурі. Власна частота і період електромагнітних коливань.

Вимушені електричні коливання. Змінний електричний струм. Генератор змінного струму. Електричний резонанс.

Трансформатор. Передача електроенергії на великій відстані.

Електромагнітне поле. Електромагнітні хвилі та швидкість їх поширення. Шкала електромагнітних хвиль. Властивості електромагнітного випромінювання різних діапазонів.

Оптика. Прямолінійність поширення світла в однорідному середовищі. Швидкість світла та її вимірювання.

Закони відбивання світла. Побудова зображень, які дає плоске дзеркало.

Закони заломлення світла. Абсолютний і відносний показники заломлення. Повне відбивання.

Лінза. Оптична сила лінзи. Формула тонкої лінзи. Побудова зображень, які дає тонка лінза.

Інтерференція світла та її практичне застосування.

Дифракція світла. Дифракційні ґратки та їх використання для визначення довжини світлової хвилі.

Дисперсія світла. Неперервний і лінійчатий спектр. Спектральний аналіз.

Поляризація світла.

Знання

Явища і процеси: коливання тіла на нитці та пружині, резонанс, поширення коливань у просторі, відбивання хвиль, прямолінійне поширення світла в однорідному середовищі, утворення тіні та півтіні, місячні та сонячні затемнення, заломлення світла на межі двох середовищ, скінченність швидкості поширення світла і радіохвиль тощо.

Фундаментальні досліді: Г. Герца; О. Попова та Г. Марконі; І. Ньютона, І. Пулюя та В. Рентгена.

Основні поняття: гармонічні коливання, зміщення, амплітуда, період, частота і фаза, резонанс, поперечні та поздовжні хвилі, довжина хвилі, швидкість і гучність звуку, висота тону, інфра- та ультразвук, вільні та вимушені електромагнітні коливання, коливальний контур, змінний струм, резонанс, автоколивання, автоколивальна система, період (частота) вільних електромагнітних коливань в електричному контурі, електричний резонанс, змінний електричний струм, коефіцієнт трансформації, електромагнітні хвилі, оптична сила та фокус лінзи, показник заломлення; повне відбивання, джерела когерентного випромінювання, інтерференція, дифракція, дисперсія, поляризація світла.

Ідеалізовані моделі: математичний маятник, ідеальний коливальний контур.

Закони, принципи: рівняння незатухаючих гармонічних коливань, закон прямолінійного поширення світла в однорідному середовищі, незалежності поширення світлових пучків, закони відбивання та заломлення хвиль, умови виникнення інтерференційного максимуму та мінімуму; принцип Гюйгенса.

Теорії: основи теорії електромагнітного поля.

Практичне застосування теорії: передача електричної енергії на відстань, передача інформації за допомогою електромагнітних хвиль, радіолокація, використання електромагнітного випромінювання різних діапазонів, застосування явищ інтерференції та поляризації світла, використання лінійчатих спектрів, спектральний аналіз; принцип дії вимірювальних приладів та технічних пристроїв: генератор на транзисторі, генератор змінного струму, трансформатор, найпростіший радіоприймач, окуляри, фотоапарат, проекційний апарат, лупа, мікроскоп, світловод, спектроскоп.

Предметні уміння та способи навчальної діяльності

Уміти:

- розпізнавати прояви коливальних і хвильових (зокрема світлових) явищ і процесів у природі та їх практичне застосування в техніці, зокрема поширення поперечних і поздовжніх хвиль, практичне застосування звукових та ультразвукових хвиль у техніці, використання електромагнітного випромінювання різних діапазонів, застосування явищ інтерференції та поляризації світла, використання лінійчастих спектрів;
- застосовувати основні поняття та закони для коливального руху і хвильових процесів, формули для визначення фізичних величин та їхніх одиниць; математичні вирази законів;
- визначати межі застосування законів геометричної оптики;
- порівнювати особливості коливань та хвиль різної природи, спектри випромінювання та поглинання;
- розрізняти: поперечні та поздовжні хвилі, випромінювання різних діапазонів;
- розв'язувати:
 - розрахункові задачі, застосовуючи функціональні залежності між основними фізичними величинами, на: залежність періоду власних коливань від параметрів системи; закон збереження енергії в коливальному процесі; гармонічні коливання, довжину хвилі; закони геометричної оптики, формулу тонкої лінзи; інтерференцію та дифракцію світла;
 - задачі на аналіз графіків незатухаючих (гармонічних) та затухаючих коливань, залежності амплітуди вимушених коливань від частоти зовнішньої періодичної сили, зображення ходу світлових променів на межі двох прозорих середовищ; зображень, отриманих за допомогою плоского дзеркала та тонкої лінзи;
- комбіновані задачі, для розв'язування яких використовуються поняття і закономірності з різних розділів фізики;
- задачі, які передбачають обробку та аналіз результатів експерименту, представлених на фото або схематичному рисунку;
- складати план виконання дослідів та експериментів, роботи з вимірювальними приладами та пристроями (зокрема, тілом на нитці), генератором на транзисторі, трансформатором, джерелами світла, плоским дзеркалом, лінзою, прозорою плоскопаралельною пластиною, дифракційними ґратками.

КВАНТОВА ФІЗИКА. ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ

Елементи теорії відносності. Принципи (постулати) теорії відносності Ейнштейна. Релятивістський закон додавання швидкостей. Взаємозв'язок маси та енергії.

Світлові кванти. Гіпотеза Планка. Стала Планка. Кванти світла (фотони).

Фотоефект та його закони. Рівняння Ейнштейна для фотоефекту. Застосування фотоефекту в техніці.

Тиск світла. Дослід Лебедева.

Атом та атомне ядро. Дослід Резерфорда. Ядерна модель атома. Квантові постулати Бора. Випромінювання та поглинання світла атомом. Утворення лінійчатого спектра. Лазер.

Склад ядра атома. Ізотопи. Енергія зв'язку атомних ядер. Ядерні реакції. Поділ ядер урану. Ядерний реактор. Термоядерна реакція.

Радіоактивність. Альфа-, бета-, гамма-випромінювання. Методи реєстрації йонізуючого випромінювання.

Знання

Явища і процеси: рух елементарних частинок у прискорювачах, відкриття спектральних ліній, радіоактивності; ізотопи, втрата металами

негативного заряду при опроміненні світлом, залежність енергії фотоелектронів від частоти світла і незалежність від його інтенсивності, дифракція фотонів та електронів.

Фундаментальні досліді: А. Столетова; П. Лебедева; Е. Резерфорда; А. Беккереля.

Основні поняття: кванти світла (фотони), фотоэффект, червона межа фотоэффекту, тиск світла, ізотопи, радіоактивність, альфа- і бета-частинки, гамма-випромінювання, квантовий характер випромінювання й поглинання світла атомами, індуковане випромінювання, протон, нейтрон, ядерні сили, радіоактивний розпад, період напіврозпаду; енергія зв'язку атомних ядер, дефект мас, енергетичний вихід ядерних реакцій, ланцюгова ядерна реакція, критична маса.

Ідеалізовані моделі: планетарна модель атома, протонно-нейтронна модель ядра.

Закони, принципи, гіпотези: постулати теорії відносності, закон зв'язку між масою та енергією, закони фотоэффекту, рівняння Ейнштейна для фотоэффекту, квантові постулати Бора, закон радіоактивного розпаду, гіпотеза Планка.

Теорії: основи спеціальної теорії відносності, теорії фотоэффекту, корпускулярно-хвильовий дуалізм, теорії будови атома та ядра.

Практичне застосування теорії: застосування фотоэффекту, будова і властивості атомних ядер, пояснення лінійчатих спектрів випромінювання та поглинання, застосування лазерів, ядерна енергетика, принцип дії вимірювальних приладів та технічних пристроїв: фотоелемент, фотореле, пристроїв для реєстрації заряджених частинок, лазер, ядерний реактор.

Предметні уміння та способи навчальної діяльності

Уміти:

- розпізнавати прояви квантових явищ і процесів у природі та їх практичне застосування в техніці, зокрема фактів, що підтверджують висновки спеціальної теорії відносності; явищ, що підтверджують корпускулярно-хвильовий дуалізм властивостей світла; використання законів фотоэффекту в техніці, методів спостереження та реєстрації мікрочастинок;
- застосовувати основні поняття та закони спеціальної теорії відносності, теорії фотоэффекту, теорії будови атома та ядра, формули для визначення фізичних величин та їхніх одиниць; математичні вирази законів;
- розрізняти: види спектрів, радіоактивності;
- порівнювати особливості треків мікрочастинок в електричному й магнітному полях; утворення різних видів спектрів, загальні особливості процесів, що відбуваються за радіоактивного розпаду ядер, умови виникнення ланцюгової та термоядерних реакцій; природу альфа-, бета-, гамма-випромінювань;
- розв'язувати:
 - розрахункові задачі, застосовуючи функціональні залежності між основними фізичними величинами, на: релятивістський закон додавання швидкостей, застосування формул зв'язку між масою, імпульсом та енергією; застосування квантових постулатів Бора до процесів випромінювання та поглинання енергії атомом; застосування рівняння Ейнштейна для фотоэффекту, складання рівнянь ядерних реакцій на основі законів збереження; розрахунок дефекту мас, енергії зв'язку атомних ядер, енергетичного виходу ядерних реакцій; застосування законів збереження імпульсу та енергії до опису зіткнень мікрочастинок; застосування закону радіоактивного розпаду, визначення періоду напіврозпаду;
 - задачі на аналіз графіків зміни кількості радіоактивних ядер із часом, енергетичних діаграм поглинання та випромінювання світла;
 - задачі, які передбачають оброблення та аналіз результатів експерименту, показаних на фото або схематичному рисунку, зокрема щодо визначення характеристик елементарних частинок або ядер за фотознімками їхніх треків (зокрема в магнітному полі);
- складати план виконання дослідів та експериментів, роботи з вимірювальними приладами та пристроями, зокрема фотоелементами, фотореле;
- робити узагальнення щодо властивостей речовини та поля.

КІНЕМАТИКА

Основні формули

Миттєва швидкість

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}; v_x = \frac{\Delta s_x}{\Delta t};$$

Середня швидкість

$$v_{\text{сер}} = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_N}{t_1 + t_2 + \dots + t_N};$$

Додавання швидкостей

$$\vec{v}_{\text{відн.нер.}} = \vec{v}_{\text{відн.рух.}} + \vec{v}_{\text{рух.відн.нер.}};$$

Прискорення тіла

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}; a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t};$$

Залежність швидкості руху тіла від часу для рівноприскореного руху

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t; v_x = v_{0x} + a_x t;$$

Залежність переміщення тіла від часу:

— для рівномірного руху

$$\vec{s} = \vec{v}t; s_x = v_x t;$$

— для рівноприскореного руху

$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}; s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}.$$

Залежність координати тіла від часу:

— для рівномірного руху

$$x = x_0 + v_x t;$$

— для рівноприскореного руху

$$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2};$$

Кутова швидкість

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n;$$

Кутове прискорення

$$\beta = \frac{\Delta \omega}{\Delta t};$$

Лінійна швидкість рівномірного обертання

$$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi n R = \omega R;$$

Доцентрове прискорення

$$a = \frac{v^2}{R} = \omega v = \omega^2 R;$$

Повне прискорення тіла

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n; a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}.$$

Варіант 1

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише **ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ**.
Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією.
Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

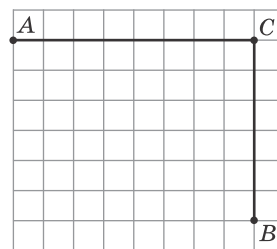
Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

1. Літак протягом 30 хвилин рухався з постійною швидкістю 720 км/год. Який шлях здолав літак за цей час?

А 24 км	Б 360 км	В 1440 км	Г 21 600 км
---------	----------	-----------	-------------

2. Турист перейшов з пункту А до пункту В за траєкторією, яку показано на плану місцевості (див. рисунок). Довжина клітинки становить 10 м. Який шлях здолав турист? Яким є модуль його переміщення за час подорожі?



- А Шлях — 80 м, модуль переміщення — 60 м
 Б Шлях — 140 м, модуль переміщення — 20 м
 В Шлях — 140 м, модуль переміщення — 100 м
 Г Шлях — 140 м, модуль переміщення — 130 м

3. За 2 хвилини 40 секунд автомобіль, який рухався рівномірно, подолав шлях 2,4 км. З якою швидкістю рухався автомобіль?

А 1 км/год	Б 15 км/год	В 54 км/год	Г 60 км/год
------------	-------------	-------------	-------------

4. Дистанцію 300 м легкоатлет пробіг зі швидкістю 27 км/год. Скільки часу тривав забіг?

А 11 с	Б 8,1 с	В 40 с	Г 90 с
--------	---------	--------	--------

5. По дорозі рівномірно їде автобус зі швидкістю 48 км/год. У якому напрямі і з якою швидкістю рухається верхня точка шини колеса автобуса відносно його пасажирів?

А Уперед, 96 км/год	Б Уперед, 48 км/год	В Назад, 96 км/год	Г Назад, 48 км/год
---------------------	---------------------	--------------------	--------------------

6. Автобус їде по шосе зі швидкістю 90 км/год. Його обганяє легковий автомобіль. На початку обгону автомобіль був за 40 м позаду автобуса, а після закінчення — на 50 м попереду. З якою швидкістю рухався автомобіль, якщо обгін тривав 12 с?

А 99 км/год	Б 100 км/год	В 108 км/год	Г 117 км/год
-------------	--------------	--------------	--------------

7. Автобус їде по дорозі на північ зі швидкістю 54 км/год. Його наздоганяє вантажівка зі швидкістю 72 км/год. З якою швидкістю і в якому напрямі відносно вантажівки рухається автобус?

А 128 км/год на північ	Б 128 км/год на південь	В 18 км/год на північ	Г 18 км/год на південь
---------------------------	----------------------------	--------------------------	---------------------------

8. Турист пройшов уздовж шосе 8 км за 2 години, а потім ще 1 км протягом години по багnistій місцевості. Обчисліть середню швидкість туриста на всьому шляху.

А 2,5 км/год	Б 3 км/год	В 4,5 км/год	Г 5 км/год
--------------	------------	--------------	------------

9. Потяг їхав 2 години зі швидкістю 65 км/год, а потім проїхав ще 80 км за одну годину. Обчисліть середню швидкість потяга на всьому шляху.

А 145 км/год	Б 130 км/год	В 72,5 км/год	Г 70 км/год
--------------	--------------	---------------	-------------

10. Пасажир «Столичного експресу» помітив, що зустрічний вантажний потяг пройшов повз нього за 6 с. Якою є довжина потяга, якщо швидкість «Столичного експресу» дорівнює 144 км/год, а вантажного потяга — 54 км/год?

А 324 м	Б 330 м	В 864 м	Г 1188 м
---------	---------	---------	----------

11. Автобус вирушає із зупинки з прискоренням 2 м/с^2 . Через який час він розвине швидкість 72 км/год?

А 10 с	Б 36 с	В 40 с	Г 144 с
--------	--------	--------	---------

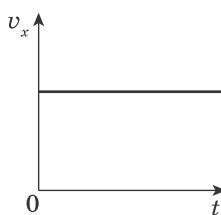
12. Ракета-носій стартує вгору з космодрому з прискоренням 45 м/с^2 . Через який час вона перебуватиме на висоті 45 км ?

А $31,6 \text{ с}$	Б $44,7 \text{ с}$	В 1000 с	Г 2025 с
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

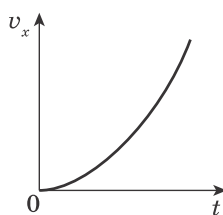
13. Під час екстреного гальмування автомобіль пройшов відстань до повної зупинки 100 м . З яким прискоренням рухався автомобіль під час гальмування, якщо його початкова швидкість становила 72 км/год ?

А $0,05 \text{ м/с}^2$	Б 1 м/с^2	В 2 м/с^2	Г 4 м/с^2
------------------------	---------------------	---------------------	---------------------

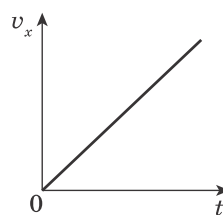
14. Тіло рухається прямолінійно. Установіть, який із графіків залежності проекції швидкості тіла від часу відповідає рівномірному руху.



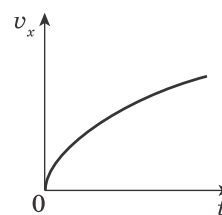
1



2



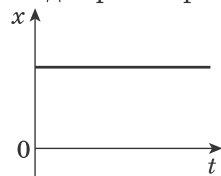
3



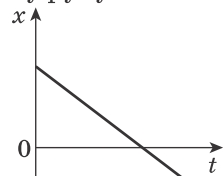
4

А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

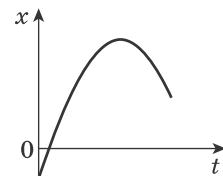
15. Тіло рухається прямолінійно. Установіть, який із графіків залежності координати тіла від часу відповідає рівноприскореному руху.



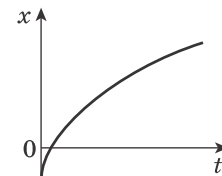
1



2



3



4

А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

16. Залежність проекції швидкості від часу для тіла, що рухається прямолінійно, задана рівнянням $v_x = -2 + t$. Чому дорівнює проекція прискорення тіла?

А 1 м/с^2	Б -2 м/с^2	В -1 м/с^2	Г 32 м/с^2
---------------------	----------------------	----------------------	----------------------

17. Залежність координати від часу для тіла, що рухається прямолінійно, задана рівнянням $x = 2 + 4t - 1,5t^2$. Чому дорівнює проекція початкової швидкості руху тіла?

А 2 м/с	Б 4 м/с	В $-1,5 \text{ м/с}$	Г 3 м/с
-------------------	-------------------	----------------------	-------------------

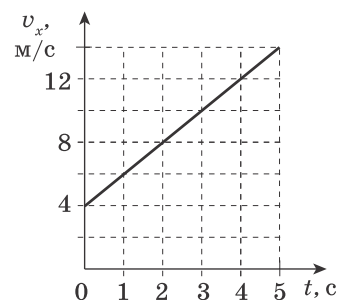
18. Залежність проекції швидкості руху тіла від часу задана графіком (див. рисунок). Якою буде залежність проекції переміщення цього тіла від часу?

А $s_x = 4t + t^2$

В $s_x = 4 + 3t$

Б $s_x = 4t + 2t^2$

Г $s_x = 4t + 1,5t^2$



19. Залежність координати від часу для тіла, що рухається прямолінійно, задана рівнянням $x = 3 - 2t + 2t^2$. Якою буде залежність проекції швидкості цього тіла від часу?

А $v_x = -2 + 2t$	Б $v_x = -2 + t$	В $v_x = -4 + 2t$	Г $v_x = -2 + 4t$
-------------------	------------------	-------------------	-------------------

20. Залежність координати від часу для тіла, що рухається, задана рівнянням $x = -4 + 2t + t^2$. Визначте модуль переміщення тіла за перші 3 секунди руху.

А 7 м	Б 8 м	В 11 м	Г 15 м
-------	-------	--------	--------

21. Хлопчик підкидав камінець вертикально вгору й помітив, що якщо початкову швидкість камінця підвищити у 2 рази, то максимальна висота підйому камінця зросте у... Опором повітря знехтувати.

А ...8 разів	Б ...2 рази	В ...4 рази	Г ...1,4 разу
--------------	-------------	-------------	---------------

22. Тіло вільно падає без початкової швидкості з висоти 80 м. Який час триватиме політ? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 2 с	Б 4 с	В 8 с	Г 16 с
-------	-------	-------	--------

23. Тіло кидають під кутом 30° до горизонту з початковою швидкістю 40 м/с. На яку максимальну висоту підніметься тіло під час польоту? Опором повітря знехтуйте. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 20 м	Б 40 м	В 80 м	Г 160 м
--------	--------	--------	---------

24. Якою є кутова швидкість обертання колеса велосипеда, якщо лінійна швидкість точок обода колеса дорівнює 10 м/с? Радіус колеса становить 50 см.

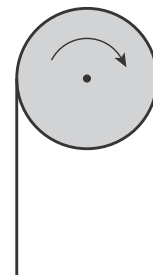
А $0,2 \text{ с}^{-1}$	Б 5 с^{-1}	В 20 с^{-1}	Г 500 с^{-1}
------------------------	----------------------	-----------------------	------------------------

25. Обертову частоту барабана пральної машини під час віджимання білизни збільшили з 400 об/хв до 800 об/хв. Як змінилися лінійна швидкість та доцентрове прискорення точок поверхні барабана?

- А Лінійна швидкість та доцентрове прискорення збільшилися у 2 рази
 Б Лінійна швидкість збільшилася у 2 рази; доцентрове прискорення збільшилося в 4 рази
 В Лінійна швидкість збільшилася в 4 рази; доцентрове прискорення збільшилося у 2 рази
 Г Лінійна швидкість та доцентрове прискорення збільшилися в 4 рази

26. На барабан радіусом 40 см з постійною швидкістю 0,4 м/с намотується мотузка (див. рисунок). Обчисліть кутову швидкість та доцентрове прискорення точок на поверхні барабана.

- А 2 с^{-1} , $16 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ В $0,32 \text{ с}^{-1}$, $0,128 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 Б 1 с^{-1} , $0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ Г $0,16 \text{ с}^{-1}$, $0,064 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$



У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою. Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією. Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

**Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!
Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей**

27. Установіть відповідність між формулами залежності координати від часу для тіла, що рухається прямолінійно, і характером руху тіла.

1 $x = 2 + 2t - 2t^2$	А Тіло рухається рівноприскорено в позитивному напрямі осі Ox зі збільшенням швидкості
2 $x = 2 + 2t + 2t^2$	Б Тіло рухається рівноприскорено в позитивному напрямі осі Ox зі зменшенням швидкості
3 $x = 2 - 2t + 2t^2$	В Тіло рухається рівноприскорено в негативному напрямі осі Ox зі збільшенням швидкості
4 $x = 2 - 2t - 2t^2$	Г Тіло рухається рівноприскорено в негативному напрямі осі Ox зі зменшенням швидкості
	Д Тіло рухається рівномірно в позитивному напрямі осі Ox

28. Установіть відповідність між формулами залежності проекції швидкості від часу для тіла, що рухається прямолінійно, і характером руху тіла.

1 $v_x = -3,5 + 3,5t$	А Тіло перебуває в стані спокою
2 $v_x = 3,5 + 3,5t$	Б Тіло рухається з постійним прискоренням зі стану спокою
3 $v_x = 3,5t$	В Рух тіла рівноприскорений зі збільшенням початкової швидкості
4 $v_x = 3,5$	Г Рух тіла рівноприскорений зі зменшенням початкової швидкості
	Д Рух тіла рівномірний

29. Установіть відповідність між прикладом руху тіла та траєкторією руху.

1 Рух точки обода колеса велосипеда, який хлопчик пересуває дорогою назад-уперед на декілька сантиметрів, відносно осі колеса	А Відрізок прямої
2 Рух кінця секундної стрілки годинника відносно корпусу годинника	Б Дуга кола
3 Рух променя світла, який послідовно відбивається від двох дзеркал, встановлених під деяким кутом одне до одного, відносно самих дзеркал	В Ламана
4 Рух м'яча, підкинутого вертикально вгору, відносно поверхні землі	Г Коло
	Д Парабола

30. Установіть відповідність між прикладом руху тіла та характером руху.

1	Кулька вільно падає без початкової швидкості	А	Прямолінійний рівноприскорений рух зі зменшенням початкової швидкості
2	Штучний супутник Землі рухається по геостаціонарній орбіті	Б	Прямолінійний рівномірний рух
3	Автомобіль, рухаючись прямим горизонтальним відрізком дороги, збільшує швидкість	В	Прямолінійний рівноприскорений рух зі збільшенням початкової швидкості
4	Сани після скочування з льодової гірки рухаються тротуаром	Г	Прямолінійний рівноприскорений рух
		Д	Рівномірний рух по колу

**У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі
в загальному вигляді.)**

31. Людина в човні намагається переправитися через річку таким чином, щоб затратити на це найменший час. Визначте (у метрах), на скільки річка знесе човен під час переправи, якщо ширина річки — 400 м, швидкість течії — 0,8 м/с, швидкість човна відносно води — 4 м/с.

Відповідь: _____

32. Потяг $\frac{3}{4}$ всього шляху проїхав зі швидкістю 81 км/год, а $\frac{1}{4}$ — зі швидкістю 135 км/год. Визначте (у кілометрах за годину) середню швидкість потяга на всьому шляху.

Відповідь: _____

33. Автомобіль, який рухається по дорозі з постійною швидкістю 72 км/год, на ділянці довжиною 300 м прискорився до 144 км/год. Визначте (у метрах на секунду в квадраті) прискорення автомобіля на цій ділянці. Вважайте рух автомобіля на цій ділянці рівноприскореним.

Відповідь: _____

34. З висоти 45 м падає тіло. Визначте (у мілісекундах) час, за який тіло пролетить останній метр польоту. Вважайте, що $g = 10$ м/с². Опором повітря знехтуйте.

Відповідь: _____

35. З високого берега річки в горизонтальному напрямі було кинута камінця зі швидкістю 20 м/с. Визначте, на якій відстані (у метрах) по горизонталі від берега камінець увійде у воду, якщо висота берега становить 20 м. Вважайте, що $g = 10$ м/с². Опором повітря знехтуйте.

Відповідь: _____

36. Визначте доцентрове прискорення (у сантиметрах на секунду в квадраті) точок земного екватора, що обумовлене добовим обертанням Землі. Радіус Землі становить 6400 км. Вважайте, що $\pi^2 = 10$.

Відповідь: _____



БЛАНК ВІДПОВІДЕЙ

A

Увага! Відмічайте тільки один варіант відповіді у рядку варіантів відповідей до кожного завдання. Дотримуйтесь, будь ласка, правил запису відповідей. У завданнях 31–36 правильну відповідь запишіть, враховуючи положення коми, по одній цифрі в кожному білому прямокутнику. Знак «мінус» запишіть в окремому білому прямокутнику ліворуч від цифри.

Наприклад: правильно записане число 2 матиме такий вигляд:

		2		

чи такий:

		2	0

правильно записане число 2,5 матиме такий вигляд:

		2	,	5	

правильно записане число -2,05 матиме такий вигляд:

		-	2	,	0	5

Неправильно записане число 2,5 має такий вигляд:

2			,	5

чи такий:

		2		5

У завданнях 1–30 правильну відповідь позначайте тільки так:

Якщо ви позначили відповідь до котрогось із завдань 1–30 неправильно, то можете її виправити, замалювавши попередню позначку та поставивши нову, як показано на зразку:

	А	Б	В	Г	Д
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г	
1						7					13					19					25				
2						8					14					20					26				
3						9					15					21									
4						10					16					22									
5						11					17					23									
6						12					18					24									

	А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д
27	1					28	1					29	1					30	1				
	2						2						2						2				
	3						3						3						3				
	4						4						4						4				

Приклад написання цифр: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 -

У завданнях 31–36 відповідь запишіть цифрами, враховуючи положення коми.

31					,						33				,						35				,					
32					,						34				,							36				,				

Місце виправлення помилкової відповіді

Щоб виправити відповідь до котрогось із завдань 31–36, запишіть нову відповідь у відповідних клітинках.

31					,						33				,						35				,					
32					,						34				,							36				,				

КІНЕМАТИКА

Основні формули

Миттєва швидкість

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}; v_x = \frac{\Delta s_x}{\Delta t};$$

Середня швидкість

$$v_{\text{сер}} = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_N}{t_1 + t_2 + \dots + t_N};$$

Додавання швидкостей

$$\vec{v}_{\text{відн.нер.}} = \vec{v}_{\text{відн.рух.}} + \vec{v}_{\text{рух.відн.нер.}};$$

Прискорення тіла

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}; a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t};$$

Залежність швидкості руху тіла від часу для рівноприскореного руху

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t; v_x = v_{0x} + a_x t;$$

Залежність переміщення тіла від часу:

— для рівномірного руху

$$\vec{s} = \vec{v}t; s_x = v_x t;$$

— для рівноприскореного руху

$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}; s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}.$$

Залежність координати тіла від часу:

— для рівномірного руху

$$x = x_0 + v_x t;$$

— для рівноприскореного руху

$$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2};$$

Кутова швидкість

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n;$$

Кутове прискорення

$$\beta = \frac{\Delta \omega}{\Delta t};$$

Лінійна швидкість рівномірного обертання

$$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi n R = \omega R;$$

Доцентрове прискорення

$$a = \frac{v^2}{R} = \omega v = \omega^2 R;$$

Повне прискорення тіла

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n; a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}.$$

Варіант 2

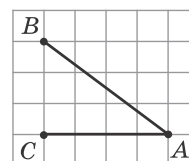
Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише **ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ**.
Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією.
Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

1. Автомобіль проїхав з пункту В через пункт А до пункту С дорогою, яку зображено на рисунку в певному масштабі. Довжина клітинки на рисунку становить 25 м. Який шлях проїхав автомобіль? Яким є модуль його переміщення за час подорожі?

- А Шлях — 175 м, модуль переміщення — 75 м
- Б Шлях — 225 м, модуль переміщення — 75 м
- В Шлях — 75 м, модуль переміщення — 175 м
- Г Шлях — 75 м, модуль переміщення — 225 м



2. Турист 4 години йшов рівниною з постійною швидкістю 1 м/с. Який шлях здолав турист за цей час?

А 4 км	Б 14,4 км	В 24 км	Г 144 км
--------	-----------	---------	----------

3. Відстань 24 км між двома станціями потяг, який рухався рівномірно, подолав за 20 хвилин. З якою швидкістю рухався потяг?

А 120 км/год	Б 80 км/год	В 72 км/год	Г 48 км/год
--------------	-------------	-------------	-------------

4. Судно пройшло відстань між двома портами в 5400 км. Скільки часу тривала подорож, якщо середня швидкість судна дорівнювала 7,5 м/с?

А 30 діб	Б 6 діб 1,8 години	В 8 діб 8 годин	Г 1 доба 16,5 години
----------	--------------------	-----------------	----------------------

5. Гусеничний трактор їде ґрунтовою дорогою зі швидкістю 18 км/год. Який напрям і яке значення має швидкість точок верхньої горизонтальної частини гусениці трактора для спостерігача, який стоїть на узбіччі дороги?

А Уперед, 36 км/год	Б Уперед, 18 км/год	В Назад, 36 км/год	Г Назад, 18 км/год
---------------------	---------------------	--------------------	--------------------

6. Автобус їде по шосе зі швидкістю 90 км/год. Його обганяє легковий автомобіль, що рухається зі швидкістю 108 км/год. Скільки триває обгін, якщо на його початку автомобіль був на 30 м позаду автобуса, а після закінчення обгону опинився на 60 м попереду автобуса?

А 5 с	Б 6 с	В 12 с	Г 18 с
-------	-------	--------	--------

7. По залізничних коліях назустріч їдуть електричка та вантажний потяг. Електричка прямує на захід зі швидкістю 48 км/год, швидкість потяга становить 36 км/год. Чому дорівнює її куди спрямована швидкість електрички відносно потяга?

А 12 км/год, на захід	Б 12 км/год, на схід	В 84 км/год, на захід	Г 84 км/год, на схід
--------------------------	-------------------------	--------------------------	-------------------------

8. Автомобіль проїхав 100 км за 2 години, а потім ще 50 км за 30 хв. Обчисліть середню швидкість автомобіля на всьому шляху.

А 60 км/год	Б 75 км/год	В 100 км/год	Г 150 км/год
-------------	-------------	--------------	--------------

9. Велосипедист проїхав зі швидкістю 25 км/год 2 години, а потім протягом однієї години ще 19 км. Обчисліть середню швидкість велосипедиста на всьому шляху.

А 22 км/год	Б 23 км/год	В 44 км/год	Г 69 км/год
-------------	-------------	-------------	-------------

10. Колона автобусів їде по шосе зі швидкістю 54 км/год. Якою є довжина колони, якщо повз мотоцикл, який рухається їй назустріч зі швидкістю 20 м/с, колона проходить за 1,5 хвилини?

А 52,5 м	Б 111 м	В 3 км 150 м	Г 6 км 660 м
----------	---------	--------------	--------------

11. Через який час тіло, що починає рухатися зі стану спокою з прискоренням $4,5 \text{ м/с}^2$, набуде швидкості 162 км/год?

А 10 с	Б 36 с	В 202,5 с	Г 729 с
--------	--------	-----------	---------

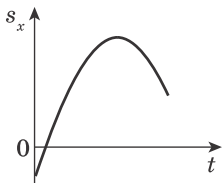
12. Спортивний автомобіль вирушає зі старту з постійним прискоренням 8 м/с^2 . Скільки часу йому знадобиться, щоб проїхати 400 м ?

А 50 с	Б 25 с	В $\sqrt{50} \text{ с}$	Г 10 с
------------------	------------------	-------------------------	------------------

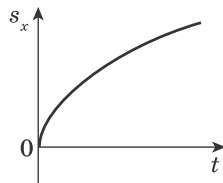
13. Спортивний автомобіль вирушає зі старту з постійним прискоренням 4 м/с^2 . Який шлях він пройде, доки не розвине швидкості 144 км/год ?

А 160 м	Б 200 м	В 400 м	Г 576 м
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

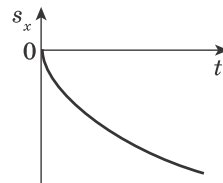
14. Тіло рухається прямолінійно. Установіть, який із графіків залежності проекції переміщення тіла від часу відповідає рівномірному руху.



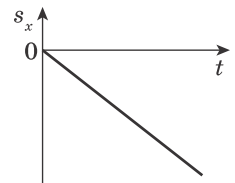
1



2



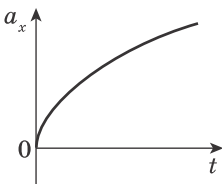
3



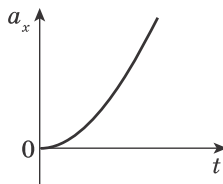
4

А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

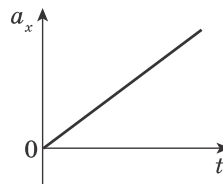
15. Тіло рухається прямолінійно. Установіть, який із графіків залежності проекції прискорення тіла від часу відповідає рівноприскореному руху.



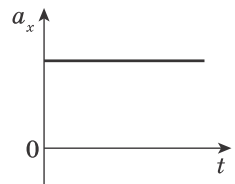
1



2



3



4

А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

16. Залежність проекції швидкості руху від часу для тіла, що рухається прямолінійно, задана рівнянням $v_x = 4 - 2t$. Чому дорівнює проекція початкової швидкості руху тіла?

А 4 м/с	Б -2 м/с	В -1 м/с	Г -4 м/с
-------------------	--------------------	--------------------	--------------------

17. Залежність проекції переміщення від часу для тіла, що рухається прямолінійно, задана рівнянням $s_x = 3t - 1,5t^2$. Чому дорівнює проекція прискорення тіла?

А 3 м/с^2	Б $-0,75 \text{ м/с}^2$	В $-1,5 \text{ м/с}^2$	Г -3 м/с^2
---------------------	-------------------------	------------------------	----------------------

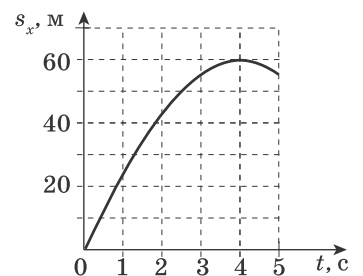
18. Залежність проекції переміщення тіла задана графіком (див. рисунок). Якою буде залежність проекції v_x швидкості руху цього тіла від часу?

А $v_x = 15 - 4t$

В $v_x = 30 - 4t$

Б $v_x = -30 + 15t$

Г $v_x = 30 - 7,5t$



19. Залежність координати від часу для тіла, що рухається прямолінійно, задана рівнянням $x = 2 + t - t^2$. Якою буде залежність проекції прискорення цього тіла від часу?

А $a_x = -2t$	Б $a_x = -2$	В $a_x = 2$	Г $a_x = -1$
---------------	--------------	-------------	--------------

20. Залежність проекції переміщення від часу для тіла, що рухається, задається рівнянням $s_x = -3t + 2t^2$. Визначте модуль швидкості руху тіла через 4 с після початку руху.

А 13 м/с	Б 19 м/с	В 20 м/с	Г 44 м/с
----------	----------	----------	----------

21. Час польоту краплини, що впала з даху десятиповерхового будинку, більший за час польоту краплини, що впала з даху п'ятиповерхового будинку, у... Висоту одного поверху в обох будинках вважайте однаковою. Опором повітря знехтуйте.

А $\dots\sqrt{2}$ рази	Б $\dots 2$ рази	В $\dots 2\sqrt{2}$ рази	Г $\dots 4$ рази
------------------------	------------------	--------------------------	------------------

22. Тіло підкидають вертикально вгору зі швидкістю 25 м/с. На яку максимальну висоту підніметься тіло? Вважайте, що $g = 10$ м/с². Опором повітря знехтуйте.

А 250 м	Б 62,5 м	В 31,25 м	Г 2,5 м
---------	----------	-----------	---------

23. Під яким кутом до горизонту потрібно кинути тіло з початковою швидкістю 20 м/с, щоб воно впало на відстані 40 м від точки кидка? Опором повітря знехтуйте. Вважайте, що $g = 10$ м/с².

А 30°	Б 45°	В 60°	Г 90°
-------	-------	-------	-------

24. Якою є лінійна швидкість обертання кінця секундної стрілки годинника, якщо довжина стрілки становить 2,4 см?

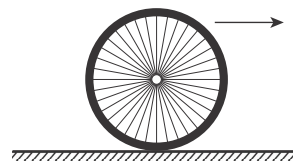
А 0,4 мм/с	Б 2,5 мм/с	В 2,4 м/с	Г 15,1 см/с
------------	------------	-----------	-------------

25. Автомобіль, що рухається по коловій трасі випробувального центру, зменшив швидкість руху втричі. Як змінилися кутова швидкість та доцентрове прискорення автомобіля?

- А Кутова швидкість та доцентрове прискорення зменшилися в 9 разів
 Б Кутова швидкість зменшилася в 9 разів; доцентрове прискорення зменшилося в 3 рази
 В Кутова швидкість зменшилася в 3 рази; доцентрове прискорення зменшилося в 9 разів
 Г Кутова швидкість та доцентрове прискорення зменшилися в 3 рази

26. Велосипедне колесо радіусом 60 см котиться зі швидкістю 2,4 м/с по дорозі (див. рисунок). Обчисліть обертову частоту та доцентрове прискорення точок на поверхні колеса відносно осі. Колесо не проковзує.

- А $\frac{2}{\pi} \frac{\text{об}}{\text{с}}, 3,456 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ В $4 \frac{\text{об}}{\text{с}}, 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 Б $\frac{2}{\pi} \frac{\text{об}}{\text{с}}, 9,6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ Г $0,25 \frac{\text{об}}{\text{с}}, 1,44 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$



У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою. Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією. Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

**Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!
Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей**

27. Установіть відповідність між формулами залежності проекції переміщення тіла від часу й характером руху тіла.

1 $s_x = -3,5t + 3,5t^2$	А Тіло перебуває в стані спокою
2 $s_x = -3,5t - 3,5t^2$	Б Тіло рівномірно обертається по колу
3 $s_x = 3,5t$	В Рух тіла рівноприскорений, напрям руху весь час незмінний
4 $s_x = 0$	Г Рух тіла рівноприскорений, напрям руху з часом змінюється
	Д Рух тіла рівномірний

28. Установіть відповідність між формулами залежності проекції переміщення тіла від часу й характером руху тіла.

1 $v_x = 2 + 2t$	А Тіло рухається рівноприскорено зі зменшенням початкової швидкості
2 $v_x = 2 - 2t$	Б Тіло рухається рівноприскорено зі збільшенням початкової швидкості
3 $v_x = 2t$	В Тіло рухається рівноприскорено зі стану спокою
4 $v_x = 2$	Г Тіло рухається рівномірно
	Д Тіло перебуває в стані спокою

29. Установіть відповідність між описом руху тіла та характером руху.

1 Прискорення тіла збігається за напрямом з початковою швидкістю руху тіла	А Прямолінійний рівноприскорений рух зі зменшенням початкової швидкості
2 Прискорення тіла протилежне за напрямом початковій швидкості руху тіла	Б Прямолінійний рівномірний
3 Прискорення тіла перпендикулярне за напрямом початковій швидкості руху тіла	В Прямолінійний рівноприскорений рух зі збільшенням початкової швидкості
4 Тіло рухається без прискорення	Г Прямолінійний рівноприскорений рух
	Д Рівномірний рух по колу

30. Установіть відповідність між прикладом руху тіла та траєкторією руху.

1	Рух потяга від Львова до Донецька відносно Київського залізничного вокзалу
2	Рух ядра під час змагань із легкої атлетики відносно поверхні землі
3	Рух кінця гвинта гвинтокрила під час його підйому вертикально вгору
4	Рух кінцевої точки керма мотоцикла відносно мотоцикліста під час їзди містом

А	Коло
Б	Дуга кола
В	Гвинтова лінія
Г	Крива лінія
Д	Парабола

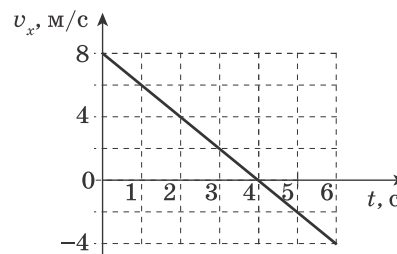
У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)

31. Плавець перепливає річку так, щоб вийти на протилежному березі якраз навпроти відправної точки. Визначте час переправи (у хвилинах), якщо ширина річки становить 120 м, швидкість течії — 1,5 км/год, швидкість плавця відносно води — 2,5 км/год.

Відповідь: _____

32. За графіком залежності швидкості від часу для тіла, що рухається прямолінійно (див. рисунок), визначте (у метрах) модуль переміщення тіла за перші 6 с руху.

Відповідь: _____



33. Літак здійснює посадку на аеродромну смугу зі швидкістю 270 км/год. Відстань, яку він проїхав по смугі, поки його швидкість знизилася до 180 км/год, склала 800 м. Визначте відстань (у сотнях метрів), яку проїде літак по аеродромній смугі, доки його швидкість зменшиться від 180 до 90 км/год.

Відповідь: _____

34. З висоти 80 м падає тіло. Визначте (у метрах), яку відстань проходить тіло за останню секунду польоту. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$. Опором повітря знехтуйте.

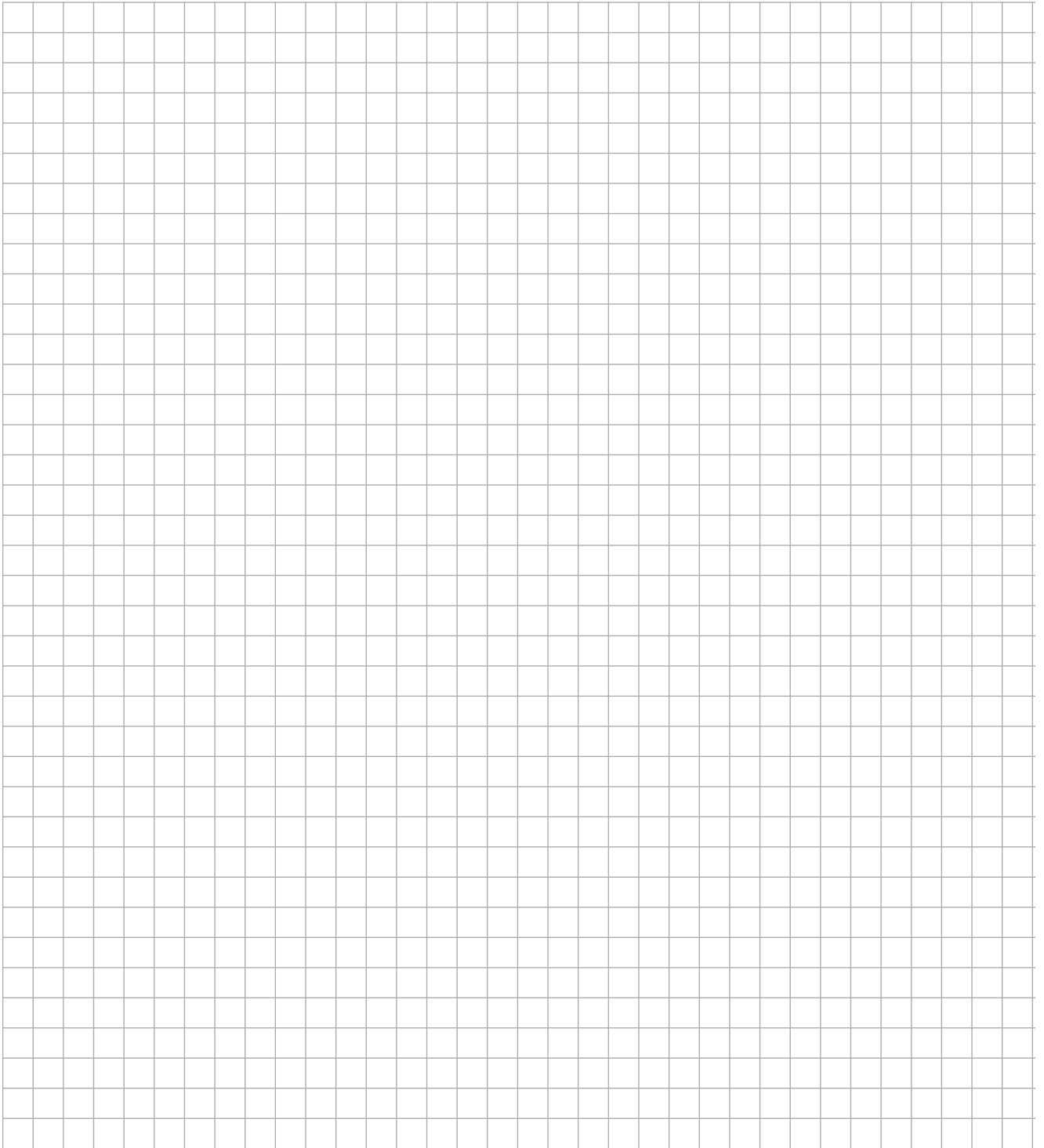
Відповідь: _____

35. Під час гри в баскетбол м'яча було кинуте зі швидкістю 23 м/с під кутом 60° до горизонту. Визначте, за який час (у секундах) м'яч досягне максимальної висоти. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$, $\sin 60^\circ = 0,87$. Опором повітря знехтуйте.

Відповідь: _____

36. З колодязя за допомогою коловорота, на який намотується ланцюг, підіймають відро з водою. Визначте кутову швидкість обертання ручки коловорота (в обертах за секунду), якщо швидкість підйому відра становить $1,5$ м/с, а діаметр циліндричної частини коловорота, на яку намотується ланцюг, дорівнює 30 см.

Відповідь: _____





БЛАНК ВІДПОВІДЕЙ

A

Увага! Відмічайте тільки один варіант відповіді у рядку варіантів відповідей до кожного завдання. Дотримуйтесь, будь ласка, правил запису відповідей. У завданнях 31–36 правильну відповідь записуйте, враховуючи положення коми, по одній цифрі в кожному білому прямокутнику. Знак «мінус» записуйте в окремому білому прямокутнику ліворуч від цифри.

Наприклад: правильно записане число 2 матиме такий вигляд:

		2		

чи такий:

		2	0	

правильно записане число 2,5 матиме такий вигляд:

		2	,	5	

правильно записане число -2,05 матиме такий вигляд:

		-	2	,	0	5

Неправильно записане число 2,5 має такий вигляд:

2						5		

чи такий:

		2				5

У завданнях 1–30 правильну відповідь позначайте тільки так:

Якщо ви позначили відповідь до котрогось із завдань 1–30 неправильно, то можете її виправити, замалювавши попередню позначку та поставивши нову, як показано на зразку:

	А	Б	В	Г	Д
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г	
1						7					13					19					25				
2						8					14					20					26				
3						9					15					21									
4						10					16					22									
5						11					17					23									
6						12					18					24									

	А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д	
27	1					28	1					29	1						30	1				
	2						2						2							2				
	3						3						3							3				
	4						4						4							4				

Приклад написання цифр: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 -

У завданнях 31–36 відповідь записуйте цифрами, враховуючи положення коми.

31					,						33					,					35					,					
32					,						34					,						36					,				

Місце виправлення помилкової відповіді

Щоб виправити відповідь до котрогось із завдань 31–36, запишіть нову відповідь у відповідних клітинках.

31					,						33					,					35					,					
32					,						34					,						36					,				

ЗАКОНИ НЬЮТОНА. СИЛИ В ПРИРОДІ

Основні формули

Другий закон Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a}; F_x = ma_x;$$

Рівнодійна

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N;$$

Співвідношення мас та змін швидкостей тіл під час взаємодії

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\Delta v_2}{\Delta v_1};$$

Третій закон Ньютона

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}; m_1\vec{a}_1 = -m_2\vec{a}_2;$$

Закон всесвітнього тяжіння

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2};$$

Сила тяжіння

$$F_{\text{тяж}} = mg;$$

Сила пружності

$$F_{\text{пруж } x} = -kx.$$

Сила тертя ковзання

$$F_{\text{тер ковз}} = \mu N;$$

Вага тіла, що перебуває в рівновазі

$$P = mg;$$

Вага тіла, що рухається з прискоренням

$$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a});$$

Сила Архімеда

$$F_A = \rho g V_{\text{занур}};$$

Умови плавання тіл:

— тіло плаває на поверхні рідини

$$\rho_{\text{тіла}} < \rho_{\text{рід}};$$

— тіло плаває у товщі рідини

$$\rho_{\text{тіла}} = \rho_{\text{рід}};$$

— тіло тоне у рідини

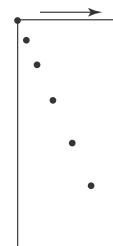
$$\rho_{\text{тіла}} > \rho_{\text{рід}}.$$

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ. Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією. Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

1. У вагоні під час руху поїзда проведено стробоскопічну зйомку падіння кульки. Яким є характер руху поїзда? Стрілка на рисунку показує напрямок руху поїзда.
- А Поїзд не рухається
Б Рух поїзда є прямолінійним рівномірним
В Рух поїзда є прямолінійним рівноприскореним зі збільшенням швидкості
Г Рух поїзда є прямолінійним рівноприскореним зі зменшенням швидкості



2. Які фізичні величини, що характеризують рух тіла, змінюються під час переходу з однієї інерціальної системи відліку в іншу?

- А Переміщення, шлях, швидкість, прискорення — змінюються
- Б Переміщення, швидкість — змінюються, шлях, прискорення — не змінюються
- В Переміщення, шлях, швидкість — змінюються, прискорення — не змінюється
- Г Переміщення, шлях, швидкість, прискорення — не змінюються

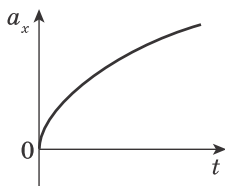
3. У якому випадку систему відліку, пов'язану з літаком, можна вважати інерціальною?

- А Літак злітає зі злітної смуги аеродрому
- Б Літак рухається на сталій висоті з постійною швидкістю
- В Літак здійснює посадку
- Г Літак здійснює поворот, коли під'їжджає до будівлі аеропорту

4. З яким прискоренням рухатиметься тіло масою 200 г, якщо на нього діятиме сила 2 Н?

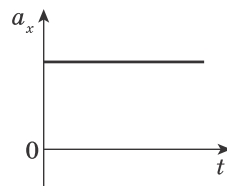
А 0,01 м/с ²	Б 0,4 м/с ²	В 10 м/с ²	Г 100 м/с ²
-------------------------	------------------------	-----------------------	------------------------

5. На тіло діє стала сила. Установіть, який із графіків залежності проекції прискорення тіла від часу відповідає руху цього тіла.



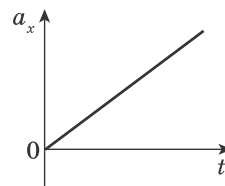
1

А 1



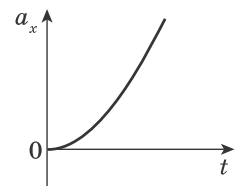
2

Б 2



3

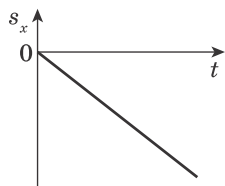
В 3



4

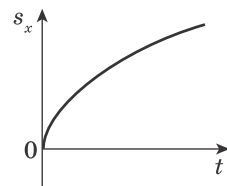
Г 4

6. На тіло діє стала сила. Установіть, який із графіків залежності проекції переміщення тіла від часу може відповідати руху цього тіла.



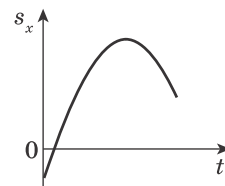
1

А 1



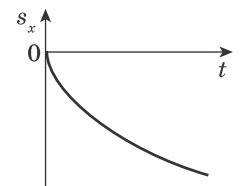
2

Б 2



3

В 3



4

Г 4

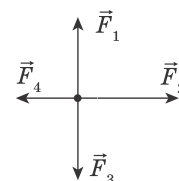
7. На тіло масою 5 кг діє стала сила 10 Н. Установіть, яке з рівнянь може описувати рух цього тіла.

А $v_x = 5t$	Б $v_x = 10t$	В $s_x = 2t^2$	Г $s_x = t^2$
--------------	---------------	----------------	---------------

8. Залежність проекції переміщення від часу для тіла масою 2 кг, що рухається прямолінійно, задана рівнянням $s_x = 2t - 1,5t^2$. Під дією якої сили рухається тіло?

А 2 Н	Б 3 Н	В 4 Н	Г 6 Н
-------	-------	-------	-------

9. На рисунку зображено сили, які діють на тіло масою 4 кг. Визначте напрям та значення прискорення тіла. $F_1 = F_3 = 2$ Н, $F_2 = 2,5$ Н, $F_4 = 1,5$ Н.



- | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| А Вправо, 1 м/с ² | Б Вліво, 1 м/с ² | В Вправо, 0,25 м/с ² | Г Вліво, 0,25 м/с ² |
|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
10. На злітну смугу аеродрому здійснює посадку літак масою 60 т. Якою є сила опору рухові, якщо літак під час торкання колесами смуги мав швидкість 180 км/год і до зупинки проїжджає по смугі 1200 м?
- | | | | |
|-----------|----------|-----------|----------|
| А 1,25 кН | Б 2,5 кН | В 62,5 кН | Г 125 кН |
|-----------|----------|-----------|----------|
11. Хлопчик, який стоїть на ковзанах на льоду, відштовхується від дорослого ковзаняра, який також стоїть на ковзанах. При цьому хлопчик набуває швидкості 0,6 м/с, а дорослий ковзаняр — 0,4 м/с. У скільки разів маса дорослого ковзаняра відрізняється від маси хлопчика?
- | | | | |
|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| А У 1,5 разу менша | Б У 1,5 разу більша | В У 1,7 разу більша | Г У 2,4 разу більша |
|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
12. Як зміниться гравітаційна сила взаємодії двох тіл однакової маси, якщо масу одного тіла вдвічі збільшити, а другого — вдвічі зменшити?
- | | | | |
|----------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| А Не зміниться | Б Збільшиться у 2 рази | В Збільшиться у 4 рази | Г Зменшиться у 4 рази |
|----------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
13. Як зміниться гравітаційна сила взаємодії двох тіл, якщо відстані між ними зменшити вдвічі?
- | | | | |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| А Зменшиться у 2 рази | Б Зменшиться у 4 рази | В Збільшиться у 4 рази | Г Збільшиться у 2 рази |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
14. На якій висоті над поверхнею Землі прискорення вільного падіння втричі менше, ніж на її поверхні?
- | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| А $3R_{\text{Землі}}$ | Б $2R_{\text{Землі}}$ | В $\sqrt{3} R_{\text{Землі}}$ | Г $(\sqrt{3} - 1) R_{\text{Землі}}$ |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
15. Яка сила тяжіння діє на тіло масою 10 кг на планеті, маса та радіус якої вдвічі менші за земні? Вважайте, що $g_{\text{Землі}} = 10$ м/с².
- | | | | |
|---------|---------|--------|--------|
| А 200 Н | Б 100 Н | В 50 Н | Г 25 Н |
|---------|---------|--------|--------|
16. Визначте в радіусах Землі, на якій відстані від центра Місяця знаходиться точка, у якій сила гравітаційного притягання Землі врівноважується силою гравітаційного притягання Місяця. Відстань між центрами Землі та Місяця дорівнює 64 радіусам Землі, маса Землі більша за масу Місяця у 81 раз.
- | | | | |
|--------|--------|-------|-------|
| А 63,2 | Б 57,6 | В 6,4 | Г 0,8 |
|--------|--------|-------|-------|
17. Якою є вага тіла масою 5 кг, яке знаходиться в ліфті? Ліфт рухається з прискоренням 4 м/с², спрямованим вертикально вниз. Вважайте, що $g = 10$ м/с².
- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| А 20 Н | Б 30 Н | В 50 Н | Г 70 Н |
|--------|--------|--------|--------|

18. Під час визначення жорсткості пружини до неї підвісили тіло масою 400 г (рис. 1). Якою виявилася жорсткість пружини після обчислень? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 20 Н/м	Б 40 Н/м	В 50 Н/м	Г 200 Н/м
----------	----------	----------	-----------

19. Якою є маса вантажу, підвішеного до пружини динамометра (рис. 2)? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 36 г	Б 360 г	В 3,6 кг	Г 36 кг
--------	---------	----------	---------

20. Під час підготовки до лабораторної роботи учень отримав завдання за допомогою лінійки визначити жорсткість пружини динамометра (рис. 3). Якою виявилася жорсткість пружини після обчислень?

А 20 Н/м	Б 40 Н/м	В 80 Н/м	Г 160 Н/м
----------	----------	----------	-----------

21. За допомогою динамометра та склянки з водою учневі потрібно визначити густину речовини суцільної кульки (рис. 4). Якою виявилася густина речовини кульки? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 0,6 г/см ³	Б 2,4 г/см ³	В 3 г/см ³	Г 5 г/см ³
-------------------------	-------------------------	-----------------------	-----------------------

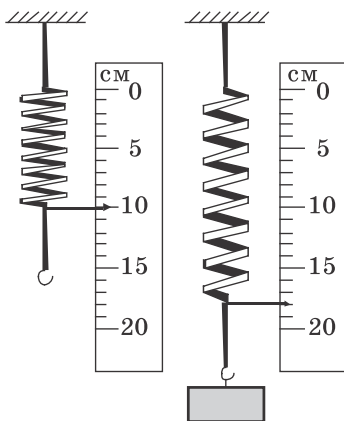


Рис. 1

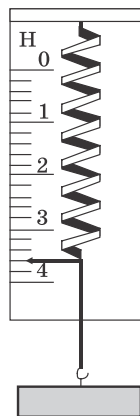


Рис. 2

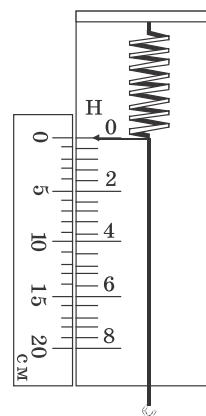


Рис. 3

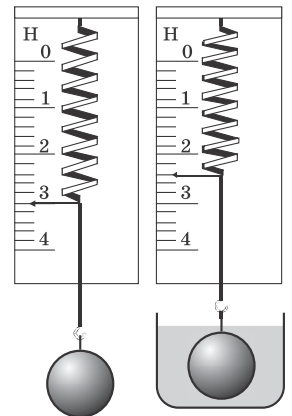


Рис. 4

22. Пружини жорсткостями 30 Н/м і 60 Н/м з'єднали послідовно. Якою є загальна жорсткість такого з'єднання?

А 20 Н/м	Б 30 Н/м	В 45 Н/м	Г 90 Н/м
----------	----------	----------	----------

23. Якою може бути максимальна сила тертя спокою між бруском масою 2,4 кг і горизонтальним столом, якщо коефіцієнт тертя між ними становить 0,6? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 1,44 Н	Б 4 Н	В 14,4 Н	Г 40 Н
----------	-------	----------	--------

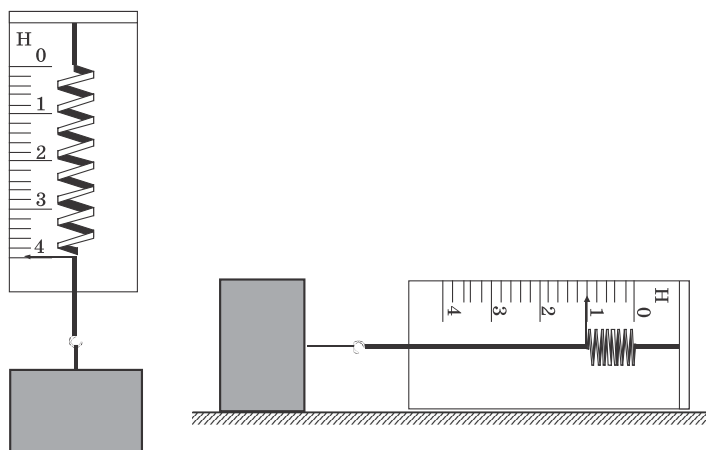
24. Брусок масою 3 кг лежить на столі, коефіцієнт тертя $\mu = 0,4$. Якою є сила тертя між бруском і столом, якщо горизонтальний динамометр, яким учень діє на брусок, показує 10 Н?

А 1,2 Н	Б 10 Н	В 12 Н	Г 30 Н
---------	--------	--------	--------

25. По льоду з певною швидкістю ковзає шайба в північному напрямку. З яким прискоренням (напрямок та числове значення) рухатиметься ця шайба, коли потрапить на ділянку, вкриту шаром піску? Коефіцієнт тертя між шайбою й піском — 0,8. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 0,8 м/с ²	Б 1,25 м/с ²	В 8 м/с ²	Г 12,5 м/с ²
------------------------	-------------------------	----------------------	-------------------------

26. Під час проведення лабораторної роботи учень спочатку підвісив брусок до динамометра, а потім за допомогою того самого динамометра почав рівномірно тягнути його по столу (див. рисунок). Яким виявився коефіцієнт тертя ковзання між бруском та столом за даними експерименту?



А 0,1	Б 0,25	В 0,3	Г 0,4
-------	--------	-------	-------

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою.

Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією.

Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

27. Установіть відповідність між фізичним законом та формулою, що його описує.

1 Другий закон динаміки Ньютона	А $F = \rho g V$
2 Третій закон динаміки Ньютона	Б $F_x = -kx$
3 Закон всесвітнього тяжіння	В $F = G \frac{mM}{r^2}$
4 Закон Гука	Г $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$
	Д $\vec{F} = m\vec{a}$

28. Установіть відповідність між назвою сили та формулою, за якої її можна обчислити.

1 Сила тертя ковзання	А $F_x = -kx$
2 Сила пружності	Б $F = \mu N$
3 Сила тяжіння	В $F = ma$
4 Сила Архімеда	Г $F = \rho g V$
	Д $F = mg$

29. Установіть відповідність між характером руху тіла та напрямом рівнодійної сил, що діють на тіло.

1	Прямолінійний рівномірний рух
2	Прямолінійний рівноприскорений рух зі збільшенням швидкості
3	Криволінійний нерівномірний рух
4	Рівномірний рух по колу

А	Рівнодійна сил, що діють на тіло, збігається за напрямом зі швидкістю
Б	Рівнодійна сил, що діють на тіло, напрямлена перпендикулярно швидкості
В	Рівнодійна сил, що діють на тіло, протилежна за напрямом до швидкості
Г	Рівнодійна сил, що діють на тіло, напрямлена під гострим кутом до швидкості
Д	Рівнодійна сил, що діють на тіло, дорівнює нулю

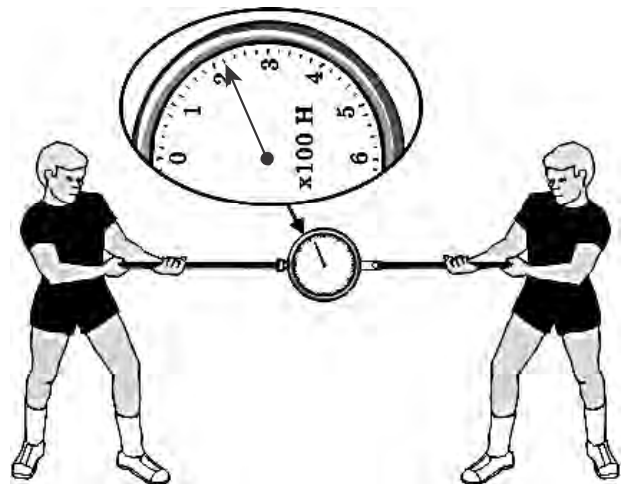
30. Установіть відповідність між ім'ям науковця та змістом закону, названого його ім'ям.

1	Йоганн Кеплер
2	Ісаак Ньютон
3	Архімед
4	Роберт Гук

А	На тіло, занурене в рідину, діє виштовхувальна сила, що дорівнює вазі рідини в об'ємі зануреної частини тіла
Б	Планети рухаються навколо Сонця по еліпсах, в одному з фокусів яких знаходиться Сонце
В	Усі тіла притягаються із силами, які пропорційні масам тіл та обернено пропорційні квадрату відстані між ними
Г	Сумарний імпульс тіл, що складають замкнену систему, зберігається за будь-яких взаємодій між тілами системи
Д	За невеликих деформацій тіл виникає сила, напрямлена протилежно деформації та прямо пропорційна цій деформації

У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)

31. Два хлопці кожен тягнуть на себе мотузки, які прив'язані до динамометра (див. рисунок). Визначте (у сотнях ньютонів) силу, яку кожен із хлопців прикладає до мотузки.



Відповідь: _____

32. Визначте середню силу (у кілоньютонах), що діяла на м'яч під час удару футболіста, якщо м'яч після удару набув швидкості 72 км/год? Перед ударом м'яч був нерухомим. Маса м'яча становить 500 г, час удару — 0,02 с.

Відповідь: _____

33. За допомогою тросу жорсткістю 4 МН/м вертикально вгору піднімають кабінку ліфта масою 2 т з прискоренням 2 м/с^2 . Швидкість руху ліфта збільшується. Визначте (у міліметрах) розтяг троса. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Відповідь: _____

34. Визначте (у кілометрах за секунду) швидкість штучного супутника планети, маса якої становить $8 \cdot 10^{24} \text{ кг}$, а радіус — 8000 км . Супутник рухається по коловій орбіті на висоті 337 км від поверхні планети.

Відповідь: _____

35. Визначте (у десятках метрів) гальмівний шлях автомобіля під час екстреного гальмування, якщо коефіцієнт тертя між шинами автомобіля й дорожнім покриттям дорівнює $0,4$. Швидкість руху автомобіля перед початком гальмування становила 72 км/год . Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Відповідь: _____

36. По горизонтальному столу за допомогою пружини, яка весь час паралельна до поверхні стола, рівномірно тягнуть брусок. Визначте коефіцієнт тертя між столом і бруском, якщо пружина під час дослідів розтягується на 8 см . Маса бруска — 6 кг , жорсткість пружини — 300 Н/м . Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Відповідь: _____





БЛАНК ВІДПОВІДЕЙ

A

Увага! Відмічайте тільки один варіант відповіді у рядку варіантів відповідей до кожного завдання. Дотримуйтесь, будь ласка, правил запису відповідей. У завданнях 31–36 правильну відповідь запишіть, враховуючи положення коми, по одній цифрі в кожному білому прямокутнику. Знак «мінус» запишіть в окремому білому прямокутнику ліворуч від цифри.

Наприклад: правильно записане число 2 матиме такий вигляд:

		2		

чи такий:

		2	0	

правильно записане число 2,5 матиме такий вигляд:

		2	,	5	

правильно записане число -2,05 матиме такий вигляд:

		-	2	,	0	5

Неправильно записане число 2,5 має такий вигляд:

2				,	5	

чи такий:

		2			5

У завданнях 1–30 правильну відповідь позначайте тільки так:

Якщо ви позначили відповідь до котрогось із завдань 1–30 неправильно, то можете її виправити, замалювавши попередню позначку та поставивши нову, як показано на зразку:

	А	Б	В	Г	Д
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г	
1						7					13					19					25				
2						8					14					20					26				
3						9					15					21									
4						10					16					22									
5						11					17					23									
6						12					18					24									

	А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д	
27	1					28	1					29	1					30	1					
	2						2						2						2					
	3						3						3						3					
	4						4						4						4					

Приклад написання цифр: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 -

У завданнях 31–36 відповідь запишіть цифрами, враховуючи положення коми.

31					,					33					,					35					,					
32					,					34					,						36					,				

Місце виправлення помилкової відповіді

Щоб виправити відповідь до котрогось із завдань 31–36, запишіть нову відповідь у відповідних клітинках.

31					,					33					,					35					,					
32					,					34					,						36					,				

ЗАСТОСУВАННЯ ЗАКОНІВ ДИНАМІКИ

Основні формули

Другий закон Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a}; F_x = ma_x;$$

Рівнодійна

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N;$$

Співвідношення мас та змін швидкостей тіл під час взаємодії

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\Delta v_2}{\Delta v_1};$$

Третій закон Ньютона

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}; m_1\vec{a}_1 = -m_2\vec{a}_2;$$

Закон всесвітнього тяжіння

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2};$$

Сила тяжіння

$$F_{\text{тяж}} = mg;$$

Сила пружності

$$F_{\text{пруж } x} = -kx.$$

Сила тертя ковзання

$$F_{\text{тер ковз}} = \mu N;$$

Вага тіла, що перебуває в рівновазі

$$P = mg;$$

Вага тіла, що рухається з прискоренням

$$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a});$$

Сила Архімеда

$$F_A = \rho g V_{\text{занур}};$$

Умови плавання тіл:

— тіло плаває на поверхні рідини

$$\rho_{\text{тіла}} < \rho_{\text{рід}};$$

— тіло плаває в товщі рідини

$$\rho_{\text{тіла}} = \rho_{\text{рід}};$$

— тіло тоне в рідині

$$\rho_{\text{тіла}} > \rho_{\text{рід}};$$

Умови рівноваги тіла

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N = 0; M_1 + M_2 + \dots + M_N = 0;$$

Варіант 1

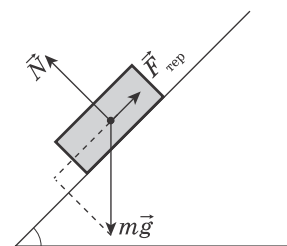
Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише **ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ**.
Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією.
Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

1. На рисунку в певному масштабі позначені всі сили, що діють на тіло, яке рухається похилою площиною. Опишіть напрямок та характер руху тіла.

- А Тіло рухається вниз рівномірно
- Б Тіло рухається вгору рівномірно
- В Тіло рухається вниз рівноприскорено зі збільшенням швидкості
- Г Тіло рухається вгору рівноприскорено зі збільшенням швидкості



2. Для того щоб втягувати по гладенькій похилій площині тіло масою 10 кг, уздовж похилої площини потрібно прикладати силу 50 Н. З яким прискоренням це тіло зісковзуватиме по цій площині, якщо тіло відпустити? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 1 м/с^2	Б $2,5 \text{ м/с}^2$	В 5 м/с^2	Г 10 м/с^2
---------------------	-----------------------	---------------------	----------------------

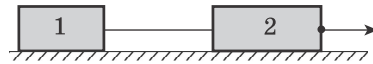
3. Яку силу потрібно прикладати до тіла вздовж похилої площини, щоб рівномірно втягувати його по цій похилій площині? Маса тіла — 4 кг, кут нахилу площини — 30° , коефіцієнт тертя — 0,2. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$, $\sin 30^\circ = 0,5$, $\cos 30^\circ = 0,87$.

А 13 Н	Б 15 Н	В 27 Н	Г 55 Н
--------	--------	--------	--------

4. До нитки, перекинutoї через нерухомий блок, підвішено вантажі. Маса першого — 2 кг, другого — 1 кг. Вантажі рухаються під дією тільки сили тяжіння та сили натягу нитки. Тертя відсутнє. Порівняйте вагу вантажів під час руху між собою.

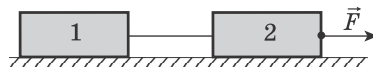
- А Вага однакова
 Б Вага першого більша у 2 рази
 В Вага першого більша в 4 рази
 Г Вага другого більша у 2 рази

5. По гладенькому горизонтальному столу тягнуть два бруски з прискоренням 2 м/с^2 (див. рисунок). Маса першого бруска — 400 г, другого — 600 г. Яке значення має сила натягу нитки, яка з'єднує бруски?



А 2 Н	Б 1,2 Н	В 0,8 Н	Г 0,4 Н
-------	---------	---------	---------

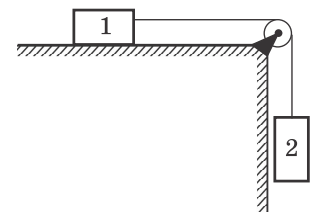
6. По гладенькому горизонтальному столу за допомогою сили F тягнуть два однакові бруски з прискоренням 3 м/с^2 (див. рисунок). Як зміниться сила натягу нитки, що з'єднує бруски, якщо на перший брусок покласти ще один такий самий? Сила F залишається незмінною.



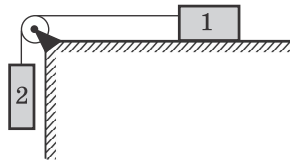
А Зменшиться у 2 рази	Б Збільшиться в $1\frac{1}{3}$ рази	В Збільшиться в 1,5 рази	Г Збільшиться у 2 рази
-----------------------	-------------------------------------	--------------------------	------------------------

7. Брусок 1 втримують на гладенькому горизонтальному столі, а брусок 2 висить на нитці, прив'язаній до бруска 1 та перекинutoї через блок на краю стола (див. рисунок). Як поводитиметься після звільнення брусок 1 залежно від співвідношення мас брусків?

- А Якщо $m_1 = 4m_2$, брусок 1 рухатиметься рівномірно вліво
 Б Якщо $m_1 = 2m_2$, брусок 1 перебуватиме в стані спокою
 В Якщо $m_1 = m_2$, брусок 1 рухатиметься рівномірно вправо
 Г За будь-якого співвідношення між m_1 та m_2 брусок 1 рухатиметься рівноприскорено вправо



8. Маса першого бруска — 2 кг маса, другого — 500 г (див. рисунок). Якою є сила натягу нитки, яка їх з'єднує, якщо коефіцієнт тертя між першим бруском та столом становить 0,2? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.



А 4,8 Н	Б 5 Н	В 15 Н	Г 20 Н
---------	-------	--------	--------

9. Опуклий міст має форму дуги окружності радіусом 144 м. Автомобіль масою 2 т рухається мостом зі швидкістю 86,4 км/год. З якою силою автомобіль діє на поверхню дороги в момент проходження середини моста? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 0	Б 12 кН	В 20 кН	Г 24 Н
-----	---------	---------	--------

10. Автомобіль проходить поворот дороги, рухаючись по колу певного радіуса. Полотно дороги горизонтальне. Яка сила спричиняє доцентрове прискорення автомобіля?

- А Сила тяги двигуна
- Б Сила опору рухові
- В Сила нормальної реакції полотна дороги
- Г Сила тертя спокою між шинами та поверхнею дороги

11. Велотрек на поворотах має нахил полотна. Куди й для чого роблять цей нахил?

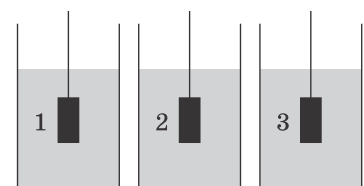
- А Усередину велотреку; для збільшення кута відхилення велосипедиста від перпендикуляра до полотна
- Б Усередину велотреку; для зменшення кута відхилення велосипедиста від перпендикуляра до полотна
- В До зовнішнього краю велотреку; для зменшення сили опору руху
- Г До зовнішнього краю велотреку; для збільшення сили опору руху

12. З якою швидкістю велосипедист проходить поворот радіуса 10 м, якщо при цьому він відхиляється від вертикалі на 30° ? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$, $\text{tg } 30^\circ = 0,58$.

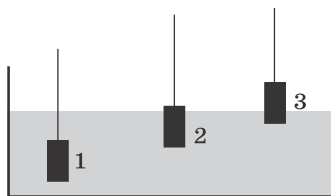
А 7,6 км/год	Б 13,2 км/год	В 27,4 км/год	Г 47,4 км/год
--------------	---------------	---------------	---------------

13. Три однакові металеві циліндри занурили в склянки з рідинами (див. рисунок). Порівняйте сили Архімеда, що діють на циліндри, якщо в першій склянці гас, у другій — вода, у третій — машинне масло.

- А Сили однакові в усіх трьох склянках
- Б У першій — найбільша, у третій — найменша
- В У другій — найбільша, у першій — найменша
- Г У третій — найбільша, у першій — найменша



14. У посудину з рідиною на нитках опускають суцільні металеві циліндри однакового об'єму так, як вказано на рисунку. Порівняйте густини металів, з яких виготовлені циліндри, якщо сили натягу ниток, на яких циліндри підвішені, однакові.

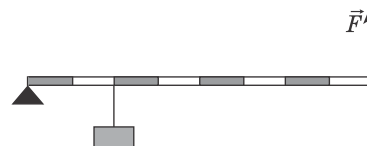


А $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$	Б $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$	В $\rho_1 < \rho_3 < \rho_2$	Г $\rho_2 < \rho_1 < \rho_3$
------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------

15. На ліве плече важеля діє сила 120 Н, а на праве — 80 Н. Важіль перебуває в рівновазі. Визначте його праве плече, якщо ліве дорівнює 90 см. Вагою важеля знехтуйте.

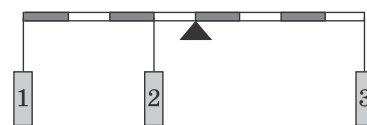
А 60 см	Б 90 см	В 135 см	Г 180 см
---------	---------	----------	----------

16. Яке значення має сила, що прикладена до важеля, якщо маса вантажу дорівнює 10 кг (див. рисунок)? Вагою важеля знехтуйте. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.



А 25 Н	Б 50 Н	В 100 Н	Г 200 Н
--------	--------	---------	---------

17. Важіль перебуває в рівновазі (див. рисунок). Маса і першого, і другого вантажів становить 4 кг. Якою є маса третього вантажу? Вагою важеля знехтуйте.



А 5 кг	Б 8 кг	В 12 кг	Г 16 кг
--------	--------	---------	---------

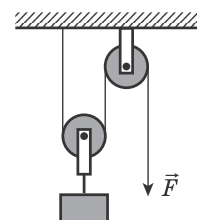
18. До однорідної балки масою 50 кг і довжиною 2 м підвішена бочка масою 20 кг на відстані 0,5 м від одного з країв. Балка лежить кінцями на опорах. Визначте силу, з якою край, ближчий до бочки, діє на опору. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 300 Н	Б 350 Н	В 400 Н	Г 700 Н
---------	---------	---------	---------

19. Нерухомий блок:

- А дає програш у силі у 2 рази
- Б дає програш у переміщенні у 2 рази
- В дає виграш у силі у 2 рази
- Г не дає програшу ні в силі, ні в переміщенні

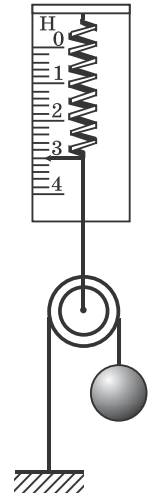
20. Яку силу потрібно прикладати до вільного кінця мотузки, щоб рівномірно підняти вантаж масою 10 кг за допомогою рухомого та нерухомого блоків (див. рисунок)? Масою рухомого блока знехтуйте. Тертя відсутнє. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.



А 400 Н	Б 200 Н	В 100 Н	Г 50 Н
---------	---------	---------	--------

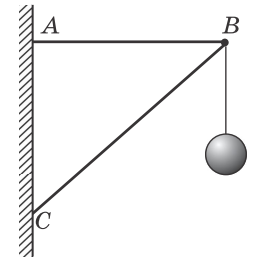
21. Якою є маса кульки? Масою блока знехтуйте. Тертя відсутнє. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 150 г	В 600 г
Б 300 г	Г 6 кг



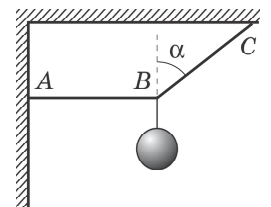
22. Кульку підвісили до конструкції, яка складається з двох невагомих стрижнів AB і BC , шарнірно з'єднаних між собою й зі стіною (див. рисунок). Назвіть деформації, які спостерігаються в стрижнях.

- А AB — розтяг, BC — стиск
 Б BC — розтяг, AB — стиск
 В AB та BC — стиск
 Г AB та BC — розтяг



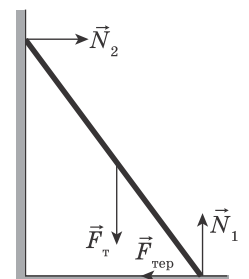
23. Кульку масою m підвісили до конструкції, яка складається з двох невагомих стрижнів AB і BC , шарнірно з'єднаних між собою і зі стіною та стелею (див. рисунок). Порівняйте значення сил, що виникають у стрижнях, із значенням сили тяжіння, що діє на кульку. Кут α менший за 45° .

- А $F_{AB} < mg$; $F_{BC} < mg$
 Б $F_{AB} < mg$; $F_{BC} > mg$
 В $F_{AB} > mg$; $F_{BC} < mg$
 Г $F_{AB} > mg$; $F_{BC} > mg$

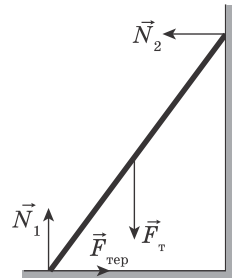


24. Драбина спирається на гладку вертикальну стінку (див. рисунок). Як змінюватимуться сила тяжіння F_T та сила тертя $F_{\text{тер}}$ між драбиною та підлогою в міру збільшення кута між драбиною та стінкою? Драбина весь час перебуває в спокої.

- А Сила тяжіння F_T збільшується, сила тертя $F_{\text{тер}}$ зменшується
 Б Сила тяжіння F_T зменшується, сила тертя $F_{\text{тер}}$ збільшується
 В Сила тяжіння F_T не змінюється, сила тертя $F_{\text{тер}}$ збільшується
 Г Сила тяжіння F_T та сила тертя $F_{\text{тер}}$ не змінюються



25. Драбина спирається на гладку вертикальну стінку (див. рисунок). Якій умові відповідають сили, що діють на драбину?



- А $\vec{F}_T - \vec{N}_1 + \vec{F}_{тер} - \vec{N}_2 = 0$
- Б $\vec{F}_T - \vec{N}_1 - \vec{F}_{тер} + \vec{N}_2 = 0$
- В $\vec{F}_T + \vec{N}_1 - \vec{F}_{тер} + \vec{N}_2 = 0$
- Г $\vec{F}_T + \vec{N}_1 + \vec{F}_{тер} + \vec{N}_2 = 0$

26. Які значення та напрям має прискорення вільно падаючого тіла в системі відліку, пов'язаній з ліфтом, якщо ліфт рухається з прискоренням 15 м/с^2 , спрямованим угору?

А Угору, 5 м/с^2	Б Угору, 25 м/с^2	В Униз, 5 м/с^2	Г Униз, 25 м/с^2
----------------------------	-----------------------------	---------------------------	----------------------------

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою.

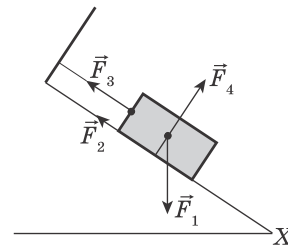
Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією.

Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!
Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

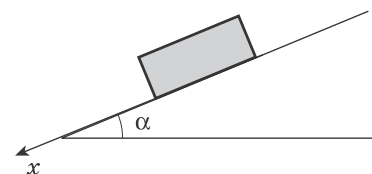
27. Брусок утримується на похилій площині за допомогою нитки, закріпленої на стіні, що перпендикулярна до поверхні похилої площини (див. рисунок). Установіть відповідність між позначеннями сил на рисунку та їхніми назвами.

1 \vec{F}_1	А Вага бруска
2 \vec{F}_2	Б Сила нормальної реакції площини
3 \vec{F}_3	В Сила тертя спокою
4 \vec{F}_4	Г Сила натягу нитки
	Д Сила тяжіння



28. З похилої площини з прискоренням з'їжджає брусок (див. рисунок). Установіть відповідність між виразами, за якими можна обчислити числове значення векторів та назвами цих векторів або проєкцій цих векторів. Маса бруска — m , коефіцієнт тертя між бруском та похилою площиною — μ .

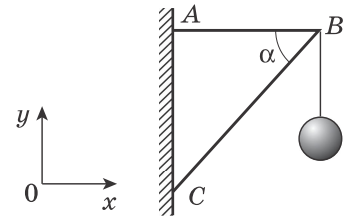
1 $mg \sin \alpha$	А Сила нормальної реакції опори
2 $\mu mg \cos \alpha$	Б Вага тіла
3 $g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$	В Сила тертя
4 $mg \cos \alpha$	Г Проєкція сили тяжіння на вісь Ox
	Д Прискорення тіла



29. Кульку масою m підвісили до конструкції, яка складається з двох невагомих стержнів AB і BC , шарнірно з'єднаних між собою й зі стіною (див. рисунок). Установіть відповідність між назвами сил або їхніми проекціями та виразами, за якими можна обчислити їхнє значення.

1	Сила тяжіння, що діє на кульку
2	Проекція сили реакції стержня AB на вісь Ox
3	Сила реакції стержня BC
4	Проекція сили реакції стержня BC на вісь Ox

А	$-\frac{mg \cos \alpha}{\sin \alpha}$
Б	$\frac{mg \cos \alpha}{\sin \alpha}$
В	$\frac{mg}{\sin \alpha}$
Г	$mg \cos \alpha$
Д	mg



30. Установіть відповідність між напрямом сили, яка діє на тіло, що рухається, та характером руху тіла.

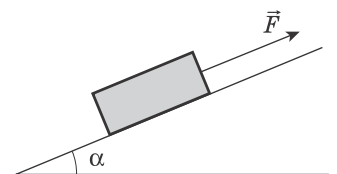
1	$\frac{\vec{F}}{\vec{v}}$
2	$\frac{\vec{F}}{\vec{v}}$
3	$\frac{\vec{F}=0}{\vec{v}}$
4	$\frac{\vec{F}}{\vec{v}}$

А	Тіло рухається прямолінійно зі зменшенням швидкості
Б	Тіло рухається прямолінійно зі збільшенням швидкості
В	Тіло рівномірно обертається по колу
Г	Тіло рухається прямолінійно рівномірно
Д	Тіло рухається криволінійно зі зменшенням модуля швидкості

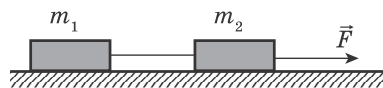
У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)

31. Визначте прискорення (у дециметрах на секунду у квадраті) бруска масою 40 кг, на який діє сила 293 Н вгору вздовж похилої площини (див. рисунок). Коефіцієнт тертя між бруском та похилою площиною дорівнює 0,25, кут $\alpha = 30^\circ$. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$, $\sin 30^\circ = 0,5$, $\cos 30^\circ = 0,87$.

Відповідь: _____

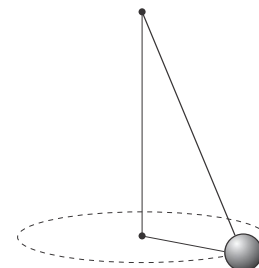


32. Визначте силу натягу (у ньютонках) нитки, якою зв'язані два бруски (див. рисунок), якщо $m_1 = 1$ кг, $m_2 = 3$ кг, $F = 32$ Н, а коефіцієнт тертя між брусками й поверхнею стола дорівнює 0,3. Вважайте, що $g = 10$ м/с².



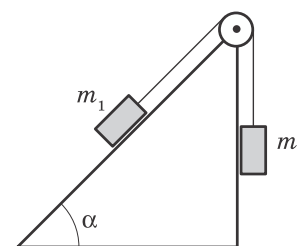
Відповідь: _____

33. Визначте силу натягу нитки (у ньютонках), на якій кулька масою 1 кг рівномірно обертається в горизонтальній площині (див. рисунок). Довжина нитки — 1 м, радіус кола, по якому рухається кулька, — 60 см. Вважайте, що $g = 10$ м/с².



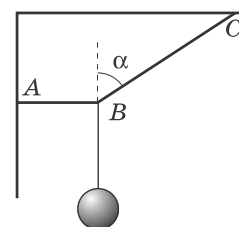
Відповідь: _____

34. Визначте мінімальне значення маси m_2 вантажу, що висить (у кілограмах з округленням до десятих), за якого показана на рисунку система перебуватиме в рівновазі, якщо $m_1 = 2$ кг, $\alpha = 45^\circ$. Коефіцієнт тертя між вантажем і похилою площиною дорівнює 0,1. Вважайте, що $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 0,7$.



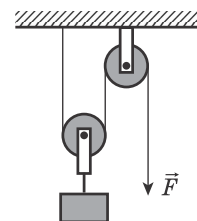
Відповідь: _____

35. Невагомні стрижні AB і BC шарнірно з'єднані між собою й зі стіною (див. рисунок). До них підвішена кулька масою 8 кг. Визначте кут α (у градусах), якщо відомо, що сила пружності, яка виникає в стрижні BC , дорівнює 160 Н. Вважайте, що $g = 10$ м/с².

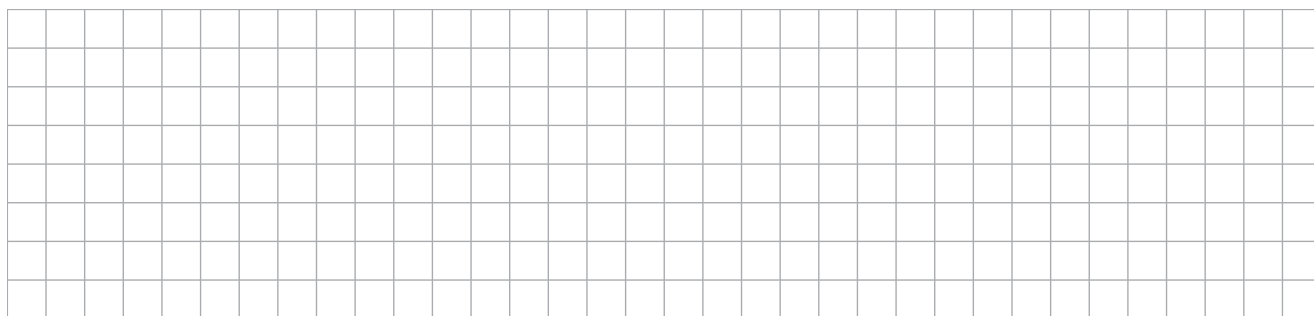


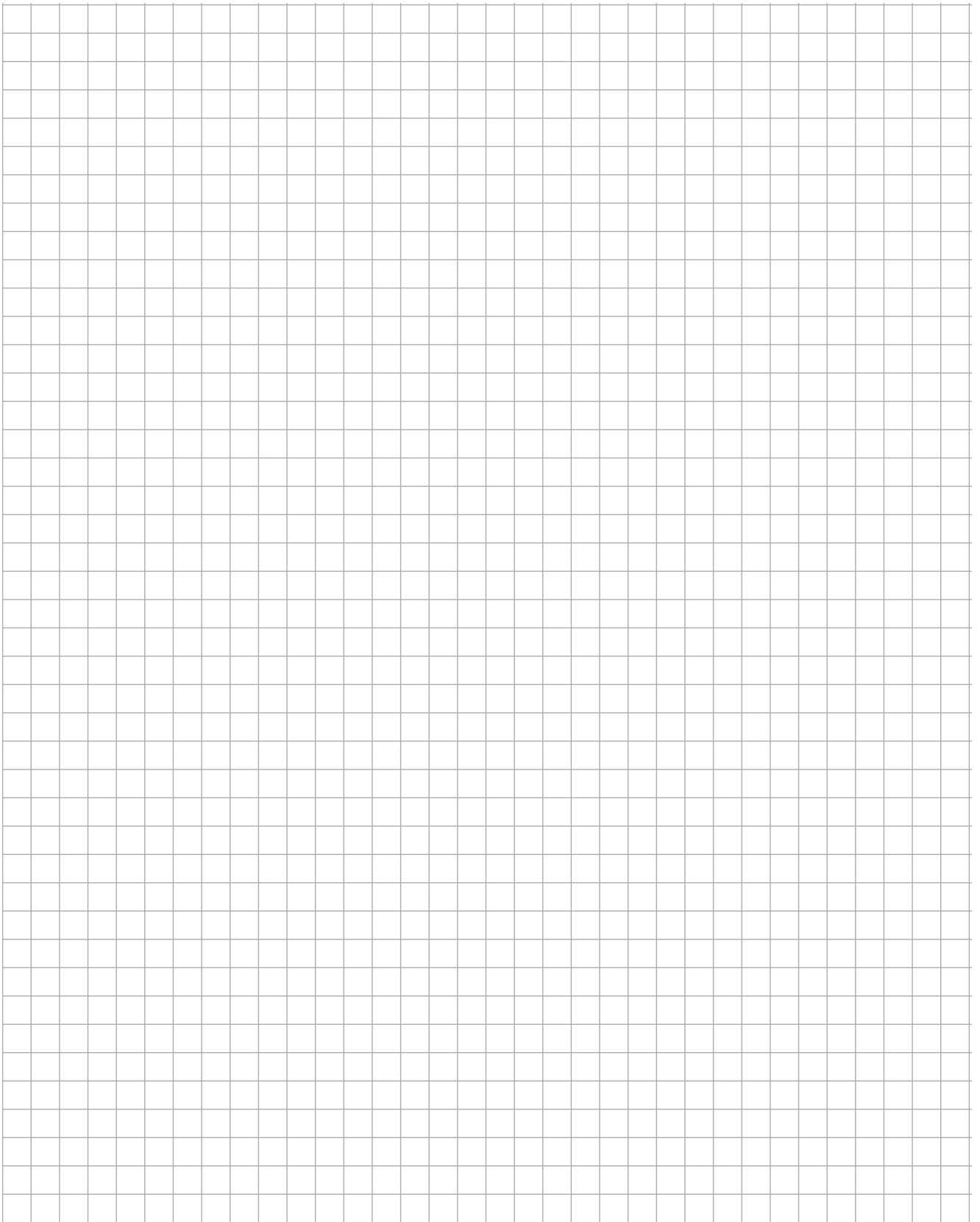
Відповідь: _____

36. Визначте силу (у ньютонках), яку треба прикласти для підняття вантажу масою 2 кг за допомогою рухомого й нерухомого блоків (див. рисунок). Маса рухомого блока становить 0,4 кг. Тертя в осях відсутнє. Вважайте, що $g = 10$ м/с².



Відповідь: _____





ЗАСТОСУВАННЯ ЗАКОНІВ ДИНАМІКИ

Основні формули

Другий закон Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a}; F_x = ma_x;$$

Рівнодійна

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N;$$

Співвідношення мас та змін швидкостей тіл під час взаємодії

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\Delta v_2}{\Delta v_1};$$

Третій закон Ньютона

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}; m_1\vec{a}_1 = -m_2\vec{a}_2;$$

Закон всесвітнього тяжіння

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2};$$

Сила тяжіння

$$F_{\text{тяж}} = mg;$$

Сила пружності

$$F_{\text{пруж } x} = -kx.$$

Сила тертя ковзання

$$F_{\text{тер ковз}} = \mu N;$$

Вага тіла, що перебуває в рівновазі

$$P = mg;$$

Вага тіла, що рухається з прискоренням

$$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a});$$

Сила Архімеда

$$F_A = \rho g V_{\text{занур}};$$

Умови плавання тіл:

— тіло плаває на поверхні рідини

$$\rho_{\text{тіла}} < \rho_{\text{рід}};$$

— тіло плаває в товщі рідини

$$\rho_{\text{тіла}} = \rho_{\text{рід}};$$

— тіло тоне в рідині

$$\rho_{\text{тіла}} > \rho_{\text{рід}};$$

Умови рівноваги тіла

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N = 0; M_1 + M_2 + \dots + M_N = 0.$$

Варіант 2

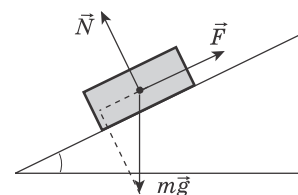
Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише **ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ**.
Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією.
Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

1. На рисунку позначені всі сили, що діють на тіло, яке рухається похилою площиною. Опишіть напрям та характер руху тіла.

- А Тіло рухається вниз рівномірно
- Б Тіло рухається вгору рівномірно
- В Тіло рухається вниз рівноприскорено зі збільшенням швидкості
- Г Тіло рухається вгору рівноприскорено зі збільшенням швидкості



2. Тіло масою 5 кг із гладенької похилої площини зісковзує з прискоренням $7,1 \text{ м/с}^2$. Яку силу вздовж похилої площини потрібно прикладати до тіла, щоб рівномірно витягувати його по цій площині? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 25 Н	Б 35,5 Н	В 50 Н	Г 85,5 Н
--------	----------	--------	----------

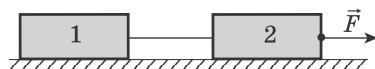
3. З яким прискоренням рухатиметься тіло похилою площиною, якщо кут нахилу площини — 45° , коефіцієнт тертя — $0,4$? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$, $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 0,7$.

А 0	Б $4,2 \text{ м/с}^2$	В $9,9 \text{ м/с}^2$	Г $14,1 \text{ м/с}^2$
-----	-----------------------	-----------------------	------------------------

4. До нитки, перекинutoї через нерухомий блок, підвішено вантажі. Маса першого — 100 г, другого — 400 г. Вантажі рухаються під дією тільки сили тяжіння та сили натягу нитки. Тертя відсутнє. Порівняйте прискорення вантажів під час руху.

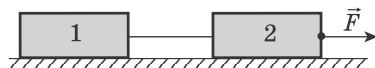
- А Прискорення першого більше у 2 рази
 Б Прискорення другого більше у 2 рази
 В Прискорення другого більше в 4 рази
 Г Прискорення однакові

5. З якою силою F по гладенькому горизонтальному столу тягнуть два бруски (див. рисунок), якщо сила натягу нитки, яка їх з'єднує, дорівнює $1,6 \text{ Н}$? Маса першого бруска — 800 г, другого — 1200 г.



А 1,6 Н	Б 2,4 Н	В 3,2 Н	Г 4 Н
---------	---------	---------	-------

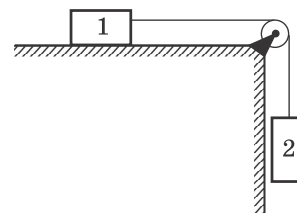
6. По гладенькому горизонтальному столу за допомогою сили F тягнуть два однакові бруски з прискоренням $1,5 \text{ м/с}^2$ (див. рисунок). Як зміниться сила натягу нитки, що з'єднує бруски, якщо на другий брусок покласти ще один такий самий? Сила F залишається незмінною.



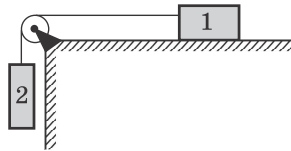
А Зменшиться в 1,5 рази	Б Збільшиться в 1,25 рази	В Збільшиться в 1,5 рази	Г Збільшиться в 3 рази
-------------------------	---------------------------	--------------------------	------------------------

7. Брусок 1 втримують на горизонтальному столі, а брусок 2 висить на нитці, прив'язаній до бруска 1 та перекинutoї через блок на краю стола (див. рисунок). Як поводитиметься після звільнення брусок 1 залежно від співвідношення мас брусків? Коефіцієнт тертя між бруском 1 і столом дорівнює $0,25$.

- А Якщо $m_1 = 4m_2$, брусок 1 рухатиметься рівномірно вліво
 Б Якщо $m_1 = 2m_2$, брусок 1 перебуватиме в стані спокою
 В Якщо $m_1 = m_2$, брусок 1 рухатиметься рівномірно вправо
 Г Якщо $m_2 = 2m_1$, брусок 1 рухатиметься рівноприскорено вправо



8. Маса першого бруска 1 кг маса, другого — 600 г (див. рисунок). З яким прискоренням опускається другий брусок, якщо коефіцієнт тертя між першим бруском та столом становить 0,28? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.



А 2 м/с^2	Б $3,75 \text{ м/с}^2$	В $6,25 \text{ м/с}^2$	Г 10 м/с^2
---------------------	------------------------	------------------------	----------------------

9. Літак виходить із пікірування, рухаючись у вертикальній площині по дузі окружності радіусом 500 м. Якою є швидкість літака в нижній точці траєкторії, якщо льотчик у цій точці відчуває трикратне перевантаження? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 255 км/год	Б 360 км/год	В 441 км/год	Г 509 км/год
--------------	--------------	--------------	--------------

10. Для того щоб автомобіль проходив повороти дороги з більшою швидкістю, потрібно...

- А ... збільшити радіус повороту
- Б ... зменшити радіус повороту
- В ... збільшити масу автомобіля
- Г ... зменшити масу автомобіля

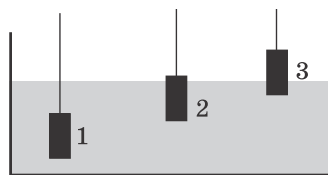
11. На поворотах швидкісної автомагістралі дорожнє полотно нахилиють. Для чого це роблять?

- А Для зменшення максимальної швидкості проходженні повороту
- Б Для збільшення максимальної швидкості проходженні повороту
- В Для зменшення коефіцієнта тертя між шинами автомобіля та поверхнею дороги
- Г Для збільшення коефіцієнта тертя між шинами автомобіля та поверхнею дороги

12. Ковзаняр проходить поворот льодової ковзанки зі швидкістю 36 км/год і відхиляється від вертикалі на кут 15° . Чому дорівнює радіус повороту ковзанки? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$, $\text{tg } 15^\circ = 0,27$.

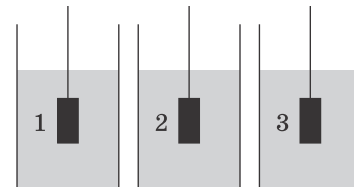
А 2,7 м	Б 10 м	В 37 м	Г 100 м
---------	--------	--------	---------

13. У посудину з рідиною поміщають суцільні циліндри однакового об'єму. Вони займають положення відносно дна посудини та поверхні рідини так, як вказано на рисунку. Порівняйте густини речовин, з яких виготовлено циліндри.



А $\rho_1 = \rho_2 > \rho_3$	Б $\rho_1 > \rho_2 = \rho_3$	В $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$	Г $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3$
------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------

14. Три суцільні металеві циліндри однакового об'єму занурили в склянки з водою (див. рисунок). Порівняйте сили Архімеда, які діють на циліндри, якщо перший циліндр — мідний, другий — сталевий, третій — алюмінієвий.

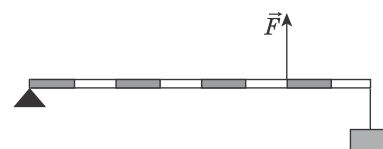


- А Сили однакові в усіх трьох випадках
- Б Для першого — найбільша, для третього — найменша
- В Для другого — найбільша, для третього — найменша
- Г Для третього — найбільша, для першого — найменша

15. На ліве плече важеля діє сила 30 Н, а на праве — 90 Н. Важіль перебуває в рівновазі. Визначте його ліве плече, якщо праве дорівнює 60 см. Вагою важеля знехтуйте.

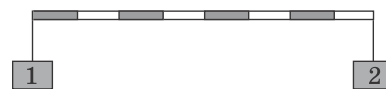
А 1 м 80 см	Б 60 см	В 30 см	Г 20 см
-------------	---------	---------	---------

16. Якою є маса вантажу, якщо значення сили, прикладеної до важеля, дорівнює 120 Н (див. рисунок)? Вагою важеля знехтуйте. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.



А 16 кг	Б 12 кг	В 9 кг	Г 6 кг
---------	---------	--------	--------

17. До лівого кінця стрижня довжиною 90 см підвішений вантаж масою 4 кг, до правого — масою 5 кг (див. рисунок). На якій відстані від лівого кінця стрижня його треба обіперти, щоб він перебував у рівновазі? Вагою стрижня знехтуйте.



А 10 см	Б 40 см	В 45 см	Г 50 см
---------	---------	---------	---------

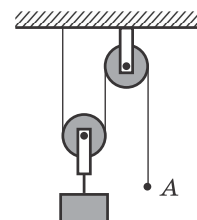
18. Двоє робітників несуть трубу довжиною 4 м і масою 30 кг. Перший із них знаходиться біля краю труби, а другий — на відстані 1 м від другого краю. Визначте силу, з якою труба тисне на робітника, що тримає край труби. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 100 Н	Б 150 Н	В 200 Н	Г 300 Н
---------	---------	---------	---------

19. Рухомий блок:

- А дає вигрaш у силі у 2 рази
- Б дає вигрaш у переміщенні у 2 рази
- В дає прогрaш у силі у 2 рази
- Г не дає прогрaшу ні в силі, ні в переміщенні

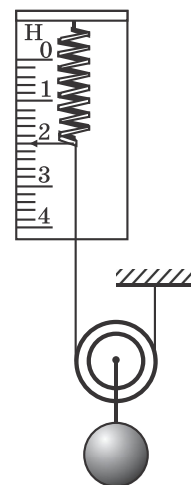
20. На яку відстань і в якому напрямку переміститься вантаж, який переміщують за допомогою рухомого та нерухомого блоків (див. рисунок), якщо точка А опуститься на 40 см?



А Угору на 20 см	Б Угору на 40 см	В Угору на 80 см	Г Униз на 20 см
------------------	------------------	------------------	-----------------

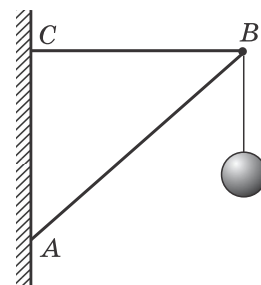
21. Якою є маса кульки (див. рисунок)? Масою блока знехтуйте. Тертя відсутнє. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 100 г	В 400 г
Б 200 г	Г 4 кг



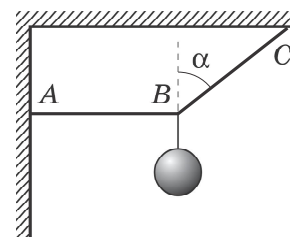
22. Кульку підвісили до конструкції, яка складається з двох невагомих стрижнів AB і BC , шарнірно з'єднаних між собою й зі стіною (див. рисунок). Назвіть деформації, які спостерігаються в стрижнях.

- А AB — розтяг, BC — стиск
 Б BC — розтяг; AB — стиск
 В AB та BC — стиск
 Г AB та BC — розтяг



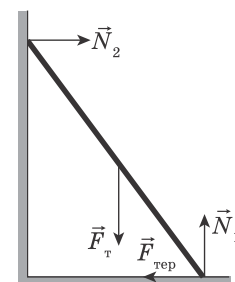
23. Кульку масою m підвісили до конструкції, яка складається з двох невагомих стрижнів AB і BC , шарнірно з'єднаних між собою й зі стіною та стелею (див. рисунок). Порівняйте значення сил, що виникають у стрижнях, зі значенням сили тяжіння, що діє на кульку. Кут α більший за 45° .

- А $F_{AB} < mg$; $F_{BC} < mg$
 Б $F_{AB} < mg$; $F_{BC} > mg$
 В $F_{AB} > mg$; $F_{BC} < mg$
 Г $F_{AB} > mg$; $F_{BC} > mg$



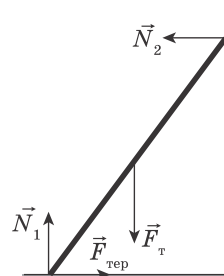
24. Драбина спирається на гладку вертикальну стінку (див. рисунок). Як змінюватимуться сили реакції підлоги N_1 та стінки N_2 в міру збільшення кута між драбиною та стінкою? Драбина весь час перебуває в спокої.

- А Сила реакції підлоги N_1 та сила реакції стінки N_2 не змінюються
 Б Сила реакції підлоги N_1 не змінюється, сила реакції стінки N_2 — збільшується
 В Сила реакції підлоги N_1 збільшується, сила реакції стінки N_2 зменшується
 Г Сила реакції підлоги N_1 зменшується, сила реакції стінки N_2 збільшується



25. Драбина спирається на гладку вертикальну стінку (див. рисунок). Чому дорівнюють моменти сил, що діють на драбину, відносно її центра мас? Довжина драбини — l , кут між драбиною та вертикальною стінкою — α .

- А $M_{F_T} = -F_T \frac{l}{2} \sin \alpha$; $M_{N_1} = N_1 l \sin \alpha$; $M_{F_{\text{теп}}} = -F_{\text{теп}} l \cos \alpha$; $M_{N_2} = 0$
- Б $M_{F_T} = 0$; $M_{N_1} = N_1 \frac{l}{2} \cos \alpha$; $M_{F_{\text{теп}}} = -F_{\text{теп}} \frac{l}{2} \cos \alpha$; $M_{N_2} = -N_2 \frac{l}{2} \cos \alpha$
- В $M_{F_T} = F_T \frac{l}{2} \sin \alpha$; $M_{N_1} = 0$; $M_{F_{\text{теп}}} = 0$; $M_{N_2} = -N_2 l \cos \alpha$
- Г $M_{F_T} = -F_T \frac{l}{2} \sin \alpha$; $M_{N_1} = N_1 l \sin \alpha$; $M_{F_{\text{теп}}} = 0$; $M_{N_2} = -N_2 l \cos \alpha$



26. Які значення та напрям має прискорення вільно падаючого тіла в системі відліку, пов'язаній з ліфтом, якщо ліфт рухається з прискоренням 15 м/с^2 , спрямованим униз?

А Угору, 5 м/с^2	Б Угору, 25 м/с^2	В Униз, 5 м/с^2	Г Униз, 25 м/с^2
----------------------------	-----------------------------	---------------------------	----------------------------

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою. Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією.

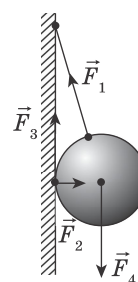
Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

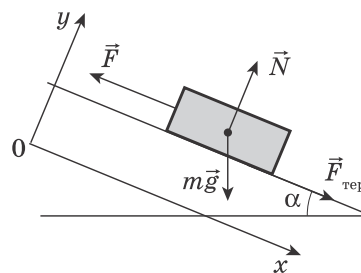
27. Куля підвішена на нитці, кінець якої закріплений на вертикальній стіні (див. рисунок). Установіть відповідність між позначеннями сил на рисунку та їхніми назвами.

1 \vec{F}_1	А Сила тяжіння
2 \vec{F}_2	Б Сила тертя спокою
3 \vec{F}_3	В Сила нормальної реакції стінки
4 \vec{F}_4	Г Сила натягу нитки
	Д Вага кульки



28. На похилу площину рівномірно втягують брусок за допомогою нитки, що до нього прив'язана (див. рисунок). Установіть відповідність між назвами векторів або проекцій векторів та виразами, за якими можна обчислити їхнє значення. Маса бруска — m , коефіцієнт тертя між бруском та похилою площиною — μ .

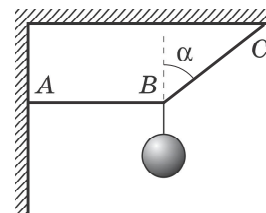
1 $\mu mg \cos \alpha$	А Проекція сили тяжіння на вісь Ox
2 $mg \cos \alpha$	Б Сила натягу нитки
3 $mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$	В Сила тертя
4 mg	Г Сила нормальної реакції опори
	Д Сила тяжіння



29. Кульку масою m підвісили до конструкції, яка складається з двох невагомих стержнів AB і BC , шарнірно з'єднаних між собою й зі стіною (див. рисунок). Установіть відповідність між назвами сил або їхніх проекцій та виразами, за якими можна обчислити їхнє значення.

1	Сила реакції стержня BC
2	Проекція сили реакції стержня BC на вісь Ox
3	Сила тяжіння, що діє на кульку
4	Проекція сили реакції стержня AB на вісь Ox

А	mg
Б	$\frac{mg}{\cos\alpha}$
В	$\frac{mg \sin\alpha}{\cos\alpha}$
Г	$-\frac{mg \sin\alpha}{\cos\alpha}$
Д	$mg \sin\alpha$



30. Установіть відповідність між напрямом сили, яка діє на тіло, що рухається, та характером руху тіла.

1	
2	
3	
4	

А	Тіло рівномірно обертається по колу
Б	Тіло рухається прямолінійно зі збільшенням швидкості
В	Тіло рухається криволінійно зі збільшенням модуля швидкості
Г	Тіло рухається прямолінійно зі зменшенням швидкості
Д	Тіло рухається криволінійно зі зменшенням модуля швидкості

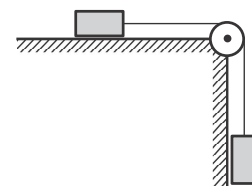
У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)

31. Визначте коефіцієнт тертя між бруском та похилою площиною, якщо для того щоб рівномірно втягувати брусок на площину, потрібно прикладати до нього силу 24 Н, а щоб рівномірно стягувати з площини, потрібно прикладати силу 4 Н. Кут нахилу площини до горизонту становить $12,1^\circ$. Сила в обох випадках паралельна до похилої площини. Вважайте, що $\text{tg } 12,1^\circ = 0,214$.

Відповідь: _____

32. Визначте масу (у кілограмах) більшого бруска, який знаходиться на столі (див. рисунок), якщо менший брусок, що висить, має масу 200 г та опускається з прискоренням 1 м/с^2 . Коефіцієнт тертя між більшим бруском і столом дорівнює 0,2. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Відповідь: _____





БЛАНК ВІДПОВІДЕЙ

A

Увага! Відмічайте тільки один варіант відповіді у рядку варіантів відповідей до кожного завдання. Дотримуйтесь, будь ласка, правил запису відповідей. У завданнях 31–36 правильну відповідь запишіть, враховуючи положення коми, по одній цифрі в кожному білому прямокутнику. Знак «мінус» запишіть в окремому білому прямокутнику ліворуч від цифри.

Наприклад: правильно записане число 2 матиме такий вигляд:

		2		
		,		

 чи такий:

		2		0
--	--	---	--	---

правильно записане число 2,5 матиме такий вигляд:

		2	,	5	
--	--	---	---	---	--

правильно записане число -2,05 матиме такий вигляд:

		-	2	,	0	5
--	--	---	---	---	---	---

Неправильно записане число 2,5 має такий вигляд:

2				,	5	
---	--	--	--	---	---	--

 чи такий:

		2			5
--	--	---	--	--	---

У завданнях 1–30 правильну відповідь позначайте тільки так:

Якщо ви позначили відповідь до котрогось із завдань 1–30 неправильно, то можете її виправити, замалювавши попередню позначку та поставивши нову, як показано на зразку:

	А	Б	В	Г	Д
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г	
1						7					13					19					25				
2						8					14					20					26				
3						9					15					21									
4						10					16					22									
5						11					17					23									
6						12					18					24									

	А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д
27	1					28	1					29	1					30	1				
	2						2						2						2				
	3						3						3						3				
	4						4						4						4				

Приклад написання цифр: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 -

У завданнях 31–36 відповідь запишіть цифрами, враховуючи положення коми.

31					,						33					,						35					,					
32					,						34					,						36					,					

Місце виправлення помилкової відповіді

Щоб виправити відповідь до котрогось із завдань 31–36, запишіть нову відповідь у відповідних клітинках.

31					,						33					,						35					,					
32					,						34					,						36					,					

ЗАКОНИ ЗБЕРЕЖЕННЯ

Основні формули

Імпульс тіла

$$\vec{p} = m\vec{v}; p_x = mv_x;$$

Імпульс сили

$$\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p} = \Delta(m\vec{v}); F_x\Delta t = \Delta p_x = \Delta(mv_x);$$

Другий закон Ньютона в імпульсній формі

$$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t}; F_x = \frac{\Delta p_x}{\Delta t} = \frac{\Delta(mv_x)}{\Delta t};$$

Закон збереження імпульсу

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_N = \text{const};$$

Закон збереження імпульсу під час взаємодії двох тіл

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2;$$

Механічна робота

$$A = \vec{F}\vec{s} = Fscos\alpha;$$

Механічна потужність

$$N = \frac{A}{t} = Fv;$$

Потенціальна енергія в полі тяжіння

$$W_{\text{п}} = mgh.$$

Робота сили тяжіння

$$A = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right);$$

Потенціальна енергія пружно деформованого тіла

$$W_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2};$$

Робота сили пружності

$$A = -mg\Delta h;$$

Робота й зміна потенціальної енергії тіла

$$A = -\Delta W_{\text{п}};$$

Кінетична енергія

$$W_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2};$$

Теорема про кінетичну енергію

$$A = \Delta W_{\text{к}} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2};$$

Закон збереження механічної енергії

$$W = W_{\text{п}} + W_{\text{к}} = \text{const}.$$

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ. Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією. Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

1. Імпульсом тіла є:

- А добуток сили на переміщення
- Б добуток маси тіла на квадрат швидкості руху тіла
- В добуток маси тіла на швидкість руху тіла
- Г добуток сили на проміжок часу, який діє сила

2. Імпульс тіла масою m , що рухається зі швидкістю v , можна обчислити за формулою:

А $\frac{mv}{2}$	Б mv	В $\frac{mv^2}{2}$	Г $\frac{m\Delta v}{\Delta t}$
------------------	--------	--------------------	--------------------------------

3. По дорозі зі швидкістю 72 км/год рухається автомобіль масою 2 т. Обчисліть його імпульс.

А 40 (кг·м)/с	Б 144 (кг·м)/с	В 40 000 (кг·м)/с	Г 144 000 (кг·м)/с
---------------	----------------	-------------------	--------------------

4. Залежність координати тіла від часу задано рівнянням $x = 2 + 4t - 1,5t^2$. Обчисліть імпульс тіла через 4 с після початку руху. Маса тіла становить 5 кг.

А 80 (кг·м)/с	Б 40 (кг·м)/с	В 20 (кг·м)/с	Г 10 (кг·м)/с
---------------	---------------	---------------	---------------

5. Імпульс сили F можна обчислити за формулою:

А Fs	Б $Fs\cos\alpha$	В Fv	Г $F\Delta t$
--------	------------------	--------	---------------

6. Обчисліть значення сили, під дією якої вантажівка протягом 12 с змінила свій імпульс на 150 000 (кг·м)/с.

А 1,25 кН	Б 12,5 кН	В 45 кН	Г 1,8 МН
-----------	-----------	---------	----------

7. Тіло масою 2 кг рухалось у певному напрямку зі швидкістю 12 м/с. Під дією сили 6 Н тіло набуло швидкості 6 м/с у протилежному напрямку. Який час на тіло діяла сила?

А 1 с	Б 2 с	В 4,5 с	Г 6 с
-------	-------	---------	-------

8. У механіці закон збереження імпульсу є наслідком дії:

- А I закону Ньютона
- Б II закону Ньютона
- В III закону Ньютона
- Г закону всесвітнього тяжіння

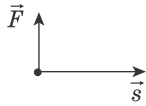
9. Закон збереження імпульсу виконується для:

- А тіл, що складають замкнену систему й взаємодіють тільки із силами тяжіння та пружності
- Б тіл, що складають замкнену систему й взаємодіють із будь-якими силами
- В будь-яких тіл
- Г тіл, що складають замкнену систему й взаємодіють тільки із силами тертя

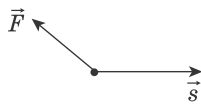
10. Людина зістрибує з візка, що спочатку був нерухомим, зі швидкістю 3 м/с. У якому напрямку і з якою швидкістю почне рухатися візок, якщо його маса вдвічі більша за масу людини?

- А У напрямку стрибка зі швидкістю 1,5 м/с
- Б Протилежно до напрямку стрибка зі швидкістю 6 м/с
- В Протилежно до напрямку стрибка зі швидкістю 3 м/с
- Г Протилежно до напрямку стрибка зі швидкістю 1,5 м/с

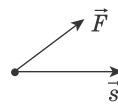
11. В якому випадку сила виконує додатну роботу?



1



2



3

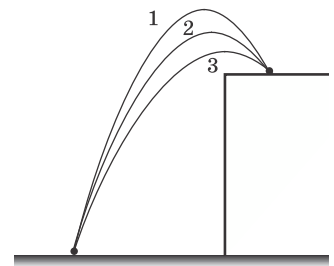


4

А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

12. Хлопчик закинув із поверхні землі на дах будинку три однакові м'ячі за трьома траєкторіями (див. рисунок). Порівняйте роботу, яку виконала сила тяжіння під час руху м'яча за кожною з траєкторій.

- А $A_1 < A_2 < A_3$
 Б $A_1 > A_2 > A_3$
 В $A_1 < A_3 < A_2$
 Г $A_2 = A_1 = A_3$



13. Яку мінімальну роботу потрібно виконати, щоб пересунути брусок масою 4 кг по столу на 1,5 м. Коефіцієнт тертя між столом та бруском становить 0,25. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 1,5 Дж	Б 15 Дж	В 60 Дж	Г 240 Дж
----------	---------	---------	----------

14. Для того щоб збільшити потужність у 2 рази, потрібно:

- А зменшити виконану за той самий час роботу у 2 рази
 Б зменшити час виконання роботи у 2 рази
 В зменшити виконану роботу у 2 рази й одночасно збільшити час виконання роботи у 2 рази
 Г збільшити виконану роботу у 2 рази й одночасно зменшити час виконання роботи у 2 рази

15. Яку потужність розвиває двигун моторного човна, якщо за швидкості 27 км/год сила опору руху становить 3 кН?

А 0,11 кВт	Б 0,4 кВт	В 22,5 кВт	Г 81 кВт
------------	-----------	------------	----------

16. Тіло масою 200 г знаходиться на висоті 40 м над поверхнею землі. Обчисліть потенціальну енергію тіла відносно поверхні землі. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 5 Дж	Б 80 Дж	В 8 кДж	Г 80 кДж
--------	---------	---------	----------

17. Пружину жорсткістю 200 Н/м розтягнули з недеформованого стану на 4 см. Обчисліть потенціальну енергію деформованої пружини.

А 0,16 Дж	Б 4 Дж	В 2,5 кДж	Г 62,5 Дж
-----------	--------	-----------	-----------

18. Кінетичну енергію має тіло:

- А на яке діє сила тертя спокою
 Б яке перебуває на певній висоті над землею
 В яке нерухоме, але деформоване
 Г яке рухається з певною швидкістю

19. До пружини жорсткістю 1 кН/м підвісили тіло масою 10 кг. Визначте (у джоулях) потенціальну енергію пружно деформованої пружини. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 100 кДж	Б 50 кДж	В 10 Дж	Г 5 Дж
-----------	----------	---------	--------

20. Яку кінетичну енергію має тіло масою 20 кг, якщо воно рухається зі швидкістю 18 км/год?

А 100 Дж	Б 250 Дж	В 360 Дж	Г 3,24 кДж
----------	----------	----------	------------

21. Закон збереження та перетворення механічної енергії виконується для:

- А тіл, що складають замкнену систему й взаємодіють тільки із силами тяжіння та пружності
- Б тіл, що складають замкнену систему й взаємодіють із будь-якими силами
- В будь-яких тіл
- Г тіл, що складають замкнену систему й взаємодіють тільки із силами тертя

22. Кулька без початкової швидкості почала вільно падати з висоти 30 м. На якій висоті її потенціальна енергія відносно поверхні землі буде вдвічі меншою за її кінетичну енергію?

А 25 м	Б 20 м	В 15 м	Г 10 м
--------	--------	--------	--------

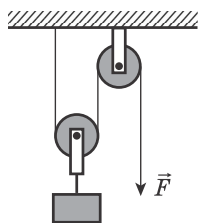
23. Стиснута пружина пружинного пістолета має потенціальну енергію 20 Дж. Яку максимальну швидкість вона може надати кульці масою 100 г?

А 0,2 м/с	Б 5 м/с	В $10\sqrt{2}$ м/с	Г 20 м/с
-----------	---------	--------------------	----------

24. За допомогою важеля піднімають вантаж. До короткого плеча важеля прикладена сила, яка виконує роботу 2 кДж. Якою є маса вантажу, якщо його було піднято на 50 см? Тертя відсутнє, вагою важеля знехтуйте. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 40 кг	Б 100 кг	В 400 кг	Г 4 т
---------	----------	----------	-------

25. За допомогою підйомника, який складається з рухомого та нерухомого блоків (див. рисунок), піднімають вантаж масою 45 кг. Обчисліть ККД підйомника, якщо маса рухомого блоку становить 5 кг. Тертя відсутнє.



А 80 %	Б 90 %	В 95 %	Г 100 %
--------	--------	--------	---------

26. Похила площина має кут нахилу до горизонту α , коефіцієнт тертя між бруском та площиною — μ . За якою формулою можна обчислити ККД похилої площини під час підйому по ній даного бруска?

А $\frac{100\%}{1 + \mu \text{ctg} \alpha}$	Б $\frac{100\%}{1 + \mu \text{tg} \alpha}$	В $\frac{100\%}{\mu + \text{ctg} \alpha}$	Г $\frac{100\%}{\mu + \text{tg} \alpha}$
---	--	---	--

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою. Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією. Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

**Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!
Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей**

27. Установіть відповідність між формулами або виразами та їхнім значенням.

1	$\frac{mv^2}{2}$	А	Закон збереження імпульсу
2	$\Sigma \vec{p}_i = \text{const}$	Б	Закон збереження та перетворення механічної енергії
3	mgh	В	Кінетична енергія тіла
4	$\frac{mv^2}{2} + mgh = \text{const}$	Г	Потенціальна енергія тіла в полі тяжіння
		Д	Потенціальна енергія пружно деформованого тіла

28. Установіть відповідність між прикладами руху тіл та тим, як змінюються енергії тіл.

1	Брусок, який спочатку рухався по гладенькій горизонтальній поверхні, в'їжджає на шорстку ділянку	А	Потенціальна енергія бруска зменшується
2	Брусок рівномірно зісковзує по похилій площині	Б	Потенціальна енергія бруска збільшується
3	Брусок рівномірно тягнуть по горизонтальному столу	В	Кінетична енергія бруска зменшується
4	Брусок рівномірно тягнуть вгору по похилій площині	Г	Кінетична енергія бруска збільшується
		Д	Потенціальна та кінетична енергії бруска не змінюються

29. Установіть відповідність між прикладами руху тіл та знаками роботи, яку виконують сили, що діють на тіла, або перетвореннями енергії тіл.

1	Ракета злітає з космодрому	А	Сила тяжіння виконує від'ємну роботу
2	Кулька вільно падає	Б	Сила пружності виконує додатну роботу
3	Стиснута попередньо пружина закриває вхідні двері	В	Потенціальна енергія перетворюється на кінетичну
4	Автомобіль розганяється без проковзування шин по дорозі	Г	Кінетична енергія перетворюється на потенціальну
		Д	Сила тертя спокою виконує додатну роботу

30. Установіть відповідність між зміною потенціальної й кінетичної енергії та прикладами руху тіл.

1 Потенціальна та кінетична енергія тіла не змінюються	А Старт автомобіля на перегонах на горизонтальній ділянці дороги
2 Потенціальна енергія тіла зростає, кінетична — не змінюється	Б Бурулька падає з даху будинку
3 Кінетична енергія тіла зростає, потенціальна — не змінюється	В Рух супутника Землі по коловій траєкторії
4 Потенціальна енергія тіла зменшується, кінетична — зростає	Г Літак сідає на аеродром
	Д Спортсмен натягує тятиву лука

У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)

31. Вагон із піском загальною масою 20 т їде за інерцією горизонтальною ділянкою залізничного полотна зі швидкістю 2 м/с. У вагон падає 5 т піску і залишається в ньому. Визначте (у метрах за секунду) швидкість вагона після падіння цієї порції піску. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Відповідь: _____

32. Визначте (у джоулях) кількість теплоти, яка виділилася під час абсолютно непружного зіткнення двох однакових кульок масою 2 кг кожна, якщо перша до зіткнення рухалася за швидкістю 10 м/с.

Відповідь: _____

33. Локомотив тягне поїзд масою 5000 т зі швидкістю 72 км/год. Визначте (у мегаватах) потужність двигунів локомотива, якщо коефіцієнт опору руху становить 0,005. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

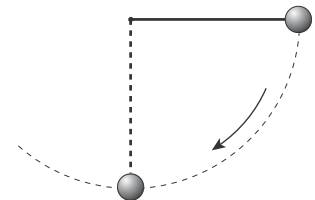
Відповідь: _____

34. Визначте кінетичну енергію (у мегаджоулях) спортивного автомобіля масою 500 кг, який бере участь у перегонах, на відстані 200 м від старту. Автомобіль весь час рухається під дією сили тяги двигуна 2 кН, коефіцієнт опору руху становить 0,1. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Відповідь: _____

35. Кулька масою 1 кг, прив'язана до нитки, рухається по колу (див. рисунок). Визначте силу натягу нитки (у ньютонях) в найнижчій точці траєкторії кульки, якщо кульку відпустили з положення, у якому нитка спочатку була горизонтальною. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Відповідь: _____



36. На нерухому кульку масою 4 кг налітає кулька масою 1 кг і відлітає назад. Визначте (у метрах за секунду) швидкість, з якою почне рухатися після зіткнення важча кулька, якщо легша кулька до зіткнення мала швидкість 5 м/с. Зіткнення абсолютно пружне.

Відповідь: _____



МКТ ІДЕАЛЬНОГО ГАЗУ

Основні формули

Відносна молекулярна маса

$$M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12}m_0(\text{C})};$$

Молярна маса

$$M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12}m_0(\text{C})};$$

Кількість речовини

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A};$$

Молярна маса

$$M = m_0 N_A = M_r \cdot 10^{-3};$$

Концентрація молекул

$$n = \frac{N}{V};$$

Густина

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_0 N}{V} = n m_0;$$

Основне рівняння МКТ ідеального газу

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}^2 = \frac{2}{3} n \bar{W}_k;$$

Обсолютна температура ідеального газу

$$\bar{W}_k = \frac{3}{2} kT .$$

Залежність тиску ідеального газу від концентрації молекул та температури

$$p = nkT ;$$

Швидкість молекул ідеального газу

$$v = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} ;$$

Рівняння стану ідеального газу:

— Клапейрона

$$\frac{pV}{T} = \text{const} ;$$

— Менделєєва — Клапейрона

$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R ;$$

Ізотермічний процес (закон Бойля — Маріотта)

$$pV = \text{const} ;$$

Ізобарний процес (закон Гей-Люссака)

$$\frac{V}{T} = \text{const} ;$$

Ізохорний процес (закон Шарля)

$$\frac{p}{T} = \text{const} .$$

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ. Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією. Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

1. Якщо в мікроскоп подивитися на маленькі краплинки жиру в розбавленому водою молоці, то можна помітити, що вони рухаються:

- А в різних напрямках із різними за значенням швидкостями
- Б в різних напрямках із однаковими за значенням швидкостями
- В в одному напрямку з різними за значенням швидкостями
- Г в одному напрямку з однаковими за значенням швидкостями

2. Кількість речовини в тілі передусім визначає:

А масу тіла	Б об'єм тіла	В густину тіла	Г кількість молекул у тілі
-------------	--------------	----------------	----------------------------

3. За формулою $M_r = \frac{m_0}{m_{oc}/12}$ можна обчислювати:

А кількість речовини	Б відносну молекулярну масу	В розміри молекули	Г концентрацію молекул
----------------------	-----------------------------	--------------------	------------------------

4. Маса молекули газу, який є складовою повітря, дорівнює $5,32 \cdot 10^{-26}$ кг. Який це газ?

А Водень	Б Водяна пара	В Азот	Г Кисень
----------	---------------	--------	----------

5. Основне рівняння МКТ ідеального газу встановлює зв'язок між:

- А середньою квадратичною швидкістю, концентрацією молекул газу й тиском газу
- Б об'ємом та кількістю молекул газу
- В концентрацією молекул і температурою газу
- Г об'ємом, температурою та тиском газу

6. Температуру газу в сталевому герметичному балоні підвищили у 2 рази. Як змінилася середня квадратична швидкість молекул газу?

- А Збільшилася у 8 разів
- Б Збільшилася в 4 рази
- В Збільшилася у 2 рази
- Г Збільшилася в $\sqrt{2}$ рази

7. Якою є концентрація молекул повітря всередині кінескопа телевізора, якщо при 27°C тиск повітря всередині кінескопа дорівнює $4,14 \cdot 10^{-4}$ Па?

А $1 \cdot 10^{17} \text{ м}^{-3}$	Б $3,7 \cdot 10^{17} \text{ м}^{-3}$	В $4,14 \cdot 10^{17} \text{ м}^{-3}$	Г $1 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$
------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------

8. Обчисліть середню квадратичну швидкість атомів Гелію в атмосфері Юпітера. Температура атмосфери цієї планети становить -123°C .

А $5,2 \cdot 10^{-19} \text{ м/с}$	Б $7,2 \cdot 10^{-10} \text{ м/с}$	В 967 м/с	Г 935 км/с
------------------------------------	------------------------------------	-----------	------------

9. Чому дорівнює середня кінетична енергія хаотичного руху маленької порошокинки масою 0,001 мг, яка перебуває в повітрі кімнати? Температура в кімнаті становить 27°C .

А $3 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$	Б $2,7 \cdot 10^{-8} \text{ Дж}$	В $6,2 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$	Г $5,6 \cdot 10^{-22} \text{ Дж}$
--------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------

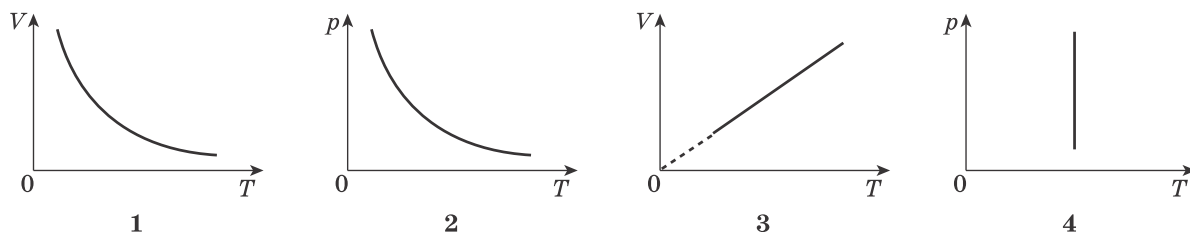
10. З балона через неповністю закритий кран вийшло 20 % газу. Який тиск встановиться в балоні, якщо до витікання газу тиск становив 10^6 Па? Температура весь час залишалася незмінною.

А $2 \cdot 10^5 \text{ Па}$	Б $5 \cdot 10^5 \text{ Па}$	В $8 \cdot 10^5 \text{ Па}$	Г $1,2 \cdot 10^6 \text{ Па}$
-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-------------------------------

11. Узимку температура повітря на вулиці становить $-25\text{ }^\circ\text{C}$, а в кімнаті — $25\text{ }^\circ\text{C}$. Порівняйте густину повітря на вулиці та в кімнаті. Тиск повітря на вулиці та в кімнаті однаковий.

- А У кімнаті та на вулиці однакова
 Б У кімнаті менша в 1,2 рази
 В У кімнаті менша в 2 рази
 Г У кімнаті більша в 1,2 рази

12. Який із наведених на рисунках графіків описує ізотермічний процес в ідеальному газі?

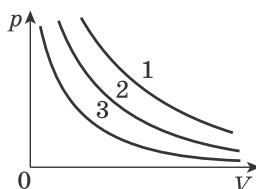


А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

13. Оберіть рівняння, яке описує ізотермічний процес для незмінної маси ідеального газу.

А $pV^\gamma = \text{const}$	Б $\frac{p}{V} = \text{const}$	В $pV = \text{const}$	Г $\frac{V}{p} = \text{const}$
------------------------------	--------------------------------	-----------------------	--------------------------------

14. На рисунку наведено графіки ізотермічних процесів, що відбуваються з 1 моль ідеального газу. Порівняйте температури газу під час цих процесів.

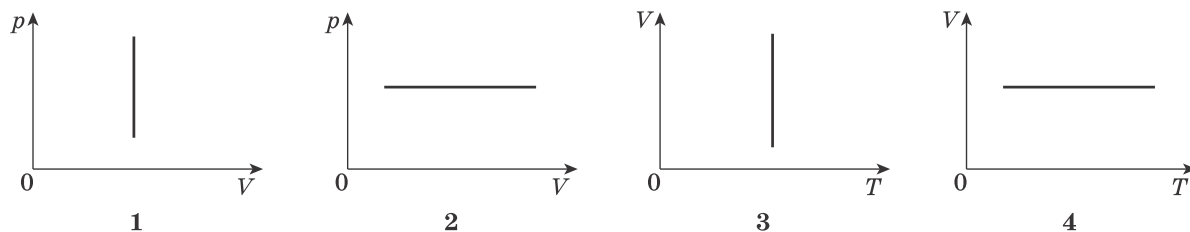


А $T_1 = T_2 = T_3$	Б $T_1 < T_2 < T_3$	В $T_1 > T_2 > T_3$	Г $T_1 < T_2 > T_3$
---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

15. У герметичному циліндрі під поршнем знаходиться ідеальний газ. На скільки відсотків зросте його тиск, якщо об'єм газу за незмінної температури зменшити на 20 %?

А На 20 %	Б На 25 %	В На 80 %	Г На 120 %
-----------	-----------	-----------	------------

16. Який із наведених на рисунках графіків описує ізобарний процес в ідеальному газі?



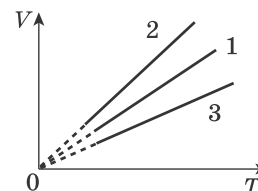
А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

17. Виберіть рівняння, яке описує ізобарний процес для незмінної маси ідеального газу.

А $\frac{p}{V} = \text{const}$	Б $\frac{V}{T} = \text{const}$	В $\frac{V}{p} = \text{const}$	Г $pV = \text{const}$
--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------

18. На рисунку наведено графіки ізобарних процесів, що відбуваються з 1 моль ідеального газу. Порівняйте тиск газу під час цих процесів.

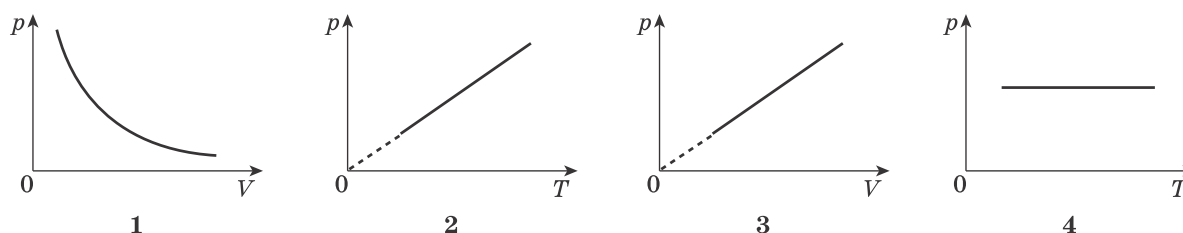
А $p_1 = p_2 = p_3$	Б $p_3 > p_1 > p_2$
Б $p_1 < p_2 < p_3$	Г $p_1 < p_2 > p_3$



19. У герметичному циліндрі під поршнем знаходиться ідеальний газ. Поршень перебуває на висоті 20 см від дна циліндра. Температура газу становить 27 °С. До якої температури потрібно нагріти газ, щоб поршень піднявся до висоти 60 см? Тертя відсутнє.

А 54 °С	Б 81 °С	В 327 °С	Г 627 °С
---------	---------	----------	----------

20. Який із наведених на рисунках графіків описує ізохорний процес в ідеальному газі?

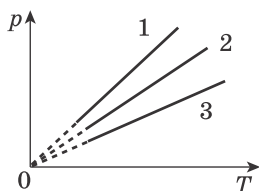


А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

21. Оберіть рівняння, яке описує ізохорний процес для незмінної маси ідеального газу.

А $\frac{p}{T} = \text{const}$	Б $pV = \text{const}$	В $pV^\gamma = \text{const}$	Г $\frac{V}{T} = \text{const}$
--------------------------------	-----------------------	------------------------------	--------------------------------

22. На рисунку наведено графіки ізохорних процесів, що відбуваються з 1 моль ідеального газу. Порівняйте об'єм газу під час цих процесів.

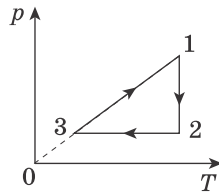


А $V_1 < V_2 < V_3$	Б $V_2 < V_1 < V_3$	В $V_1 = V_2 = V_3$	Г $V_1 > V_2 > V_3$
---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

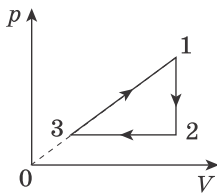
23. У сталевому герметичному балоні нагрівають ідеальний газ. У скільки разів підвищився тиск газу, якщо температура газу зросла від 27 до 177 °С?

А У 1,5 разу	Б У 3 рази	В У 4,5 разу	Г У 6,6 разу
--------------	------------	--------------	--------------

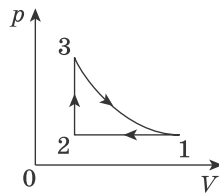
24. На рисунку наведено графік зміни стану ідеального газу в координатах p, T .



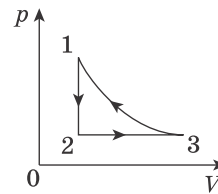
Який із графіків у координатах p, V відповідає цьому процесу?



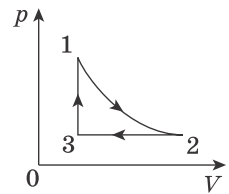
1



2



3



4

А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

25. У сталевому балоні знаходиться 3 моль ідеального газу за температури 77°C і тиску $1,05 \cdot 10^6$ Па. Яким стане тиск, якщо з балона забрати 1 моль газу, а температуру зменшити до 27°C ?

А $2,5 \cdot 10^5$ Па	Б $3,5 \cdot 10^5$ Па	В $6 \cdot 10^5$ Па	Г $7 \cdot 10^6$ Па
-----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------

26. Стала маса ідеального газу розширюється за законом $\frac{V}{p} = \text{const}$. Визначте, у скільки разів потрібно збільшити температуру газу, щоб тиск газу зріс удвічі.

А У $\sqrt{2}$ разу	Б У 2 рази	В У $2\sqrt{2}$ разу	Г У 4 рази
---------------------	------------	----------------------	------------

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою.

Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією.

Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

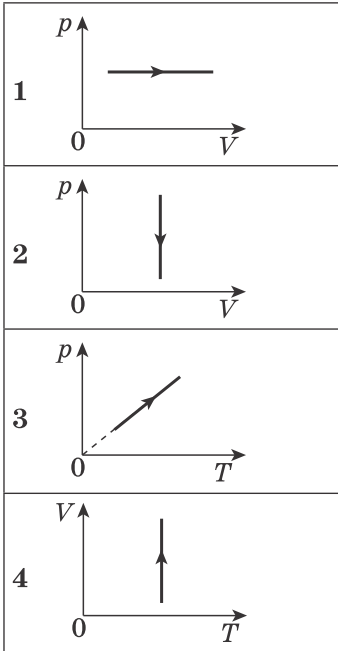
Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

27. Установіть відповідність між прізвищами науковців та формулами залежностей, названими за їхнім ім'ям.

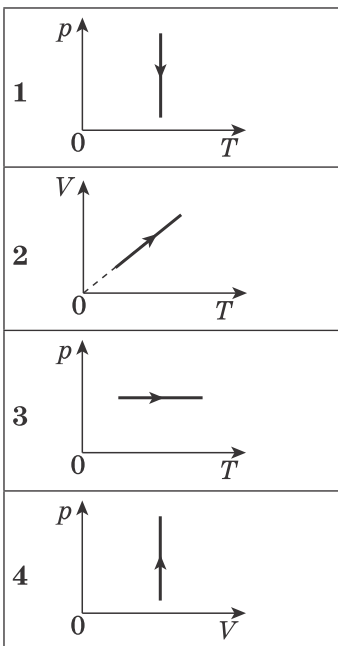
1 Клапейрон	А $\frac{p}{T} = \text{const}$
2 Шарль	Б $\frac{pV}{T} = \text{const}$
3 Бойль	В $pV = \text{const}$
4 Гей-Люссак	Г $pV^\gamma = \text{const}$
	Д $\frac{V}{T} = \text{const}$

28. Установіть відповідність між графіком процесу, який здійснюється над сталою масою ідеального газу, та назвою процесу.



А	Ізотермічне стискання
Б	Ізохорне нагрівання
В	Ізобарне розширення
Г	Ізохорне охолодження
Д	Ізотермічне розширення

29. Установіть відповідність між графіком процесу, який здійснюється над сталою масою ідеального газу, та назвою процесу.



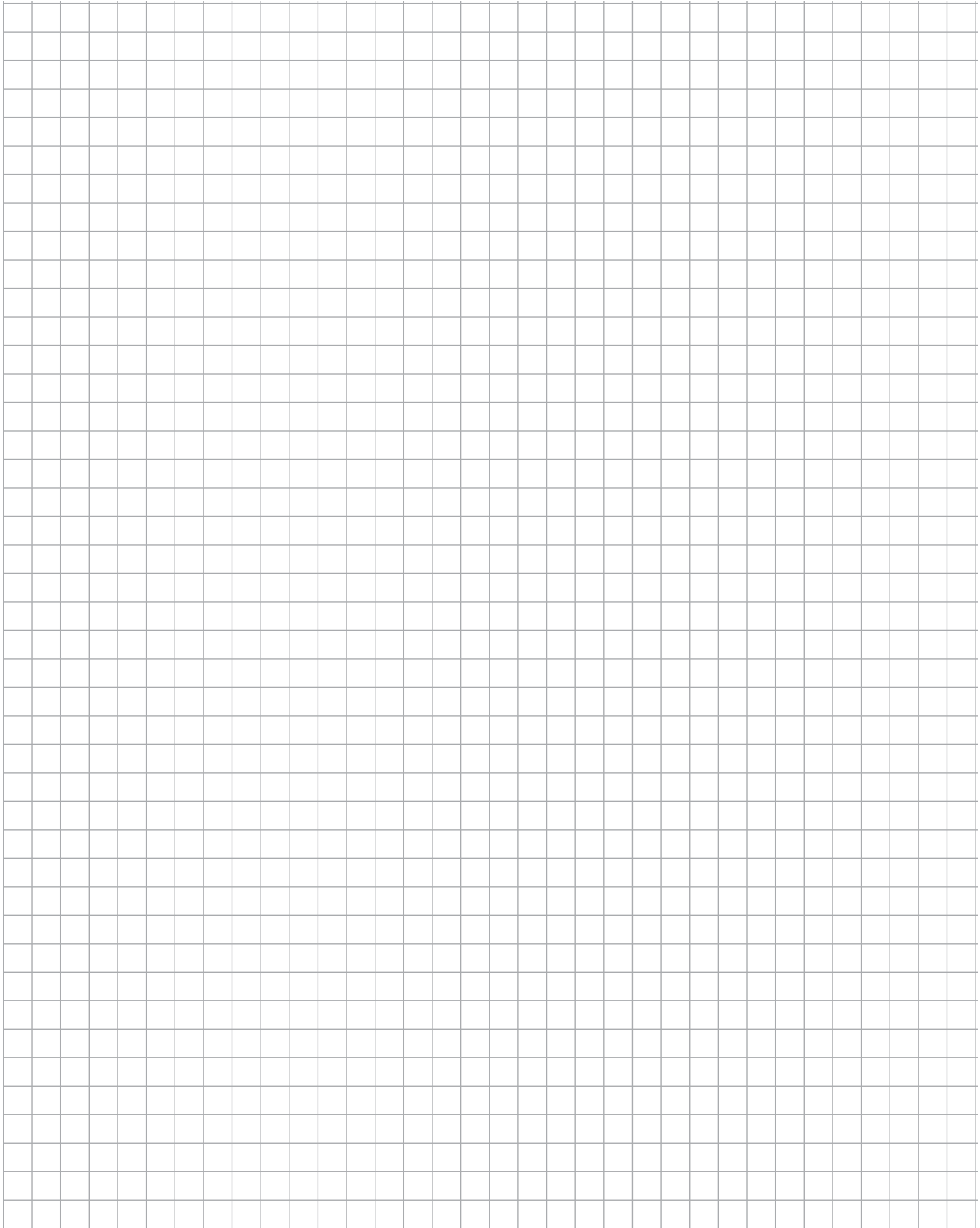
А	Ізобарне стискання
Б	Ізотермічне розширення
В	Ізохорне охолодження
Г	Ізохорне нагрівання
Д	Ізобарне розширення

30. Установіть відповідність між прикладами процесів, які здійснюються над певною масою повітря, та назвами цих процесів.

1 Сталевий балон із повітрям помістили в морозильну камеру	А Ізобарне розширення
2 Гумову кульку з повітрям занурили у ванну з водою кімнатної температури	Б Ізохорне охолодження
3 Гумову кульку з повітрям помістили під ковпак працюючого вакуумного насоса	В Ізотермічне розширення
4 Запаяну з одного кінця трубку, у якій під стовпчиком ртуті знаходиться повітря, вертикально запаяним кінцем униз опускають в окріп	Г Ізохорне нагрівання
	Д Ізотермічне стискування

**У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)**

31. У кімнаті випарилася краплина леткої рідини з молярною масою 160 г/моль. Визначте кількість молекул цієї рідини (як множник до 10^{16}), яка потрапляє в легені людини, що знаходиться в кімнаті, під час кожного її вдиху. Маса краплини 0,32 г, кімната має розміри 5×4×3 м, у легені людини за вдиху потрапляє 2,5 л повітря.
Відповідь: _____
32. Визначте середню молярну масу (у грамах на моль) суміші для дихання, яка складається з кисню та гелію. На кожен молекулу кисню в суміші припадає три атоми Гелію.
Відповідь: _____
33. Посередині відкритої з обох кінців горизонтальної скляної трубки довжиною 95,5 см знаходиться стовпчик ртуті довжиною 7,5 см. Закривши один з отворів трубки, її розташовують вертикально закритим кінцем униз. Визначте атмосферний тиск (у сантиметрах ртутного стовпчика), якщо стовпчик ртуті перемістився відносно трубки на 4 см.
Відповідь: _____
34. У вертикальному герметичному циліндрі під рухомих поршнем знаходиться ідеальний газ. Після нагрівання газу на 60 К поршень піднявся на 20 % початкової висоти. Визначте (у градусах Цельсія) початкову температуру газу. Тертя відсутнє.
Відповідь: _____
35. За зростання температури міцного герметичного сталевго балона з ідеальним газом у 1,25 разу, тиск усередині балона зріс на 400 кПа. Визначте (у мегапаскалях) тиск газу після нагрівання.
Відповідь: _____
36. Визначте кількість ходів, які має зробити поршень автомобільного насоса, щоб тиск повітря в шині зріс від 2,5 до 3,5 атм. За один хід насос захоплює об'єм 0,2 л повітря. Атмосферний тиск становить 100 кПа. Об'єм шини дорівнює 10 л. Температура повітря весь час залишалася незмінною.
Відповідь: _____



БЛАНК ВІДПОВІДЕЙ

A

Увага! Відмічайте тільки один варіант відповіді у рядку варіантів відповідей до кожного завдання. Дотримуйтесь, будь ласка, правил запису відповідей. У завданнях 31–36 правильну відповідь записуйте, враховуючи положення коми, по одній цифрі в кожному білому прямокутнику. Знак «мінус» записуйте в окремому білому прямокутнику ліворуч від цифри.

Наприклад: правильно записане число 2 матиме такий вигляд:

		2		
		,		

чи такий:

		2		0
		,		

правильно записане число 2,5 матиме такий вигляд:

		2		5
		,		

правильно записане число –2,05 матиме такий вигляд:

		–	2		0	5
			,			

Неправильно записане число 2,5 має такий вигляд:

2				5
				,

чи такий:

		2			5
				,	

У завданнях 1–30 правильну відповідь позначаєте тільки так:

Якщо ви позначили відповідь до котрогось із завдань 1–30 неправильно, то можете її виправити, замалювавши попередню позначку та поставивши нову, як показано на зразку:

	А	Б	В	Г	Д
1	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
2					
3					
4					

	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		
1						7					13					19						25				
2						8					14					20						26				
3						9					15					21										
4						10					16					22										
5						11					17					23										
6						12					18					24										

	А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		
27	1					28	1					29	1						30	1					
	2						2						2							2					
	3						3						3							3					
	4						4						4							4					

Приклад написання цифр: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 –

У завданнях 31–36 відповідь записуйте цифрами, враховуючи положення коми.

31					,						33					,					35					,					
32					,						34					,						36					,				

Місце виправлення помилкової відповіді

Щоб виправити відповідь до котрогось із завдань 31–36, запишіть нову відповідь у відповідних клітинках.

31					,						33					,					35					,					
32					,						34					,						36					,				

МКТ ПАРИ, РІДИН І ТВЕРДИХ ТІЛ

Основні формули

Вологість повітря

$$\varphi = \frac{p}{p_n} \cdot 100\% = \frac{\rho}{\rho_n} \cdot 100\%;$$

Сила поверхневого натягу

$$F = \sigma l;$$

Висота підняття рідини в капілярі

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}.$$

Механічна напруга

$$\sigma = \frac{F}{S};$$

Відносне видовження

$$\varepsilon = \frac{|\Delta l|}{l_0};$$

Закон Гука

$$\sigma = E\varepsilon; F = \frac{ES}{l_0} |\Delta l| = k |\Delta l|.$$

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ. Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією. Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

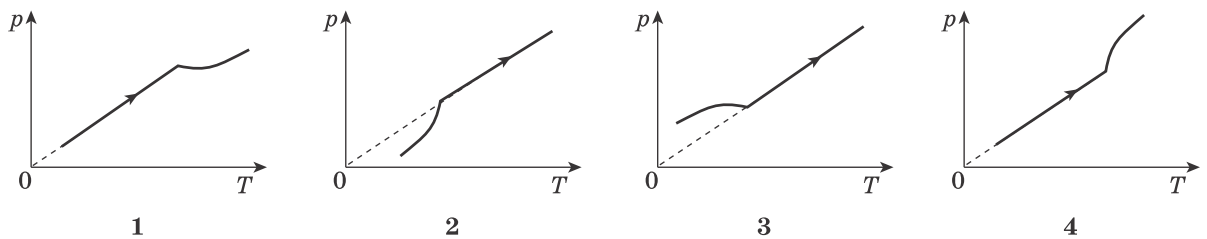
Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

- Швидкість випаровування води з відкритої склянки зростає після:
 - накривання склянки
 - наливання до склянки шару масла
 - охолодження склянки
 - нагрівання склянки
- Рідина у відкритій склянці, що стоїть на столі в кімнаті, під час випаровування:
 - охолоджується
 - нагрівається
 - збільшує свій об'єм
 - зменшує свою густину

3. Як змінюються густини рідини та її насиченої пари зі зростанням температури?

- А Густина рідини збільшується, пари — зменшується
- Б Густина рідини зменшується, пари — збільшується
- В Густина рідини та пари збільшується
- Г Густина рідини та пари зменшується

4. Який графік залежності тиску від температури всередині герметичної посудини, у якій міститься невелика краплина води та насичена водяна пара, відповідає процесу її нагріванню? Після випаровування краплини нагрівання продовжують.



1	2	3	4
А 1	Б 2	В 3	Г 4

5. Об'єм насиченої пари за сталої температури зменшили удвічі. Як змінилася концентрація молекул насиченої пари?

А Збільшилася в 4 рази	Б Збільшилася у 2 рази	В Не змінилася	Г Зменшилася у 2 рази
---------------------------	---------------------------	----------------	--------------------------

6. Герметичну склянку з невеликою кількістю води нагріли, збільшивши абсолютну температуру на 10%. Як змінився тиск насиченої пари в склянці? У склянці весь час є певна кількість води.

А Зменшився на 10%	Б Не змінився	В Збільшився на 10%	Г Збільшився більш ніж на 10%
-----------------------	---------------	------------------------	----------------------------------

7. Температуру, за якої ненасичена пара стає насиченою, називають:

А точкою кипіння	Б точкою роси	В точкою плавлення	Г потрійною точкою води
---------------------	------------------	-----------------------	----------------------------

8. Для визначення вологості повітря призначений:

А динамометр	Б спідометр	В психрометр	Г термометр
--------------	-------------	--------------	-------------

9. За якою формулою можна обчислити відносну вологість повітря?

А $\rho = \frac{m}{V}$	Б $\rho = \frac{pM}{RT}$	В $\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$	Г $\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{A_{\text{повн}}} \cdot 100\%$
------------------------	--------------------------	---	---

10. У герметичній склянці міститься вологе повітря. Як змінюватимуться абсолютна та відносна вологість повітря в міру його нагрівання?

- А Абсолютна вологість збільшуватиметься, відносна — зменшуватиметься
- Б Абсолютна вологість зменшуватиметься, відносна — збільшуватиметься
- В Абсолютна вологість не змінюватиметься, відносна — збільшуватиметься
- Г Абсолютна вологість не змінюватиметься, відносна — зменшуватиметься

11. Обидва термометри психрометра показують температуру 20 °С. Якою є відносна вологість повітря?

А 100 %	Б 40 %	В 20 %	Г 0 %
---------	--------	--------	-------

12. Абсолютна вологість повітря в герметичній посудині становить 1,2 г/м³. Як вона зміниться за підвищення абсолютної температури повітря у 2 рази?

А Збільшиться більш, ніж у 2 рази	Б Збільшиться у 2 рази	В Не зміниться	Г Зменшиться у 2 рази
-----------------------------------	------------------------	----------------	-----------------------

13. Відносна вологість повітря в кімнаті за температури 22 °С становить 68 %. Якими є покази вологого термометра психрометра?

А 4 °С	Б 18 °С	В 26 °С	Г 46 °С
--------	---------	---------	---------

14. Парціальний тиск водяної пари в повітрі становить 1,5 кПа, тиск насиченої пари за тієї самої температури — 2 кПа. Якою є відносна вологість повітря?

А 75 %	Б 25 %	В 20 %	Г 10 %
--------	--------	--------	--------

15. Скільки водяної пари міститься в кожному кубічному метрі атмосферного повітря за температури 25 °С і відносної вологості 50 %?

А 11,5 г	Б 23 г	В 25 г	Г 50 г
----------	--------	--------	--------

16. За якою формулою можна обчислити силу поверхневого натягу, що діє на дротяне кільце радіуса r , що плаває на поверхні рідини в склянці? Кільце повністю не змочується рідиною.

А $F = \pi\sigma r^2$	Б $F = 2\pi\sigma r^2$	В $F = 2\pi\sigma r$	Г $F = 4\pi\sigma r$
-----------------------	------------------------	----------------------	----------------------

17. Відомо, що тонка пряма алюмінієва дротина, якщо її натерти жиром, може плавати на поверхні води. Якою може бути максимальний діаметр перерізу цієї дротини? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$. Дротина достатньо довга і втримується на поверхні рідини тільки силою поверхневого натягу.

А 2,6 мм	Б 1,3 мм	В 0,32 мм	Г 1,7 мкм
----------	----------	-----------	-----------

18. За якою формулою можна обчислити висоту підняття рідини в капілярі? Змочування вважайте повним.

А $h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$	Б $h = \frac{g t^2}{2}$	В $h = \frac{p}{\rho \cdot g}$	Г $h = \frac{v_0^2}{2g}$
----------------------------------	-------------------------	--------------------------------	--------------------------

19. Дві скляні трубки вставлені в склянки з різними рідинами. Порівняйте висоти h_1 і h_2 підняття рідин у трубках, якщо перша трубка має діаметр перерізу, вдвічі менший за діаметр перерізу другої трубки, і рідина в першій трубці має поверхневий натяг, вдвічі менший за поверхневий натяг рідини в другій трубці. Змочування вважайте повним. Рідини мають однакові густини.

А $h_2 = 2h_1$	Б $h_1 = h_2$	В $h_1 = 2h_2$	Г $h_1 = 4h_2$
----------------	---------------	----------------	----------------

20. На яку висоту піднімається спирт за 20 °С у скляній капілярній трубці, внутрішній діаметр якої — 0,55 мм? Змочування вважайте повним.

А 0,25 см	Б 0,5 см	В 1 см	Г 2 см
-----------	----------	--------	--------

21. Механічна напруга — це:

- А відношення абсолютного видовження тіла до його первісної довжини
- Б відношення сили пружності, що виникає в тілі, до площі перерізу тіла
- В добуток відносного видовження тіла на модуль пружності
- Г добуток відносного видовження тіла на його первісну довжину

22. У склянку з водою вертикально вставляють скляну трубку внутрішнім діаметром 0,5 мм. Визначте масу води, яка підніметься по капіляру. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 5,7 мг	Б 7,3 мг	В 11,5 мг	Г 22,9 мг
----------	----------	-----------	-----------

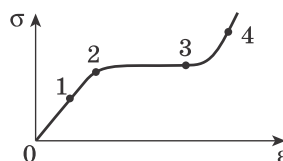
23. За якою формулою можна обчислити коефіцієнт жорсткості тіла?

А $k = \frac{ES}{l_0}$	Б $\varepsilon = \frac{ \Delta l }{l_0}$	В $ \Delta l = \frac{F}{k}$	Г $\sigma = \frac{F}{S}$
------------------------	--	------------------------------	--------------------------

24. Тіло називається пластичним, якщо:

- А достатньо великі деформації тіла зникають після припинення дії зовнішніх сил
- Б деформація тіла зростає пропорційно до зовнішньої сили впритул до межі міцності
- В навіть невеликі деформації тіла призводять до його руйнування
- Г навіть невеликі деформації тіла не зникають після припинення дії зовнішніх сил

25. На графіку залежності механічної напруги від відносного видовження вкажіть точку, що відповідає межі пропорційності.



А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

26. З якою силою натягнута сталева струна гітари, якщо її довжина — 1 м, а діаметр та видовження становлять 1 мм? Деформацію вважайте пружною.

А 62,8 Н	Б 157 Н	В 314 Н	Г 628 Н
----------	---------	---------	---------

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою. Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією. Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

**Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!
Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей**

27. Установіть відповідність між властивостями речовини та її агрегатним станом.

1 Зберігає об'єм і форму, під час нагрівання повільно розм'якає	А Ненасичена пара
2 Зберігає об'єм і форму, має визначену температуру плавлення	Б Насичена пара
3 Зберігає об'єм, дуже легко змінює форму	В Рідина
4 Не зберігає ні об'єм, ні форму, тиск залежить тільки від температури	Г Тверде кристалічне тіло
	Д Тверде аморфне тіло

28. Установіть відповідність між назвами фізичних величин та їхніми одиницями в СІ.

1 Абсолютна вологість	А Па
2 Відносна вологість	Б кг/м ³
3 Поверхневий натяг	В Н/м
4 Механічна напруга	Г Н·м
	Д %

29. Установіть відповідність між виразами та величинами, які можна обчислити за цими виразами.

1 σl	А Механічна напруга
2 $\frac{2\sigma}{\rho g r}$	Б Тиск під увігнутою поверхнею рідини
3 $\frac{\sigma}{E}$	В Висота підняття рідини в капілярі
4 $\frac{2\sigma}{r}$	Г Відносне видовження
	Д Сила поверхневого натягу

30. Установіть відповідність між формулами та величинами, які можна визначити за цими формулами.

1 $\varepsilon = \frac{ \Delta l }{l_0}$	А Жорсткість тіла
2 $k = \frac{E \cdot S}{l_0}$	Б Відносне видовження
3 $\sigma = \frac{F}{S}$	В Відносна вологість
4 $\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$	Г Механічна напруга
	Д Сила поверхневого натягу

**У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі
в загальному вигляді.)**

31. Відносна вологість повітря ввечері за температури 16°C дорівнює 69% . Визначте температуру (у градусах Цельсія), за якої вночі почне випадати роса.
Відповідь: _____
32. Визначте масу води (у сотнях грам), яку потрібно випарувати для того, щоб збільшити відносну вологість повітря в кімнаті вдвічі. Початкове значення вологості становить 40% . Розміри кімнати — $8 \times 5 \times 2,5$ м. Температура — 25°C .
Відповідь: _____
33. На поверхні води плаває дротове кільце масою 1 г і діаметром 2 см. За допомогою мікродинамометра кільце поступово піднімають, весь час забезпечуючи його горизонтальне положення. Визначте (у міліньютонках) покази мікродинамометра в момент відриву кільця від поверхні води. Температура води — 20°C , вода повністю змочує дріт. Вважайте, що $g = 10$ м/с².
Відповідь: _____
34. З піпетки невідому рідину капають у мензурку. Коли було накапано 100 крапель, їх загальна вага становила $9,42$ мН. Діаметр вихідного отвору піпетки становить 1 мм. Визначте за цими даними поверхневий натяг рідини (у міліньютонках на метр). Вважайте, що краплі в момент відриву від піпетки мають форму півкулі, $g = 10$ м/с², змочування повне.
Відповідь: _____
35. Для надійної роботи підйомника сталевий трос, на якому підвішено кабіну підйомника, має працювати з десятикратним запасом міцності. Визначте (у квадратних сантиметрах) площу поперечного перерізу тросу, якщо максимальна маса, яку піднімає підйомник, — $2,5$ т (разом із кабіною), максимальні прискорення при роботі підйомника становлять 2 м/с². Вважайте, що $g = 10$ м/с².
Відповідь: _____
36. На сталевому тросі довжиною 10 м та діаметром перерізу 2 см із дна озера рівномірно піднімають мармурову колону масою $5,4$ т. Визначте видовження троса (у міліметрах). Деформацію вважайте пружною.
Відповідь: _____



БЛАНК ВІДПОВІДЕЙ

A

Увага! Відмічайте тільки один варіант відповіді у рядку варіантів відповідей до кожного завдання. Дотримуйтесь, будь ласка, правил запису відповідей. У завданнях 31–36 правильну відповідь записуйте, враховуючи положення коми, по одній цифрі в кожному білому прямокутнику. Знак «мінус» записуйте в окремому білому прямокутнику ліворуч від цифри.

Наприклад: правильно записане число 2 матиме такий вигляд:

		2		

чи такий:

		2	0

правильно записане число 2,5 матиме такий вигляд:

		2	,	5	

правильно записане число –2,05 матиме такий вигляд:

		–	2	,	0	5

Неправильно записане число 2,5 має такий вигляд:

2						5

чи такий:

		2				5

У завданнях 1–30 правильну відповідь позначаєте тільки так:

Якщо ви позначили відповідь до котрогось із завдань 1–30 неправильно, то можете її виправити, замалювавши попередню позначку та поставивши нову, як показано на зразку:

	А	Б	В	Г	Д
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г	
1						7					13					19					25				
2						8					14					20					26				
3						9					15					21									
4						10					16					22									
5						11					17					23									
6						12					18					24									

	А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д	
27	1					28	1					29	1						30	1				
	2						2						2							2				
	3						3						3							3				
	4						4						4							4				

Приклад написання цифр: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 –

У завданнях 31–36 відповідь записуйте цифрами, враховуючи положення коми.

31					,						33					,					35					,					
32					,						34					,						36					,				

Місце виправлення помилкової відповіді

Щоб виправити відповідь до котрогось із завдань 31–36, запишіть нову відповідь у відповідних клітинках.

31					,						33					,					35					,					
32					,						34					,						36					,				

ТЕРМОДИНАМІКА

Основні формули

Внутрішня енергія ідеального газу

$$W_{\text{вн}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} RT = \frac{3}{2} pV;$$

Кількість теплоти

$$Q = cm\Delta T; Q = \lambda m; Q = Lm; Q = qm;$$

Робота газу

$$\Delta A = p\Delta V;$$

— для ізобарного процесу

$$A = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T;$$

Перший закон термодинаміки

$$\Delta W_{\text{вн}} = Q + A';$$

$$Q = \Delta W_{\text{вн}} + A;$$

$$A = Q - \Delta W_{\text{вн}}.$$

Перший закон термодинаміки

— для ізотермічного процесу

$$Q = A;$$

— для ізобарного процесу

$$Q = \Delta W_{\text{вн}};$$

— для ізохорного процесу

$$Q = \Delta W_{\text{вн}} + A = \frac{5}{2} \cdot \frac{m}{M} R\Delta T;$$

ККД теплової машини (газового циклу)

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%;$$

ККД ідеальної теплової машини

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%.$$

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ. Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією. Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

- Якщо макроскопічні параметри системи з часом залишаються незмінними, то:
 - віддача тепла системою компенсується виконанням над нею роботи зовнішніми силами
 - система виконує додатну роботу за рахунок відповідного зменшення внутрішньої енергії
 - система перебуває в тепловій рівновазі
 - отримання тепла системою компенсується виконаною нею роботою.
- Процес, під час якого ідеальний газ виконує додатну роботу й не змінює своєї внутрішньої енергії, називається:
 - адіабатним розширенням
 - ізобарним нагріванням
 - ізотермічним розширенням
 - ізохорним нагріванням

3. Як змінюється внутрішня енергія ідеального одноатомного газу за ізотермічного збільшення об'єму газу у 2 рази?

А Не змінюється	Б Збільшується у 2 рази	В Збільшується в 3 рази	Г Зменшується у 2 рази
-----------------	-------------------------	-------------------------	------------------------

4. Газ стискають за постійного тиску 200 кПа, виконуючи над ним роботу 40 кДж. На скільки змінився об'єм газу?

А На 0,2 м ³	Б На 0,5 м ³	В На 5 м ³	Г На 200 м ³
-------------------------	-------------------------	-----------------------	-------------------------

5. У циліндрі під поршнем знаходиться 40 г гелію. Унаслідок теплопередачі температура газу збільшилася на 20 °С. Визначте зміну внутрішньої енергії газу.

А 16,6 Дж	Б 24,9 Дж	В 1,7 кДж	Г 2,5 кДж
-----------	-----------	-----------	-----------

6. Під час ізохорного нагрівання газ отримав кількість теплоти 9 кДж. На скільки збільшилася його внутрішня енергія?

А 3,6 кДж	Б 6 кДж	В 9 кДж	Г 13,5 кДж
-----------	---------	---------	------------

7. Під час ізобарного нагрівання 0,04 кг неону його температура змінилася на 20 °С. Яку кількість теплоти отримав газ?

А 222 Дж	Б 332 Дж	В 497 Дж	Г 831 Дж
----------	----------	----------	----------

8. Яку роботу виконує кисень масою 0,64 кг за ізобарного нагрівання на 40 °С?

А 6,6 кДж	Б 10 кДж	В 13,9 кДж	Г 16,6 кДж
-----------	----------	------------	------------

9. Під час ізобарного нагрівання 80 г аргону його об'єм збільшився на 50 %. На скільки змінилася внутрішня енергія газу, якщо його початкова температура становила 300 К?

А На 1,7 кДж	Б На 2,5 кДж	В На 3,7 кДж	Г На 6,2 Дж
--------------	--------------	--------------	-------------

10. Під час ізобарного нагрівання одноатомного ідеального газу було виконано роботу 24 кДж. На скільки збільшилася при цьому внутрішня енергія газу?

А На 16 кДж	Б На 24 кДж	В На 36 кДж	Г На 60 Дж
-------------	-------------	-------------	------------

11. Під час розширення певної маси ідеального газу об'єм збільшився на 50 %, а тиск зменшився на 25 %. Як змінилася внутрішня енергія газу?

А Збільшилася на 25 %	Б Збільшилася на 12,5 %	В Зменшилася на 12,5 %	Г Зменшилася на 25 %
-----------------------	-------------------------	------------------------	----------------------

12. Унаслідок зіткнення двох однакових свинцевих куль, які рухалися назустріч одна одній з однаковими за значеннями швидкостями, вони нагрілися на 100 °С. На скільки нагрілися б кулі, якби їхні швидкості були удвічі меншими? Вважайте, що частка механічної енергії, яка пішла на нагрівання куль, не змінилася.

А На 10 °С	Б На 12,5 °С	В На 25 °С	Г На 50 °С
------------	--------------	------------	------------

13. Визначте мінімальну швидкість, з якою повинні летіти назустріч одна одній дві однакові краплинки води, щоб у разі зіткнення повністю випаруватися. Температура краплинок перед зіткненням — $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вважайте, що у внутрішню енергію краплинок перейшло 50 % їхньої механічної енергії.

А 800 м/с	Б 1,6 км/с	В 3,25 км/с	Г 10,5 Мм/с
-----------	------------	-------------	-------------

14. Скільки холодної води, температура якої дорівнює $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, потрібно додати до каструлі з окропом, щоб отримати воду за $40\text{ }^{\circ}\text{C}$? Маса окропу в каструлі — 3 кг. Тепловими втратами знехтуйте.

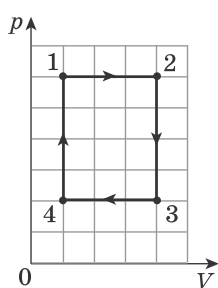
А 1,5 кг	Б 3 кг	В 6 кг	Г 9 кг
----------	--------	--------	--------

15. До калориметра, де перебуває 200 г води за $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, поклали шматок льоду масою 80 г за $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Яка температура встановиться в калориметрі після завершення теплообміну? Тепловими втратами знехтуйте.

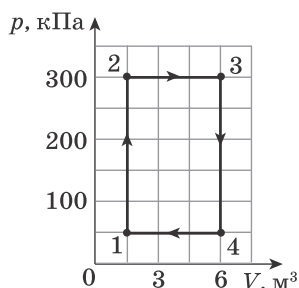
А $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$	Б $0\text{ }^{\circ}\text{C}$	В $4\text{ }^{\circ}\text{C}$	Г $10\text{ }^{\circ}\text{C}$
--------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	--------------------------------

16. Скільки води за $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ було в калориметрі, якщо після того, як туди впустили 10 г водяної пари за $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура піднялася до $40\text{ }^{\circ}\text{C}$?

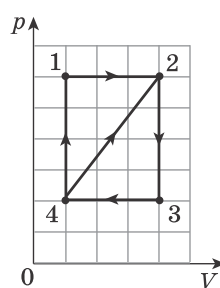
А 15 г	Б 72 г	В 137 г	Г 152 г
--------	--------	---------	---------



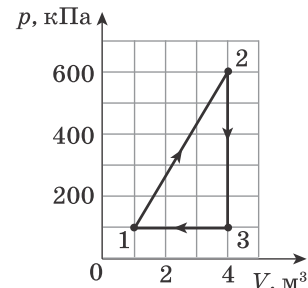
1



2



3



4

17. Замкнений цикл, який здійснюється над певною масою ідеального газу, складається з чотирьох процесів (рис. 1). Під час яких із цих процесів газ отримує тепло?

А 1→2, 2→3	Б 4→1, 1→2	В 1→2, 3→4	Г 4→1, 2→3
------------	------------	------------	------------

18. Яку кількість тепла отримує ідеальний одноатомний газ у процесі 1→2 (рис. 2)?

А 375 кДж	Б 450 кДж	В 562,5 кДж	Г 675 кДж
-----------	-----------	-------------	-----------

19. Яку роботу виконує газ у процесі 2→3 (рис. 2)?

А 1,35 МДж	Б 1,8 МДж	В 2,025 МДж	Г 2,7 МДж
------------	-----------	-------------	-----------

20. Як змінюється внутрішня енергія ідеального одноатомного газу в процесі 3→4 (рис. 2)?

А Зменшується на 1,5 МДж	Б Зменшується на 1,8 МДж	В Зменшується на 2,25 МДж	Г Зменшується на 2,7 МДж
--------------------------	--------------------------	---------------------------	--------------------------

21. Порівняйте корисні роботи, які виконують однакові маси ідеального газу в ході процесів $4 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$ та $4 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$ (рис. 3).

А $\frac{A_{41234}}{A_{4234}} = 2$	Б $\frac{A_{41234}}{A_{4234}} = 1$	В $\frac{A_{4234}}{A_{41234}} = 2$	Г $\frac{A_{41234}}{A_{4234}} = 4$
------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

22. Обчисліть корисну роботу, виконану ідеальним газом за цикл (рис. 4).

А 300 кДж	Б 450 кДж	В 750 кДж	Г 1050 кДж
-----------	-----------	-----------	------------

23. Оберіть правильне співвідношення між кількістю теплоти Q_1 , яку отримало робоче тіло від нагрівача, кількістю теплоти Q_2 , яку передано холодильнику, та корисною роботою $A_{\text{кор}}$ для машини, ККД якої становить 25 %.

А $A_{\text{кор}} = 0,75 Q_1$	Б $Q_1 = 0,25 Q_2$	В $Q_2 = 0,75 Q_1$	Г $A_{\text{кор}} = 0,25 (Q_1 + Q_2)$
-------------------------------	--------------------	--------------------	---------------------------------------

24. Для збільшення ККД теплової машини потрібно:

- А збільшити температуру тільки холодильника
- Б зменшити температуру тільки нагрівача
- В збільшити температуру холодильника, зменшити температуру нагрівача
- Г зменшити температуру холодильника, збільшити температуру нагрівача

25. Від нагрівача робоче тіло теплової машини за певний час отримує 400 МДж тепла. Визначте ККД машини, якщо в навколишнє середовище в процесі виконання роботи вона за цей час витрачає 300 МДж тепла.

А 14 %	Б 25 %	В 43 %	Г 75 %
--------	--------	--------	--------

26. На атомних електростанціях температура водяної пари на виході з реактора становить 297°C . Яким може бути максимальний розрахунковий ККД атомної електростанції як теплової машини, якщо температура озера біля станції, яке використовується як холодильник, становить 27°C ?

А 10 %	Б 47,4 %	В 91 %	Г 95,3 %
--------	----------	--------	----------

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою.

Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією.

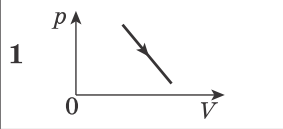
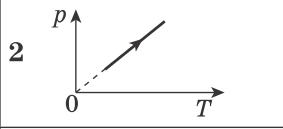
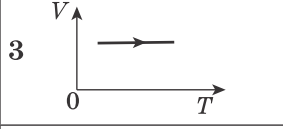
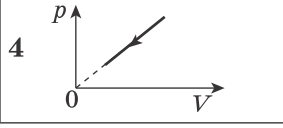
Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

**Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!
Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей**

27. Установіть відповідність між поведінкою газу під час процесу й описом процесу.

1 Газ виконує додатну роботу й отримує тепло	А Адіабатне розширення
2 Газ виконує від'ємну роботу й віддає тепло	Б Ізохорне нагрівання
3 Газ виконує додатну роботу, тепло не отримує й не віддає	В Ізобарне розширення
4 Газ роботу не виконує, але тепло отримує	Г Ізотермічне стискування
	Д Ізохорне охолодження

28. Установіть відповідність між графіком процесу, який здійснюється над сталою масою одноатомного ідеального газу, та тим, як газ виконує роботу та отримує тепло.

1 	А Газ виконує додатну роботу, отримує тепло
2 	Б Газ роботу не виконує, отримує тепло
3 	В Газ виконує від'ємну роботу й віддає тепло
4 	Г Газ роботу не виконує, віддає тепло
	Д Газ виконує додатну роботу, віддає тепло

29. Установіть відповідність між формулами та їхнім фізичним змістом.

1 $\frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T$	А Рівняння теплового балансу
2 $p \Delta V$	Б І закон термодинаміки
3 $Q = A' + \Delta U$	В Робота газу під час ізобарного процесу
4 $Q = cm \Delta T$	Г Зміна внутрішньої енергії одноатомного ідеального газу
	Д Кількість теплоти під час нагрівання тіла без зміни агрегатного стану

30. Установіть відповідність між назвою процесу, у якому бере участь одноатомний ідеальний газ, і записом І закону термодинаміки для цього процесу.

1 Ізотермічний процес	А $Q = qm$
2 Ізобарний процес	Б $A' = -\Delta U$
3 Ізохорний процес	В $Q = p \Delta V + \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T$
4 Адіабатний процес	Г $Q = A'$
	Д $Q = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T$



БЛАНК ВІДПОВІДЕЙ

A

Увага! Відмічайте тільки один варіант відповіді у рядку варіантів відповідей до кожного завдання. Дотримуйтесь, будь ласка, правил запису відповідей. У завданнях 31–36 правильну відповідь запишіть, враховуючи положення коми, по одній цифрі в кожному білому прямокутнику. Знак «мінус» запишіть в окремому білому прямокутнику ліворуч від цифри.

Наприклад: правильно записане число 2 матиме такий вигляд:

		2		
		,		

чи такий:

		2		0
		,		

правильно записане число 2,5 матиме такий вигляд:

		2		5
		,		

правильно записане число –2,05 матиме такий вигляд:

		–	2		0	5
			,			

Неправильно записане число 2,5 має такий вигляд:

2				5
				,

чи такий:

		2			5
		,			

У завданнях 1–30 правильну відповідь позначайте тільки так:

Якщо ви позначили відповідь до котрогось із завдань 1–30 неправильно, то можете її виправити, замалювавши попередню позначку та поставивши нову, як показано на зразку:

	А	Б	В	Г	Д
1	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
2					
3					
4					

	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		
1						7					13					19						25				
2						8					14					20						26				
3						9					15					21										
4						10					16					22										
5						11					17					23										
6						12					18					24										

	А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		
27	1					28	1					29	1						30	1					
	2						2						2							2					
	3						3						3							3					
	4						4						4							4					

Приклад написання цифр: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 –

У завданнях 31–36 відповідь запишіть цифрами, враховуючи положення коми.

31					,						33					,					35					,					
32					,						34					,						36					,				

Місце виправлення помилкової відповіді

Щоб виправити відповідь до котрогось із завдань 31–36, запишіть нову відповідь у відповідних клітинках.

31					,						33					,					35					,					
32					,						34					,						36					,				

ЕЛЕКТРОСТАТИКА

Основні формули

Закон збереження електричного заряду

$$q_1 + q_2 + \dots + q_N = \text{const};$$

Закон Кулона

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2};$$

Напруженість електричного поля

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{проб}}};$$

Напруженість електричного поля точкового заряду

$$E = k \frac{|q|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q|}{r^2};$$

Потенціал електричного поля

$$\varphi = \frac{W}{q_{\text{проб}}};$$

Зв'язок між різницею потенціалів і напруженістю однорідного електричного поля

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U = Ed; \quad E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{U}{d}.$$

Електричне поле в діелектрику

$$\vec{F} = \frac{\vec{F}_0}{\epsilon}; \quad \vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{\epsilon}; \quad \varphi = \frac{\varphi_0}{\epsilon}$$

Робота електричного поля

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU;$$

Електроємність

$$C = \frac{q}{\varphi};$$

Електроємність конденсатора

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U};$$

Електроємність плоского конденсатора

$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d};$$

Енергія зарядженого конденсатора

$$W = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2};$$

Густина енергії електричного поля

$$w = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2}.$$

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ. Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією. Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

1. Модулі зарядів однакових металевих куль дорівнюють відповідно 4 нКл, 6 нКл, 8 нКл і 10 нКл (див. рисунок). Яким буде за модулем заряд кожної кулі після їх з'єднання?



А 0	Б 1 нКл	В 2 нКл	Г 7 нКл
-----	---------	---------	---------

2. Відомо, що під час натирання ебонітової палички об вовну паличка та вовна електризуються. Укажіть знаки зарядів палички та вовни під час їхньої взаємної електризації.
- А Паличка — позитивний, вовна — негативний
 Б Паличка — негативний, вовна — позитивний
 В Паличка та вовна — негативний
 Г Паличка та вовна — позитивний
3. Під час електризації скляної палички об шовкову ганчірку паличка набуває додатного заряду внаслідок:
- А створення певної додаткової кількості протонів
 Б знищення певної кількості електронів
 В переходу певної кількості електронів із палички на ганчірку
 Г переходу певної кількості протонів із ганчірки на паличку
4. У дослідах Йоффе — Міллікена з визначення елементарного заряду надмаленькі заряджені краплинки (або порошинки) розташовувалися між горизонтальними пластинами зарядженого конденсатора. Потім вони опромінювалися коротким імпульсом ультрафіолетового (рентгенівського) випромінювання і, втрачаючи частину заряду, починали рухатися до одної з пластин конденсатора. Укажіть знак заряду краплин (порошин) і знак заряду пластини, до якої починають рухатися краплини після опромінення.
- А Краплинки — негативний, пластина — позитивний
 Б Краплинки — позитивний, пластина — негативний
 В Краплинки і пластина — негативний
 Г Краплинки і пластина — позитивний
5. Як зміниться кулонівська сила взаємодії двох однакових точкових зарядів, якщо величину одного із зарядів вдвічі збільшити, а другого — вдвічі зменшити?
- | | | | |
|----------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| А Не зміниться | Б Збільшиться у 2 рази | В Зменшиться у 4 рази | Г Зменшиться у 4 рази |
|----------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
6. Як зміниться кулонівська сила взаємодії двох точкових зарядів, якщо відстані між ними зменшити вдвічі?
- | | | | |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| А Зменшиться у 2 рази | Б Зменшиться в 4 рази | В Збільшиться в 4 рази | Г Збільшиться у 2 рази |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
7. Як зміниться кулонівська сила взаємодії двох однакових металевих кульок, що мають заряди $2q$ і $-8q$, якщо ними доторкнутися одна до одної і потім розвести на початкову відстань?
- | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| А Зменшиться у $25/16$ разу | Б Зменшиться у $16/9$ разу | В Збільшиться у $16/9$ разу | Г Збільшиться у $25/16$ разу |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
8. Як зміниться кулонівська сила взаємодії двох точкових зарядів, якщо їх занурити в рідкий діелектрик із діелектричною проникністю 3? Відстань між зарядами не змінюється.
- | | | | |
|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| А Зменшиться в 3 рази | Б Зменшиться в 9 разів | В Збільшиться в 3 рази | Г Збільшиться в 9 разів |
|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|

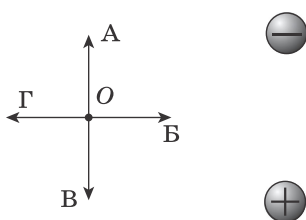
9. Чому дорівнює кулонівська сила взаємодії двох точкових зарядів по 2 нКл кожен, якщо вони розташовані на відстані 2 см один від одного?

А 1,8 мкН	Б 90 мкН	В 0,9 кН	Г 45 кН
-----------	----------	----------	---------

10. Два однакові точкові заряди знаходяться на відстані 10 см один від одного і взаємодіють із силами 81 мН. Якою є величина зарядів?

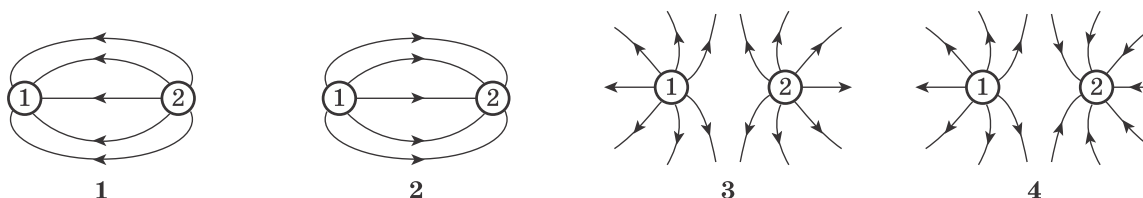
А 950 нКл	Б 30 мкКл	В 9,5 мкКл	Г 300 нКл
-----------	-----------	------------	-----------

11. На рисунку показано взаємне розташування двох однакових за модулем зарядів. Укажіть напрям напруженості електричного поля, яке створюють заряди в точці O .



А Напряма А	Б Напряма Б	В Напряма В	Г Напряма Г
-------------	-------------	-------------	-------------

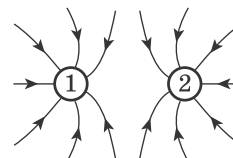
12. Який із представлених рисунків силових ліній електричного поля двох зарядів відповідає випадку, коли 1-й заряд — позитивний, а 2-й — негативний.



А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

13. Якими є заряди двох кульок, силові лінії електричного поля яких представлено на рисунку?

- А Перший та другий — позитивні
- Б Перший — негативний, другий — позитивний
- В Перший та другий — негативні
- Г Перший — позитивний, другий — негативний



14. Точковий заряд створює електричне поле, напруженість якого на відстані 10 см від заряду дорівнює 100 В/м. Якою буде напруженість поля в точці, віддаленій від заряду на відстань 20 см?

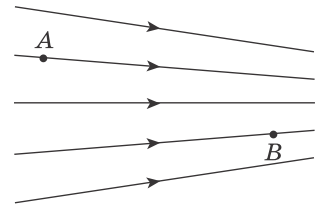
А 25 В/м	Б 50 В/м	В 200 В/м	Г 400 В/м
----------	----------	-----------	-----------

15. З точки, потенціал якої дорівнює 400 В, заряд у 25 нКл переносять до точки з потенціалом -200 В. Яку роботу при цьому виконує електричне поле?

А 8 нДж	Б 24 нДж	В 5 мкДж	Г 15 мкДж
---------	----------	----------	-----------

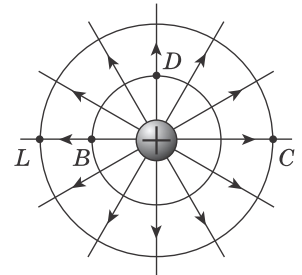
16. Порівняйте напруженості й потенціали в точках A і B електричного поля (див. рисунок).

A $E_A > E_B, \varphi_A < \varphi_B$	B $E_A < E_B, \varphi_A < \varphi_B$
Б $E_A < E_B, \varphi_A > \varphi_B$	Г $E_A > E_B, \varphi_A > \varphi_B$



17. Порівняйте роботи електричного поля по переносу позитивного пробного заряду з точки B у точки C, D і L (див. рисунок).

- A** $A_{BL} < A_{BC} < A_{BD}$
Б $A_{BL} > A_{BC} > A_{BD}$
В $A_{BL} = A_{BC} > A_{BD}$
Г $A_{BL} > A_{BC} = A_{BD}$



18. Яке прискорення порошоків масою 2 мг надає електричне поле напруженістю 10 кВ/м? Заряд порошоків — 2 нКл.

A $4 \cdot 10^{-11} \text{ м/с}^2$	Б 10 м/с^2	В 250 м/с^2	Г $2,5 \text{ км/с}^2$
---	-----------------------------	------------------------------	-------------------------------

19. Відстань між двома паралельними пластинами, які мають однакові за модулем заряди: одна — позитивний, друга — негативний, — становить $4a$. Пробний позитивний заряд спочатку розташовується на відстані a від позитивної пластини, а потім переміщується в точку на відстані a від негативно зарядженої пластини. Як змінюється потенціальна енергія пробного заряду в електричному полі пластин відносно негативно пластини?

A Не змінюється	Б Зменшується у 2 рази	В Зменшується в 3 рази	Г Зменшується в 4 рази
------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

20. За якою формулою можна обчислити ємність плоского конденсатора?

A $\frac{\epsilon_0 S}{\epsilon d}$	Б $\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$	В $\frac{\epsilon S}{\epsilon_0 d}$	Г $\frac{S}{\epsilon \epsilon_0 d}$
--	--	--	--

21. Плоский демонстраційний повітряний конденсатор (див. рисунок) підключили до джерела сталої напруги. Як зміниться заряд конденсатора, якщо, не відключаючи його від джерела, зменшити відстань між пластинами удвічі?

- A** Не зміниться
Б Зменшиться у 2 рази
В Зменшиться в 4 рази
Г Збільшиться у 2 рази



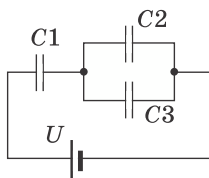
22. Плоский демонстраційний повітряний конденсатор підключили до джерела постійної напруги. Як зміниться напруженість електричного поля конденсатора, якщо, не відключаючи його від джерела, заповнити простір між пластинами діелектриком із діелектричною проникністю 9?

А Не зміниться	Б Зменшиться в 3 рази	В Зменшиться в 9 разів	Г Збільшиться в 3 рази
----------------	-----------------------	------------------------	------------------------

23. Два конденсатори однакової ємності з'єднано послідовно. Як зміниться ємність батареї конденсаторів, якщо їх з'єднати паралельно?

А Збільшиться в 4 рази	Б Збільшиться у 2 рази	В Зменшиться в 4 рази	Г Зменшиться у 2 рази
------------------------	------------------------	-----------------------	-----------------------

24. До джерела живлення 160 В підключено три конденсатори (див. рисунок). Визначте напругу між обкладками другого конденсатора. $C_1 = 15 \text{ мкФ}$, $C_2 = 10 \text{ мкФ}$, $C_3 = 15 \text{ мкФ}$.



А 40 В	Б 60 В	В 80 В	Г 100 В
--------	--------	--------	---------

25. Напругу на обкладках конденсатора сталої ємності збільшують удвічі. Як зміниться енергія зарядженого конденсатора?

А Зменшиться в 4 рази	Б Зменшиться у 2 рази	В Збільшиться в 4 рази	Г Збільшиться у 2 рази
-----------------------	-----------------------	------------------------	------------------------

26. До зарядженого конденсатора паралельно приєднують ще два такі самі конденсатори, але розряджені. Як зміниться загальна енергія електричного поля конденсаторів?

А Зменшиться в 9 разів	Б Зменшиться в 3 рази	В Збільшиться в 3 рази	Г Збільшиться в 9 разів
------------------------	-----------------------	------------------------	-------------------------

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою.

Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією.

Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

27. Установіть відповідність між назвою фізичної величини та тим, що вона визначає.

1 Електричний заряд	А Силу, з якою електричне поле діє на заряд
2 Напруженість електричного поля	Б Спроможність тіл проводити електрику
3 Потенціал електричного поля	В Спроможність тіл до електромагнітної взаємодії
4 Електроємність	Г Спроможність тіл накопичувати електричний заряд
	Д Енергію, яку має заряд в електричному полі

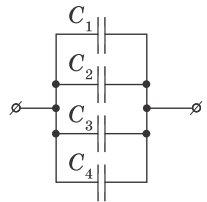
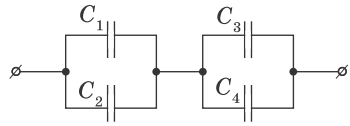
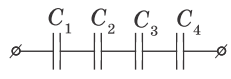
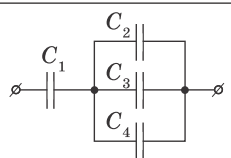
28. Установіть відповідність між описом ситуації та назвою спостережуваного явища.

1 Внесення шматка слюди в електричне поле	А Робота електричного поля з перенесення заряду
2 Натирання ебонітової палички вовною	Б Поляризація діелектрика
3 Наближення до металеві кулі наелектризованої ебонітової палички	В Електростатична індукція
4 Прискорення електронів між обкладками зарядженого конденсатора	Г Розрядження конденсатора
	Д Електризація тертям

29. Установіть відповідність між формулами та величинами, які можна обчислити за цими формулами.

1 $k \frac{q_1 q_2}{r^2}$	А Напруженість електричного поля точкового заряду
2 $k \frac{q}{r^2}$	Б Ємність плоского конденсатора
3 $\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$	В Енергія зарядженого конденсатора
4 $\frac{CU^2}{2}$	Г Кулонівська сила взаємодії двох точкових зарядів
	Д Робота електричного поля з переміщення заряду

30. Установіть відповідність між принциповими електричними схемами з'єднання чотирьох конденсаторів та формулами для визначення їхньої загальної ємності.

1 	А $C = \frac{(C_1 + C_2)(C_3 + C_4)}{C_1 + C_2 + C_3 + C_4}$
2 	Б $C = \frac{C_1 C_2 C_3 C_4}{C_1 C_2 C_3 + C_1 C_3 C_4 + C_1 C_2 C_4 + C_2 C_3 C_4}$
3 	В $C = \frac{C_1(C_2 + C_3 + C_4)}{C_1 + C_2 + C_3 + C_4}$
4 	Г $C = \frac{C_1 C_2 (C_3 + C_4)}{C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3 + C_2 C_4}$
	Д $C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$



ЗАКОНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Основні формули

Сила струму

$$I = \frac{q}{t};$$

Опір провідника

$$R = \rho \frac{l}{S};$$

Напруга

$$U = \frac{A}{q};$$

Закон Ома для ділянки кола

$$I = \frac{U}{R};$$

Послідовне з'єднання провідників

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_N;$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_N;$$

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_N;$$

Паралельне з'єднання провідників

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_N;$$

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_N;$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}.$$

ЕРС джерела струму

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{стор}}}{q};$$

Закон Ома для повного кола

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r};$$

I закон Кірхгофа

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_N;$$

II закон Кірхгофа

$$\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \dots + \mathcal{E}_N = I_1 R_1 + I_2 R_2 + \dots + I_M R_M;$$

Робота електричного струму:

$$A = qU = IUt;$$

— у разі виконання закону Ома

$$A = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t;$$

Закон Джоуля — Ленца

$$Q = I^2 R t.$$

Варіант 1

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише **ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ**.
Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією.
Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

1. Згідно із законом Ома для ділянки кола, сила струму через відрізок металевого дроту, підключеного до джерела живлення, прямо пропорційна:
- А довжині відрізка дроту
 - Б опору відрізка дроту
 - В температурі дроту
 - Г напрузі на клеммах джерела

2. Яка з наведених формул є математичним записом визначення напруги?

А $U = IR$	Б $U = \frac{A}{q}$	В $U = \frac{P}{I}$	Г $U = \sqrt{\frac{AR}{\Delta t}}$
------------	---------------------	---------------------	------------------------------------

3. Яка з наведених формул є математичним записом закону Джоуля — Ленца?

А $I = \frac{U}{R}$	Б $I = \frac{q}{t}$	В $R = \rho \frac{l}{S}$	Г $Q = I^2 R \Delta t$
---------------------	---------------------	--------------------------	------------------------

4. Який опір має відрізок алюмінієвого дроту довжиною 1962,5 м, якщо радіус його перерізу становить 2,5 мм?

А 7 мОм	Б 2,8 Ом	В 7 Ом	Г 28 Ом
---------	----------	--------	---------

5. Якою має бути довжина константової дротини з площею перерізу 0,2 мм², щоб із неї можна було виготовити нагрівний елемент опором 500 Ом?

А 20 см	Б 2 м	В 20 м	Г 200 м
---------	-------	--------	---------

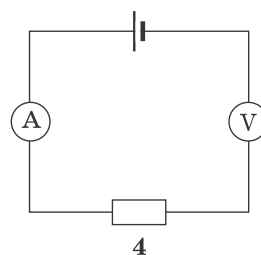
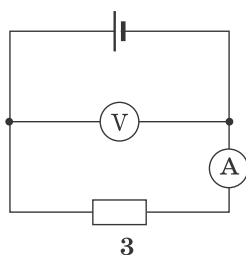
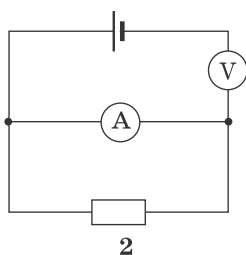
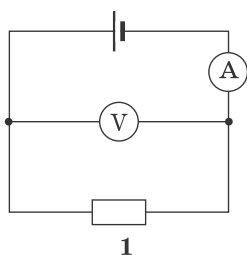
6. Яким є питомий опір матеріалу, з якого виготовлена спіраль нагрівного елемента потужністю 2200 Вт? Довжина спіралі — 11 м, поперечний переріз — 0,21 мм², напруга в мережі — 220 В.

А $0,55 \cdot 10^{-7}$ Ом·м	Б $4,2 \cdot 10^{-7}$ Ом·м	В $5 \cdot 10^{-7}$ Ом·м	Г $11 \cdot 10^{-7}$ Ом·м
-----------------------------	----------------------------	--------------------------	---------------------------

7. Вольтметр має:

- А малий опір і підключається до ділянки кола паралельно
- Б великий опір і підключається до ділянки кола паралельно
- В малий опір і підключається до ділянки кола послідовно
- Г великий опір і підключається до ділянки кола послідовно

8. Яка зі схем дозволяє виміряти опір резистора якомога точніше? Амперметр та вольтметр реальні, тобто мають скінченні опори, опір резистора співмірний опору вольтметра.



А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

9. Під час виготовлення амперметра з гальванометра до останнього було паралельно підключено шунта, який:

- А зменшив загальний опір та збільшив чутливість приладу
- Б зменшив загальний опір та зменшив чутливість приладу
- В збільшив загальний опір та зменшив чутливість приладу
- Г збільшив загальний опір та збільшив чутливість приладу

10. Під час виготовлення вольтметра до гальванометра, опір якого — R , було послідовно підключено додатковий резистор nR . Як змінилася ціна поділки отриманого приладу?

А Зменшилася в n разів	Б Зменшилася в $n+1$ разів	В Збільшилася в $n+1$ разів	Г Збільшилася в n разів
--------------------------	----------------------------	-----------------------------	---------------------------

11. Яке співвідношення завжди виконується за паралельного з'єднання двох резисторів R_1 і R_2 різного опору?

А $I_1 = I_2$	Б $U_1 = U_2$	В $P_1 = P_2$	Г $Q_1 = Q_2$
---------------	---------------	---------------	---------------

12. Яке співвідношення завжди виконується за послідовного з'єднання N резисторів різного опору?

А $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$

Б $R = R_1 + R_2 + \dots + R_N$

В $I = I_1 + I_2 + \dots + I_N$

Г $U = U_1 = U_2 = \dots = U_N$

13. Визначте (в омах) максимальний опір, який можна отримати з трьох резисторів опороми 2 Ом, 4 Ом, 6 Ом.

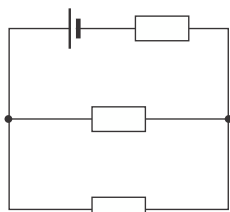
А 1 Ом	Б 5 Ом	В 12 Ом	Г 18 Ом
--------	--------	---------	---------

14. Ділянка кола складається з двох резисторів $R_1 = 100$ Ом і $R_2 = 300$ Ом, які ввімкнено послідовно (див. рисунок). Яка напруга діє на ділянці кола, якщо через перший резистор протікає струм 24 мА?

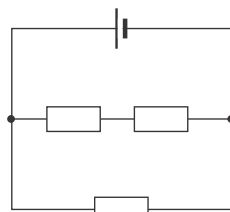


А 2,4 В	Б 4,8 В	В 7,2 В	Г 9,6 В
---------	---------	---------	---------

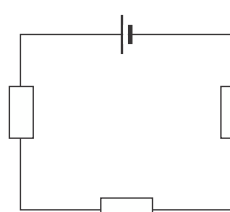
15. До джерела струму підключили три однакові резистори. За якого з'єднання резисторів (див. рисунок) сила струму через джерело буде найбільшою?



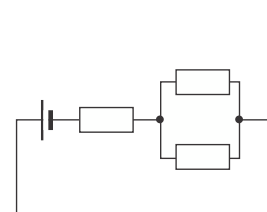
1



2



3



4

А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

16. При короткому замиканні кола:

- А сила струму через джерело зменшується
- Б напруга на затискачах джерела збільшується
- В ЕРС джерела струму збільшується
- Г падіння напруги на внутрішньому опорі джерела збільшується

17. До джерела струму із внутрішнім опором $0,4 \text{ Ом}$ та ЕРС $3,6 \text{ В}$ підключено резистор опором $11,6 \text{ Ом}$. Визначте силу струму в колі.

А $0,3 \text{ А}$	Б $0,36 \text{ А}$	В $3,3 \text{ А}$	Г $10,8 \text{ А}$
-------------------	--------------------	-------------------	--------------------

18. Обчисліть ЕРС джерела струму з внутрішнім опором $0,2 \text{ Ом}$, якщо в разі підключення до нього резистора опором $6,8 \text{ Ом}$ сила струму в колі становить 2 А .

А $0,4 \text{ В}$	Б $13,6 \text{ В}$	В 14 В	Г $17,6 \text{ В}$
-------------------	--------------------	------------------	--------------------

19. До джерела струму спочатку підключили резистор 8 Ом , а потім послідовно з ним — ще один такий самий. Під час підключення одного резистора сила струму через джерело становила 2 А , а після підключення другого резистора стала $1,2 \text{ А}$. Обчисліть ЕРС джерела струму.

А 16 В	Б $19,2 \text{ В}$	В 24 В	Г 32 В
------------------	--------------------	------------------	------------------

20. Яку потужність має електричний струм в автомобільній лампі, якщо напруга в бортовій мережі автомобіля — $14,4 \text{ В}$, а сила струму через лампу складає $7,5 \text{ А}$?

А $1,9 \text{ Вт}$	Б $27,6 \text{ Вт}$	В 108 Вт	Г 810 Вт
--------------------	---------------------	--------------------	--------------------

21. Опір електричного нагрівника становить 11 Ом . До мережі якої напруги потрібно підключити нагрівник, щоб потужність електричного струму в ньому становила $4,4 \text{ кВт}$?

А $36,4 \text{ В}$	Б 220 В	В 400 В	Г $48,4 \text{ кВ}$
--------------------	-------------------	-------------------	---------------------

22. Яку роботу виконує струм $1,5 \text{ А}$ у нагрівному елементі електричного чайника за 5 хв ? Чайник підключено до мережі з напругою 220 В .

А $1,65 \text{ кДж}$	Б 44 кДж	В 99 кДж	Г $148,5 \text{ кДж}$
----------------------	--------------------	--------------------	-----------------------

23. В електричному чайнику за 10 хв можна нагріти 1 л води на $10 \text{ }^\circ\text{С}$. Скільки води можна нагріти на $10 \text{ }^\circ\text{С}$ за ті самі 10 хв у двох таких електричних чайниках, які ввімкнено до мережі послідовно? Залежність опору нагрівачів чайників від температури не враховуйте, напруга в мережі в першому й другому випадках однакова. Тепловими втратами знехтуйте.

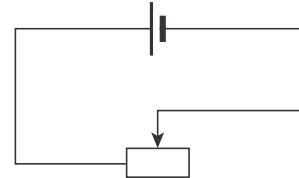
А $0,5 \text{ л}$	Б 1 л	В 2 л	Г 4 л
-------------------	-----------------	-----------------	-----------------

24. ККД джерела струму — це:

- А відношення напруги на клеммах джерела до його ЕРС
- Б відношення сили струму в зовнішньому колі до сили струму через джерело
- В відношення падіння напруги на внутрішньому опорі джерела до ЕРС джерела
- Г відношення падіння напруги на внутрішньому опорі джерела до напруги на його клеммах

25. Джерело струму та реостат складають електричне коло (див. рисунок), силу струму в якому можна регулювати за допомогою пересування повзунка реостата. Повзунок реостата починають рухати вправо. Оберіть правильне твердження.

- А Сила струму через джерело зростає
 Б Напруга на клеммах джерела зростає
 В Корисна потужність струму не змінюється
 Г ЕРС джерела зменшується



26. З якою швидкістю рухається тролейбус, якщо сила струму в обмотках його двигуна становить 400 А, напруга контактної мережі — 550 В? Маса тролейбуса — 11 т, коефіцієнт опору руху — 0,1.

А 5 м/с	Б 10 м/с	В 20 м/с	Г 25 м/с
---------	----------	----------	----------

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою.

Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією.

Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

27. Установіть відповідність між назвою фізичної величини та її одиницями.

1 Внутрішній опір джерела	А В
2 ЕРС	Б А
3 Сила струму	В Ом
4 Питомий опір провідника	Г Ом·м
	Д Дж

28. Установіть відповідність між назвами фізичних величин та формулами, які є математичним записом визначення цих величин.

1 Сила струму	А $Q = I^2 R \Delta t$
2 Напруга	Б $\mathcal{E} = \frac{A_{\text{стор}}}{q}$
3 Опір провідника	В $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$
4 ЕРС	Г $U = \frac{A}{q}$
	Д $R = \rho \frac{l}{S}$

29. Установіть відповідність між елементами електричного кола і його властивостями або призначенням.

1 Джерело струму	А Ділянка кола, на якій здійснюється робота кулонівських сил із розділення електричних зарядів
2 Нагрівний елемент електричного чайника	Б Ділянка кола, яка може змінювати опір від найменшого до практично нескінченного
3 З'єднувальні провідники	В Ділянка кола, на якій здійснюється робота сторонніх сил з розділення електричних зарядів
4 Вимикач	Г Ділянка кола, яка має помітний опір
	Д Ділянка кола, яка має найменший опір

30. Установіть відповідність між прикладами з'єднань резисторів та формулами, які дозволяють обчислити загальний опір кожного з'єднання.

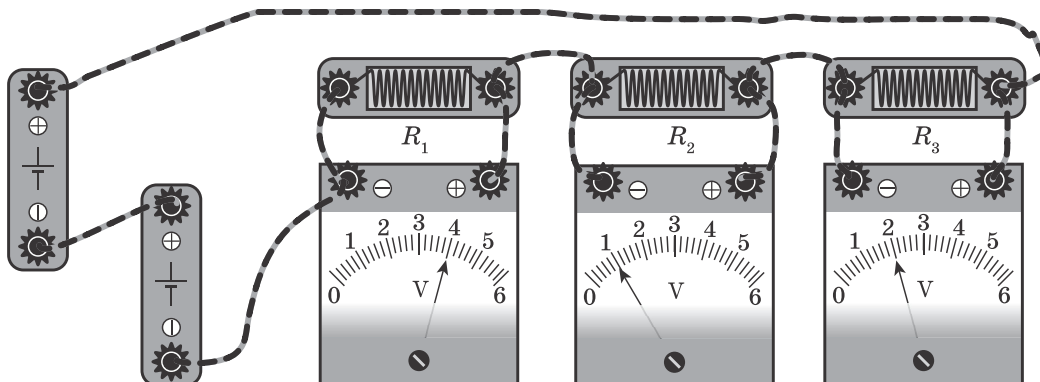
1	А $R = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4}$
2	Б $R = R_1 + \frac{R_2 R_3 R_4}{R_2 R_3 + R_3 R_4 + R_2 R_4}$
3	В $R = \frac{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$
4	Г $R = \frac{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$
	Д $R = R_1 + R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$

У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)

31. Два резистори спочатку з'єднали послідовно, а потім паралельно. Опори з'єднань становили 120 Ом та 22,5 Ом. Визначте (в омах) опір більшого резистора.

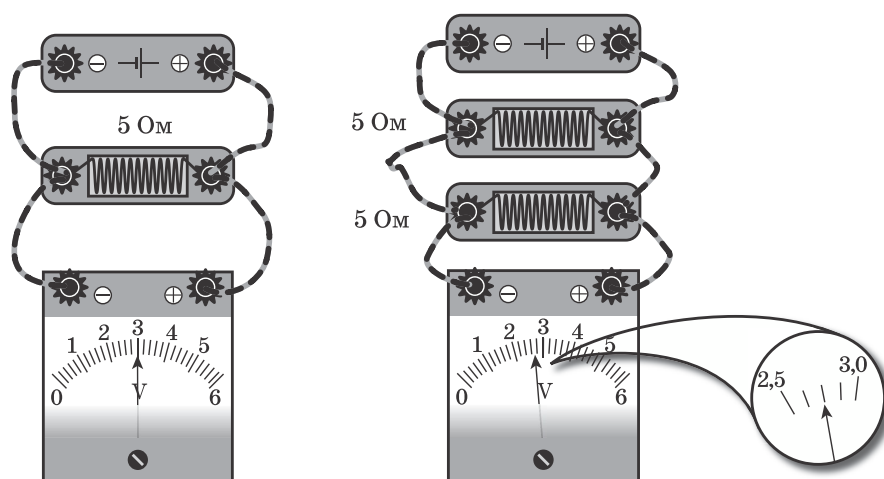
Відповідь: _____

32. Під час проведення досліду учень склав електричне коло (див. рисунок). Визначте (в омах) за даними досліду опір резистора R_1 , якщо опір резистора R_2 дорівнює 10 Ом.



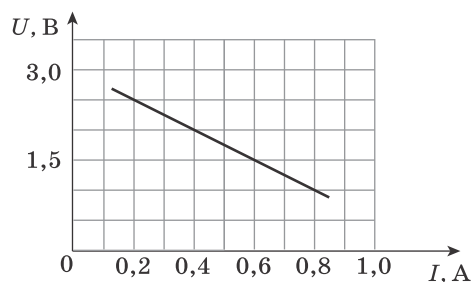
Відповідь: _____

33. Під час виконання лабораторної роботи учень за допомогою вольтметра двічі визначив напругу на зовнішній ділянці електричного кола (див. рисунок). Визначте (у вольтах) за даними досліду ЕРС джерела струму.



Відповідь: _____

34. Під час виконання роботи фізпрактикуму учень отримав вольт-амперну характеристику джерела струму й побудував відповідний графік (див. рисунок). Визначте за графіком ЕРС джерела струму (у вольтах).



Відповідь: _____

35. Визначте (у метрах) довжину ніхромового дроту з площею перерізу $0,25 \text{ мм}^2$, з якого виготовлено нагрівник електричного чайника. Чайник живиться від мережі з напругою 220 В і нагріває $1,5 \text{ л}$ води від 25 до $100 \text{ }^\circ\text{C}$ за 5 хв . ККД чайника становить 50% .

Відповідь: _____

36. Двигун ліфта працює від мережі 220 В . Його ККД становить 80% . Визначте (в амперах) силу струму, який споживає двигун ліфта під час рівномірного підйому кабіни масою 500 кг зі швидкістю 2 м/с . Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Відповідь: _____





БЛАНК ВІДПОВІДЕЙ

A

Увага! Відмічайте тільки один варіант відповіді у рядку варіантів відповідей до кожного завдання. Дотримуйтесь, будь ласка, правил запису відповідей. У завданнях 31–36 правильну відповідь запишіть, враховуючи положення коми, по одній цифрі в кожному білому прямокутнику. Знак «мінус» запишіть в окремому білому прямокутнику ліворуч від цифри.

Наприклад: правильно записане число 2 матиме такий вигляд:

		2		

чи такий:

		2	0	

правильно записане число 2,5 матиме такий вигляд:

		2	,	5	

правильно записане число -2,05 матиме такий вигляд:

		-	2	,	0	5

Неправильно записане число 2,5 має такий вигляд:

2				,	5	

чи такий:

		2			5

У завданнях 1–30 правильну відповідь позначайте тільки так:

Якщо ви позначили відповідь до котрогось із завдань 1–30 неправильно, то можете її виправити, замалювавши попередню позначку та поставивши нову, як показано на зразку:

	А	Б	В	Г	Д
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г	
1						7					13					19					25				
2						8					14					20					26				
3						9					15					21									
4						10					16					22									
5						11					17					23									
6						12					18					24									

	А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д	
27	1					28	1					29	1					30	1					
	2						2						2						2					
	3						3						3						3					
	4						4						4						4					

Приклад написання цифр: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 -

У завданнях 31–36 відповідь запишіть цифрами, враховуючи положення коми.

31					,					33					,					35					,					
32					,					34					,						36					,				

Місце виправлення помилкової відповіді

Щоб виправити відповідь до котрогось із завдань 31–36, запишіть нову відповідь у відповідних клітинках.

31					,					33					,					35					,					
32					,					34					,						36					,				

ЗАКОНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Основні формули

Сила струму

$$I = \frac{q}{t};$$

Опір провідника

$$R = \rho \frac{l}{S};$$

Напруга

$$U = \frac{A}{q};$$

Закон Ома для ділянки кола

$$I = \frac{U}{R};$$

Послідовне з'єднання провідників

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_N;$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_N;$$

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_N;$$

Паралельне з'єднання провідників

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_N;$$

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_N;$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}.$$

ЕРС джерела струму

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{стор}}}{q};$$

Закон Ома для повного кола

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r};$$

I закон Кірхгофа

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_N;$$

II закон Кірхгофа

$$\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \dots + \mathcal{E}_N = I_1 R_1 + I_2 R_2 + \dots + I_M R_M;$$

Робота електричного струму:

$$A = qU = IUt;$$

— у разі виконання закону Ома

$$A = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t;$$

Закон Джоуля — Ленца

$$Q = I^2 R t.$$

Варіант 2

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише **ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ**.
Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією.
Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

1. Яка з наведених формул є математичним записом визначення сили струму?

А $I = \sqrt{\frac{A}{R\Delta t}}$	Б $I = \frac{U}{R}$	В $I = \frac{q}{t}$	Г $I = \frac{P}{U}$
------------------------------------	---------------------	---------------------	---------------------

2. Напруга на відрізку металевого дроту під час протікання по ньому постійного струму прямо пропорційна:

А температури дроту	Б силі струму через дріт	В площі перерізу дроту	Г діаметру дроту
---------------------	--------------------------	------------------------	------------------

3. Яка з наведених формул є математичним записом закону Ома для ділянки кола?

А $A = IU\Delta t$	Б $I = \frac{U}{R}$	В $P = IU$	Г $U = \frac{A}{q}$
--------------------	---------------------	------------	---------------------

4. Мідна дротина довжиною 200 м має опір 3,4 мОм. Якою є площа перерізу цієї дротини?

А 0,01 мм ²	Б 0,1 мм ²	В 1 мм ²	Г 10 мм ²
------------------------	-----------------------	---------------------	----------------------

5. Який питомий опір має матеріал проволочки з площею перерізу 0,4 мм², якщо 150 м цієї проволочки мають опір 90 Ом?

А $2,4 \cdot 10^{-7}$ Ом·м	Б $2,4 \cdot 10^{-4}$ Ом·м	В $6,7 \cdot 10^{-1}$ Ом·м	Г $3,4 \cdot 10^4$ Ом·м
----------------------------	----------------------------	----------------------------	-------------------------

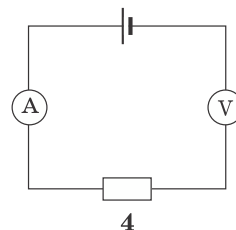
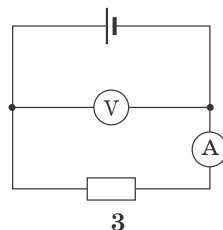
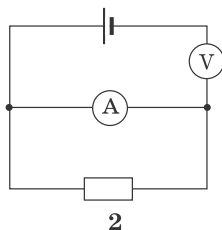
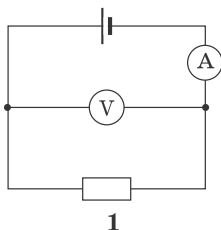
6. Яким є питомий опір матеріалу, з якого виготовлена спіраль нагрівного елемента потужністю 1100 Вт. Довжина спіралі — 24 м, поперечний переріз — 0,12 мм², сила струму в спіралі — 5 А.

А $0,55 \cdot 10^{-7}$ Ом·м	Б $2,2 \cdot 10^{-7}$ Ом·м	В $4,2 \cdot 10^{-7}$ Ом·м	Г $5 \cdot 10^{-7}$ Ом·м
-----------------------------	----------------------------	----------------------------	--------------------------

7. Амперметр має:

- А малий опір і підключається до ділянки кола послідовно
- Б малий опір і підключається до ділянки кола паралельно
- В великий опір і підключається до ділянки кола паралельно
- Г великий опір і підключається до ділянки кола послідовно

8. Яка зі схем дозволяє виміряти опір резистора якомога точніше? Амперметр та вольтметр реальні, тобто мають скінченні опори, опір резистора співмірний опору амперметра.



А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

9. Під час виготовлення вольтметра з гальванометра до останнього було послідовно підключено додаткового резистора, який

- А збільшив загальний опір та зменшив чутливість приладу
- Б збільшив загальний опір та збільшив чутливість приладу
- В зменшив загальний опір та збільшив чутливість приладу
- Г зменшив загальний опір та зменшив чутливість приладу

10. Під час виготовлення амперметра до гальванометра, опір якого — R , було паралельно підключено шунт опором $\frac{R}{n}$. Як змінилася ціна поділки отриманого приладу?

А Збільшилася в n разів	Б Збільшилася в $n+1$ разів	В Зменшилася в $n+1$ разів	Г Зменшилася в n разів
---------------------------	-----------------------------	----------------------------	--------------------------

11. Яке співвідношення завжди виконується за послідовного з'єднання двох резисторів R_1 і R_2 різного опору?

А $I_1 = I_2$	Б $U_1 = U_2$	В $P_1 = P_2$	Г $Q_1 = Q_2$
---------------	---------------	---------------	---------------

12. Яке співвідношення завжди виконується за паралельного з'єднання N резисторів різного опору?

А $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$

Б $R = R_1 + R_2 + \dots + R_N$

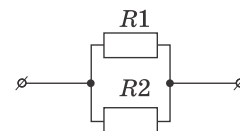
В $I = I_1 = I_2 = \dots = I_N$

Г $U = U_1 + U_2 + \dots + U_N$

13. Визначте (в омах) мінімальний опір, який можна отримати з трьох резисторів опороми 10 Ом, 20 Ом, 30 Ом.

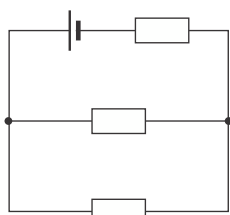
А 5 Ом	Б 5,5 Ом	В 22 Ом	Г 60 Ом
--------	----------	---------	---------

14. Ділянка кола складається з двох резисторів $R_1 = 60$ Ом і $R_2 = 90$ Ом, які ввімкнено паралельно (див. рисунок). Яка сила струму протікає через ділянку кола, якщо напруга на першому резисторі дорівнює 18 В?

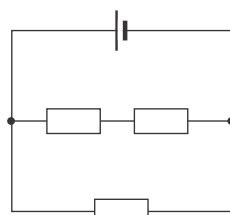


А 0,5 А	Б 0,3 А	В 0,2 А	Г 0,12 А
---------	---------	---------	----------

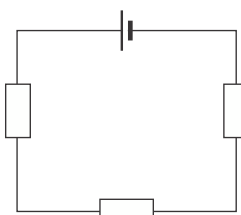
15. До джерела струму підключили три однакові резистори. За якого з'єднання резисторів напруга на клеммах джерела буде найбільшою?



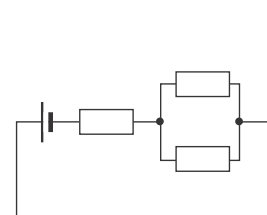
1



2



3



4

А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

16. У разі розмикання кола:

- А сила струму через джерело збільшується
- Б напруга на затискачах джерела збільшується
- В ЕРС джерела струму збільшується
- Г падіння напруги на внутрішньому опорі джерела збільшується

17. До джерела струму з ЕРС 7,2 В та внутрішнім опором 0,5 Ом підключено резистор опором 5,5 Ом. Визначте напругу на резисторі.

А 5,5 В	Б 6 В	В 6,6 В	Г 12,7 В
---------	-------	---------	----------

18. Обчисліть ЕРС джерела струму з внутрішнім опором 0,3 Ом, якщо в разі підключення до нього резистора опором 11,7 Ом напруга на клеммах джерела становить 23,4 В.

А 24,6 В	Б 24 В	В 22,8 В	Г 0,6 В
----------	--------	----------	---------

19. До джерела струму спочатку підключили резистор 24 Ом, а потім паралельно з ним — ще один такий самий. За підключення одного резистора сила струму через джерело становила 1 А, а після підключення другого резистора стала 1,8 А. Обчисліть внутрішній опір джерела струму.

А 0,125 Ом	Б 3 Ом	В 12 Ом	Г 24 Ом
------------	--------	---------	---------

20. Опір електричного чайника — 22 Ом. Напруга, за якої він працює, — 220 В. Визначте потужність струму, яку споживає чайник.

А 2,2 Вт	Б 10 Вт	В 2200 Вт	Г 4840 Вт
----------	---------	-----------	-----------

21. На цоколі лампи розжарення написано: «48 В, 96 Вт». Яка сила струму має протікати через нитку розжарення лампи, щоб вона працювала за номінальної потужності?

А 0,5 А	Б 2 А	В 24 А	Г 192 А
---------	-------	--------	---------

22. Яку роботу виконує струм в електродвигуні підйомника за 20 с, якщо за напруги 380 В сила струму у двигуні дорівнює 25 А.

А 304 Дж	Б 475 Дж	В 190 кДж	Г 4,75 МДж
----------	----------	-----------	------------

23. В електричному чайнику за 10 хв можна нагріти 0,2 л води на 10 °С. Скільки води можна нагріти на 10 °С за ті самі 10 хв у цьому чайнику, якщо збільшити напругу в мережі удвічі? Залежність опору нагрівача чайнику від температури не враховуйте. Тепловими втратами знехтуйте.

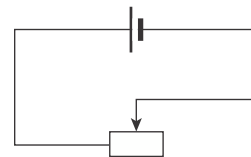
А 0,1 л	Б 0,2 л	В 0,4 л	Г 0,8 л
---------	---------	---------	---------

24. Потужність втрат джерела струму — це:

- А добуток квадрата сили струму через джерело та опору зовнішнього кола
- Б добуток квадрата сили струму через джерело та загального опору кола
- В добуток квадрата сили струму через джерело та внутрішнього опору джерела
- Г добуток квадрата сили струму в зовнішньому колі та опору зовнішнього кола

25. Джерело струму та реостат складають електричне коло (див. рисунок), силу струму в якому можна регулювати за допомогою пересування повзунка реостата. Повзунок реостата починають рухати вліво. Оберіть правильне твердження.

- А Падіння напруги на внутрішньому опорі джерела зменшується
 Б Потужність втрат не змінюється
 В Внутрішній опір джерела зменшується
 Г Сила струму в зовнішньому колі зростає



26. Потяг метрополітену живиться від мережі з напругою 825 В. Якою є сила струму в обмотках електродвигунів потягу за швидкості руху 54 км/год? Маса потяга — 25 т, коефіцієнт опору руху — 0,05. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 33 А	Б 55 А	В 227 А	Г 660 А
--------	--------	---------	---------

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою.

Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією.

Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

27. Установіть відповідність між назвами фізичних величин та їхніми одиницями.

1 Напруга	А Дж
2 Робота електричного поля з перенесення заряду	Б Ом
3 Опір ділянки кола	В Вт
4 Потужність електричного струму	Г В
	Д А

28. Установіть відповідність назвами законів та формулами, які є математичними записами цих законів.

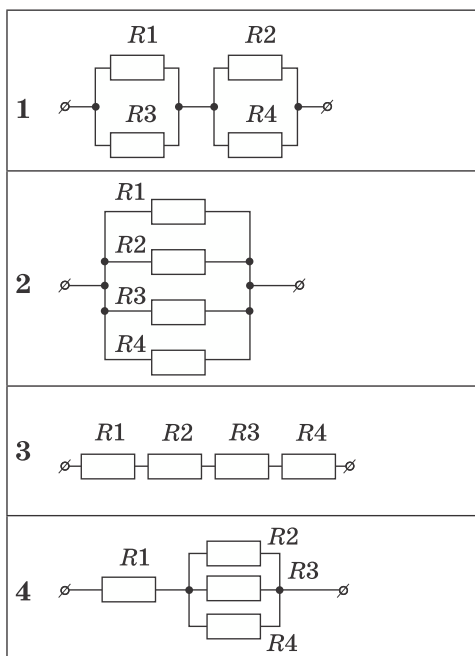
1 Закон Ома	А $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$
2 Закон Джоуля — Ленца	Б $A = IU\Delta t$
3 I закон Кірхгофа	В $I = \frac{U}{R}$
4 II закон Кірхгофа	Г $Q = I^2 R \Delta t$
	Д $\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \dots = I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 + \dots$

29. Установіть відповідність між назвами фізичних величин, якими описують протікання струму в колі, і тим, що ці величини в першу чергу характеризують. Джерелом струму в колі є батарея гальванічних елементів.

1	Сила електричного струму
2	Напруга на ділянці кола
3	ЕРС
4	Опір споживача

А	Довжину та площу перерізу з'єднувальних провідників
Б	Впорядкований рух носіїв заряду
В	Роботу кулонівських сил
Г	Роботу сторонніх сил
Д	Конструктивні особливості споживача

30. Установіть відповідність між прикладами з'єднань резисторів та формулами, які дозволяють обчислити загальний опір кожного з'єднання.



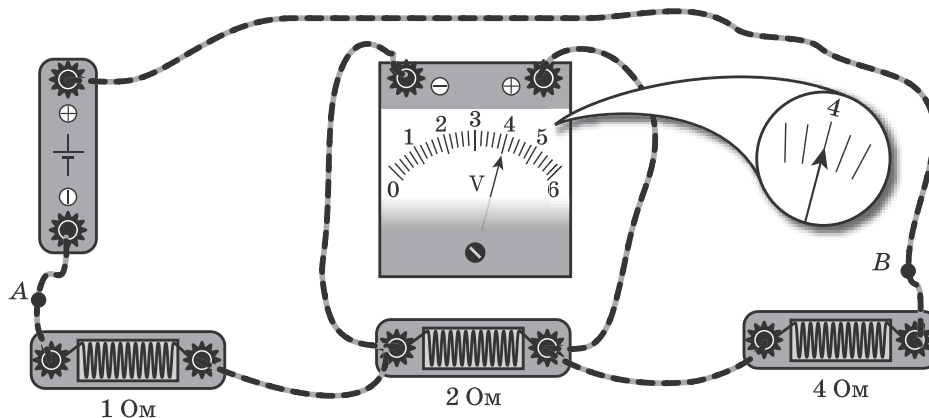
А	$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$
Б	$R = R_1 + \frac{R_2 R_3 R_4}{R_2 R_3 + R_3 R_4 + R_2 R_4}$
В	$R = \frac{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$
Г	$R = \frac{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$
Д	$R = \frac{R_1 R_2 R_3 R_4}{R_1 R_2 R_3 + R_1 R_3 R_4 + R_1 R_2 R_4 + R_2 R_3 R_4}$

У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)

31. Опір одного резистора більший за опір другого в 5 разів. Їх з'єднують спочатку послідовно, а потім паралельно. Визначте, у скільки разів відрізняється загальний опір з'єднань.

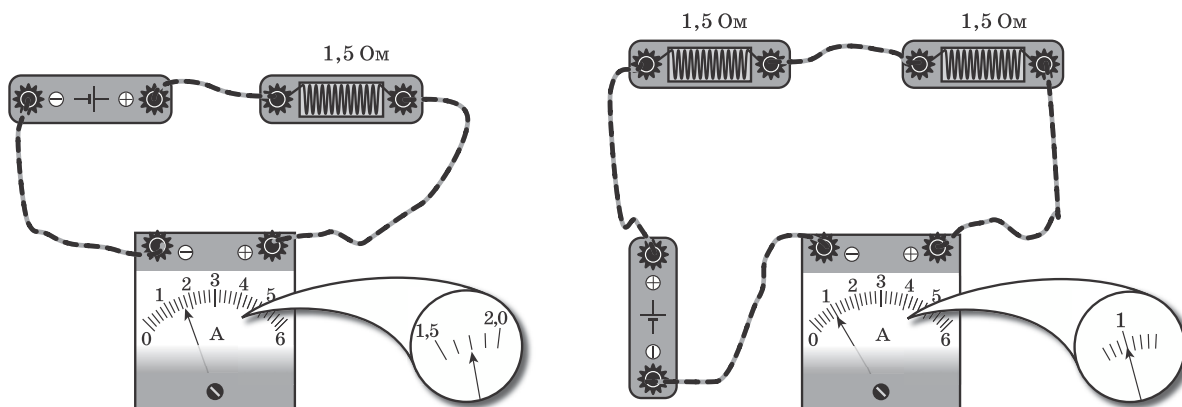
Відповідь: _____

32. Під час проведення досліду учень склав електричне коло (див. рисунок). Визначте (у вольтах) за даними досліду напругу між точками A і B .



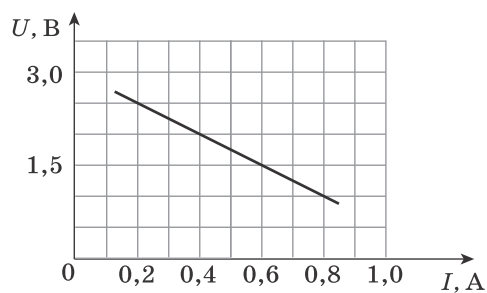
Відповідь: _____

33. Під час виконання лабораторної роботи учень за допомогою амперметра двічі визначив силу струму на зовнішній ділянці електричного кола (див. рисунок). Визначте (в омах) за даними досліду внутрішній опір джерела струму.



Відповідь: _____

34. Під час виконання роботи фізпрактикуму учень отримав вольт-амперну характеристику джерела струму й побудував відповідний графік (див. рисунок). Визначте за графіком внутрішній опір джерела струму (в омах).



Відповідь: _____

35. Визначте (у кілограмах) масу води, яку можна нагріти від 25 до 75 °С за 2 хв 40 с електричним нагрівачем, ККД якого становить 75 %. Нагрівач виготовлено з 11 м нікелінового дроту з площею перерізу 0,5 мм², живиться нагрівач від мережі 220 В.

Відповідь: _____

36. Напруга мережі, від якої працює електродвигун підйомного крану, дорівнює 380 В. Двигун споживає силу струму 39,5 А. Визначте (у відсотках) ККД підйомного крану, якщо елемент будівельної конструкції масою 2 т кран піднімає на висоту 25 м за 44,4 с. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Відповідь: _____





БЛАНК ВІДПОВІДЕЙ

A

Увага! Відмічайте тільки один варіант відповіді у рядку варіантів відповідей до кожного завдання. Дотримуйтесь, будь ласка, правил запису відповідей. У завданнях 31–36 правильну відповідь запишіть, враховуючи положення коми, по одній цифрі в кожному білому прямокутнику. Знак «мінус» запишіть в окремому білому прямокутнику ліворуч від цифри.

Наприклад: правильно записане число 2 матиме такий вигляд:

		2			чи такий:			2	,	0	
--	--	---	--	--	-----------	--	--	---	---	---	--

правильно записане число 2,5 матиме такий вигляд:

		2	,	5	
--	--	---	---	---	--

правильно записане число -2,05 матиме такий вигляд:

		-	2	,	0	5
--	--	---	---	---	---	---

Неправильно записане число 2,5 має такий вигляд:

2				,	5		чи такий:			2			5
---	--	--	--	---	---	--	-----------	--	--	---	--	--	---

У завданнях 1–30 правильну відповідь позначайте тільки так:

Якщо ви позначили відповідь до котрогось із завдань 1–30 неправильно, то можете її виправити, замалювавши попередню позначку та поставивши нову, як показано на зразку:

	А	Б	В	Г	Д
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г
1					7					13					19					25				
2					8					14					20					26				
3					9					15					21									
4					10					16					22									
5					11					17					23									
6					12					18					24									

	А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д
27	1					28	1					29	1					30	1				
	2						2						2						2				
	3						3						3						3				
	4						4						4						4				

Приклад написання цифр: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 -

У завданнях 31–36 відповідь запишіть цифрами, враховуючи положення коми.

31					,			33					,			35					,		
32					,			34					,			36					,		

Місце виправлення помилкової відповіді

Щоб виправити відповідь до котрогось із завдань 31–36, запишіть нову відповідь у відповідних клітинках.

31					,			33					,			35					,		
32					,			34					,			36					,		

МАГНІТНЕ ПОЛЕ. ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ІНДУКЦІЯ

Основні формули

Сила Ампера

$$F_A = IlB\sin\alpha;$$

Сила Лоренца

$$F_L = qvB\sin\alpha;$$

Магнітний потік

$$\Phi = BS\cos\alpha;$$

ЕРС електромагнітної індукції в контурі

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t};$$

ЕРС електромагнітної індукції в провіднику, що рухається в магнітному полі

$$\mathcal{E}_i = vLB\sin\alpha.$$

Індуктивність котушки

$$L = \frac{\Phi}{I};$$

ЕРС самоіндукції в контурі

$$\mathcal{E}_{st} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t};$$

Енергія магнітного поля котушки зі струмом

$$W = \frac{LI^2}{2}.$$

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ. Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією. Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

1. Яка сила діє на нерухомий протон у магнітному полі?

А Сила Ампера	Б Сила Кулона	В Сила Лоренца	Г Сила всесвітнього тяжіння
---------------	---------------	----------------	-----------------------------

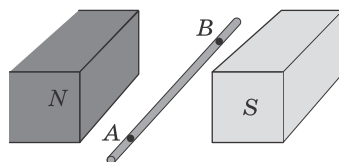
2. Ім'я кого з науковців має дослід зі спостереження взаємодії магнітної стрілки та провідника зі струмом?

А Ампера	Б Кулона	В Ерстеда	Г Торрічеллі
----------	----------	-----------	--------------

3. Під яким кутом до ліній індукції магнітного поля має рухатися електрон, щоб на нього не діяла сила Лоренца?

А 30°	Б 45°	В 90°	Г 180°
-------	-------	-------	--------

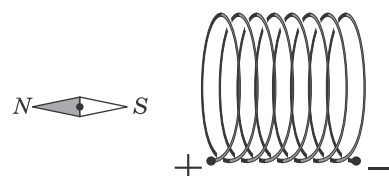
4. Між полюсами магніту (див. рисунок) знаходиться прямий відрізок дроту, по якому в напрямку від точки A до точки B тече електричний струм. У якому напрямку магнітне поле магніту діє на провід?



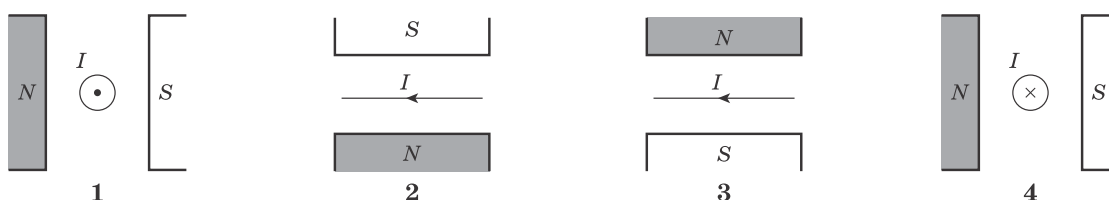
А Управо	Б Уліво	В Угору	Г Униз
----------	---------	---------	--------

5. На лабораторному столі розташовані котушка та магнітна стрілка (див. рисунок). Стрілка має можливість обертатися тільки в площині рисунка. Як поводитиметься стрілка після підключення котушки до джерела струму? Полярність підключення вказана на рисунку.

- А Повернеться на 180°
 Б Повернеться на 90° (за рухом годинникової стрілки)
 В Залишиться нерухомою
 Г Повернеться на 270° (за рухом годинникової стрілки)

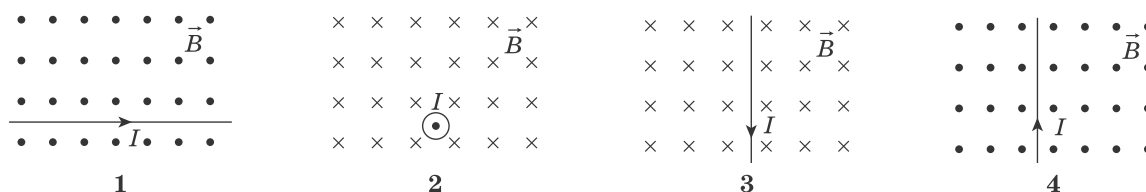


6. Укажіть, у якому випадку сила Ампера діє вниз на провідник зі струмом, який знаходиться між полюсами магніту.



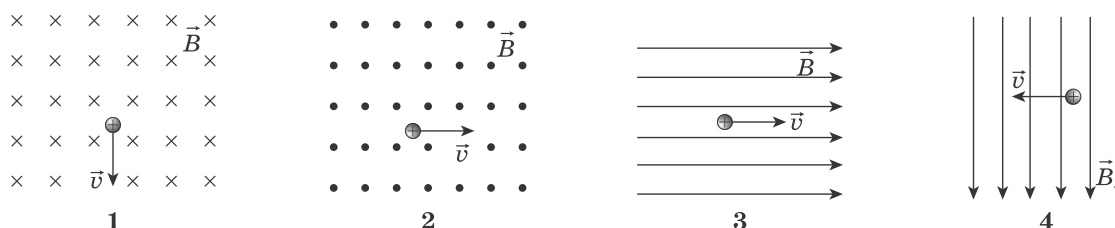
А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

7. Укажіть, у якому випадку на провідник зі струмом магнітне поле не діє.



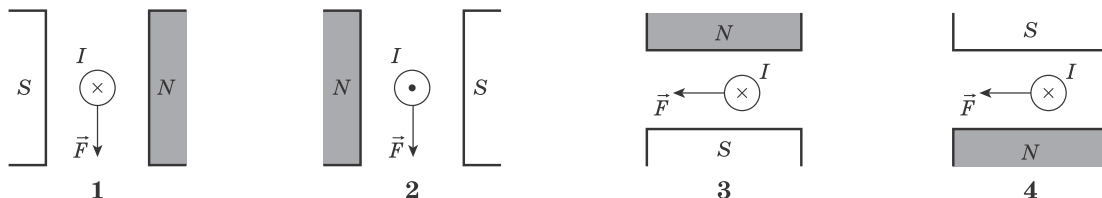
А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

8. Укажіть, у якому випадку на протон, що рухається в магнітному полі, це поле не діє.



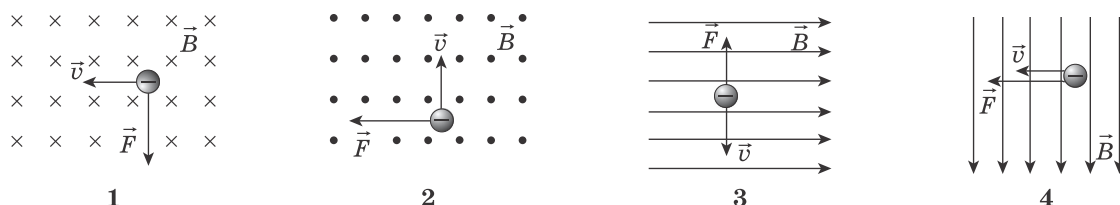
А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

9. Укажіть рисунок, на якому правильно вказано напрямок сили Ампера, що діє на провідник зі струмом у магнітному полі.



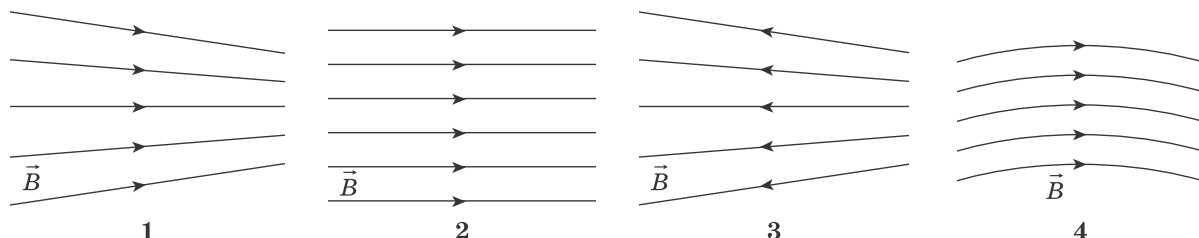
А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

10. Укажіть рисунок, на якому правильно вказано напрямок сили Лоренца, що діє на електрон, який рухається в магнітному полі.



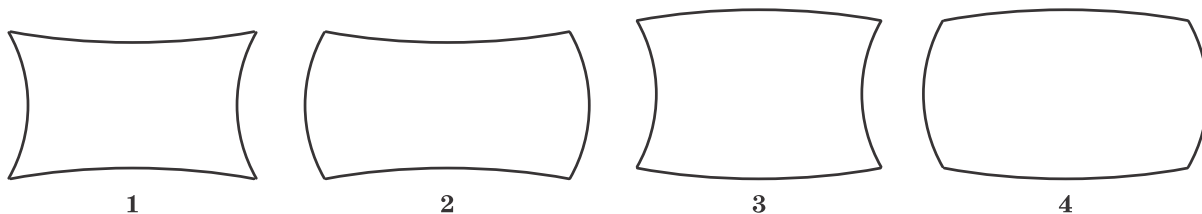
А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

11. На якому рисунку зображено однорідне магнітне поле?



А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

12. Прямокутник із гнучкого дроту підключено до джерела струму. Унаслідок магнітної взаємодії прямокутник змінив свою форму. Оберіть рисунок, який відповідає описаній взаємодії.



А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

13. Яка сила діє на провідник довжиною 0,5 м, який знаходиться в магнітному полі з індукцією 0,1 Тл за сили струму в ньому 4 А? Поле й струм взаємно перпендикулярні.

А 12,5 мН	Б 20 мН	В 200 мН	Г 800 мН
-----------	---------	----------	----------

14. Визначте індукцію магнітного поля, якщо в ньому на провідник довжиною 10 см, по якому проходить струм 50 А, діє сила 25 мН. Поле й струм взаємно перпендикулярні.

А 50 мкТл	Б 5 мТл	В 125 мТ	Г 12,5 Тл
-----------	---------	----------	-----------

15. Якою має бути довжина прямолінійного провідника, на який у магнітному полі з індукцією 250 мТл за сили струму в ньому 10 А діє сила 2 Н? Провідник повністю знаходиться в магнітному полі. Поле й провідник взаємно перпендикулярні.

А 0,8 мм	Б 0,8 м	В 1,25 м	Г 80 м
----------	---------	----------	--------

16. Яка сила Лоренца діє на позитивний заряд 2 нКл, що рухається в магнітному полі з індукцією 200 мТл зі швидкістю 2 км/с? Напрямок руху заряду перпендикулярний до напрямку ліній індукції магнітного поля.

А 5 пН	Б 0,8 мкН	В 20 мкН	Г $2 \cdot 10^{11}$ Н
--------	-----------	----------	-----------------------

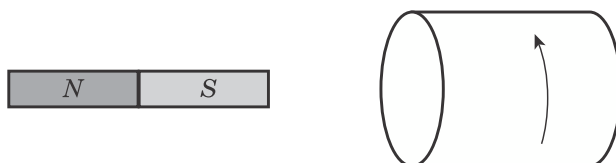
17. З якою швидкістю рухається заряд 50 нКл у магнітному полі індукцією 0,1 Тл, якщо на нього діє сила 20 мкН? Напрямок руху заряду перпендикулярний до напрямку ліній індукції магнітного поля.

А 0,1 нм/с	Б 10 нм/с	В 25 мкм/с	Г 4 км/с
------------	-----------	------------	----------

18. Магнітний потік усередині контуру з площею поперечного перерізу 20 см² становить 4 мВб. Визначте індукцію магнітного поля всередині контуру. Поле вважайте однорідним.

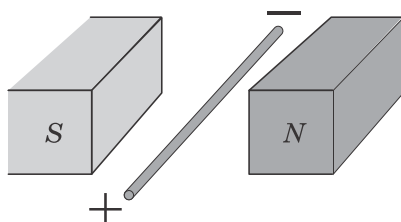
А 8 мкТл	Б 0,5 Тл	В 2 Тл	Г 8 Тл
----------	----------	--------	--------

19. У якому напрямку потрібно рухати стрічковий магніт відносно замкненої котушки, щоб у ній виник індукційний струм, напрям якого вказано на рисунку?



А Управо	Б Уліво	В Угору	Г Униз
----------	---------	---------	--------

20. Як потрібно рухати провідник між полюсами магніту, щоб у ньому виникла ЕРС електромагнітної індукції з полярністю, яку вказано на рисунку?



А Управо	Б Уліво	В Угору	Г Униз
----------	---------	---------	--------

21. ЕРС електромагнітної індукції, яка виникає в контурі під час зміни магнітного потоку на 2 Вб, дорівнює 4 В. Протягом якого часу спостерігалася ця ЕРС?

А 0,5 с	Б 2 с	В 8 с	Г 32 с
---------	-------	-------	--------

22. Потік магнітної індукції через площу поперечного перерізу котушки змінився на 0,04 Вб внаслідок зміни струму в котушці від 5 до 15 А. Визначте індуктивність котушки.

А 4 мГн	Б 0,4 Гн	В 250 Гн	Г 20 Гн
---------	----------	----------	---------

23. У магнітному полі з індукцією 20 мТл рухається металевий стрижень довжиною 2 м. Чому дорівнює швидкість стрижня, якщо на його кінцях спостерігається різниця потенціалів 0,2 В? Вектор швидкості стрижня утворює кут 90° із самим стрижнем та лініями індукції магнітного поля.

А 9 мм/с	Б 20 см/с	В 5 м/с	Г 20 м/с
----------	-----------	---------	----------

24. У котушці індуктивності струм рівномірно спадає від 15 до 10 А впродовж 0,25 с. Якою є індуктивність котушки, якщо при цьому ЕРС на її кінцях становила 20 В?

А 2,5 мГн	Б 1 Гн	В 16 Гн	Г 25 Гн
-----------	--------	---------	---------

25. Визначте різницю потенціалів, що виникає на кінцях крил літака, який рухається горизонтально зі швидкістю 900 км/год у магнітному полі Землі, індукція якого становить 50 мкТл і спрямована під кутом 60° до вертикалі. Розмах крил літака становить 10 м.

А 62,5 мВ	Б 108 мВ	В 225 мВ	Г 390 мВ
-----------	----------	----------	----------

26. Яка сила струму протікає в котушці, якщо енергія магнітного поля котушки становить 14,4 Дж? Індуктивність котушки дорівнює 0,2 Гн.

А 1,44 А	Б 2,88 А	В 12 А	Г 72 А
----------	----------	--------	--------

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою.

Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією.

Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

27. Установіть відповідність між назвами та одиницями фізичних величин.

1 Магнітний потік
2 Індукція магнітного поля
3 ЕРС електромагнітної індукції
4 Сила Ампера

А Дж
Б Тл
В Вб
Г В
Д Н

28. Установіть відповідність між назвами сил та формулами, за якими їх можна обчислити.

1 Сила Архімеда	А $F = qvB\sin\alpha$
2 Сила Кулона	Б $F = \rho gV$
3 Сила Лоренца	В $F = IlB\sin\alpha$
4 Сила Ампера	Г $F = \mu N$
	Д $F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$

29. Установіть відповідність між назвами дослідів та тим, що було відкрито під час цих дослідів.

1 Дослід Ерстеда	А Явище електромагнітної індукції
2 Дослід Фарадея	Б Магнітна взаємодія провідників зі струмом
3 Дослід Ампера	В Взаємодія нерухомих електричних зарядів
4 Дослід Кулона	Г Магнітна дія електричного струму
	Д Теплова дія електричного струму

30. Установіть відповідність між напрямками перетворення енергії та пристроями, в яких це перетворення відбувається.

1 Електрична — на механічну	А Індукційний генератор
2 Електрична — на внутрішню	Б Електродвигун
3 Механічна — на механічну	В Нагрівний елемент
4 Механічна — на електричну	Г Тепловий двигун
	Д Простий механізм

**У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)**

31. Горизонтальний провідник масою 20 г підвішено за кінці на двох дротах. Середня частина провідника довжиною 25 см знаходиться у вертикальному однорідному магнітному полі з індукцією 0,2 Тл. У провіднику протікає струм 4 А. Визначте (у градусах) кут, на який відхиляються проводи від вертикалі. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Відповідь: _____

32. Протон, який пройшов різницю потенціалів 10 кВ, влітає в однорідне магнітне поле з індукцією 0,5 Тл перпендикулярно до ліній індукції. Визначте (у сантиметрах) радіус кола, по якому рухається протон.

Відповідь: _____

33. Визначте (у десятках вольт) ЕРС електромагнітної індукції, що виникає в замкненій котушці, яка має 1000 витків, під час вимкнення магнітного поля протягом 0,25 мс. Індукція поля дорівнює 0,1 Тл, площа кожного витка котушки становить 20 см^2 , вісь котушки паралельна до ліній індукції поля.

Відповідь: _____

34. У котушці з індуктивністю 250 мГн за 5 мс сила струму зросла на 10 А. Визначте (у сотнях вольт) ЕРС самоіндукції, яка виникла в котушці.

Відповідь: _____

35. В обмотці котушки з індуктивністю 0,6 Гн сила струму дорівнює 5 А. Визначте (у кілоджоулях на кубічний метр) густину енергії магнітного поля котушки, якщо її об'єм — 150 см^3 .

Відповідь: _____

36. Визначте (в амперах) силу струму, яка проходить через котушку з індуктивністю 2 Гн, якщо енергія магнітного поля котушки становить 4 Дж.

Відповідь: _____





БЛАНК ВІДПОВІДЕЙ

Увага! Відмічайте тільки один варіант відповіді у рядку варіантів відповідей до кожного завдання. Дотримуйтесь, будь ласка, правил запису відповідей. У завданнях 31–36 правильну відповідь запишіть, враховуючи положення коми, по одній цифрі в кожному білому прямокутнику. Знак «мінус» запишіть в окремому білому прямокутнику ліворуч від цифри.

А

Наприклад: правильно записане число 2 матиме такий вигляд:

		2		
		,		

чи такий:

		2		0
		,		

правильно записане число 2,5 матиме такий вигляд:

		2		5
		,		

правильно записане число –2,05 матиме такий вигляд:

		–	2		0	5
			,			

Неправильно записане число 2,5 має такий вигляд:

2				5
				,

чи такий:

		2			5
				,	

У завданнях 1–30 правильну відповідь позначайте тільки так:

Якщо ви позначили відповідь до котрогось із завдань 1–30 неправильно, то можете її виправити, замалювавши попередню позначку та поставивши нову, як показано на зразку:

	А	Б	В	Г	Д
1	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
2					
3					
4					

	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		
1						7					13					19					25
2						8					14					20					26
3						9					15					21					
4						10					16					22					
5						11					17					23					
6						12					18					24					

	А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д	
27	1					28	1					29	1						30	1				
	2						2						2							2				
	3						3						3							3				
	4						4						4							4				

Приклад написання цифр: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 –

У завданнях 31–36 відповідь запишіть цифрами, враховуючи положення коми.

31					,						33					,					35					,					
32					,						34					,						36					,				

Місце виправлення помилкової відповіді

Щоб виправити відповідь до котрогось із завдань 31–36, запишіть нову відповідь у відповідних клітинках.

31					,						33					,					35					,					
32					,						34					,						36					,				

СТРУМ У РІЗНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Основні формули

Сила струму

$$I = enSv;$$

Залежність опору металевго провідника від температури

$$R = R_0(1 + \alpha t);$$

Закон Фарадея для електролізу

$$m = kq = kIt.$$

Електрохімічний еквівалент

$$k = \frac{M}{q_i N_A};$$

Швидкість вільних електронів у вакуумі

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}};$$

Умова йонізації електронним ударом

$$eE\lambda_{\text{проб}} = W_i.$$

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ. Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією. Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

1. Скільки електронів проходить щосекунди через переріз металевго провідника, якщо по ньому тече струм 3,2 А?

А $5 \cdot 10^{-20}$	Б $5,12 \cdot 10^{-19}$	В 2	Г $2 \cdot 10^{19}$
----------------------	-------------------------	-----	---------------------

2. Два дроти, виготовлені з однакового металу, з'єднали один з одним послідовно й підключили до батареї гальванічних елементів. Довжина першого дроту вдвічі більша за довжину другого, площа перерізу другого дроту вдвічі більша за площу перерізу першого. Порівняйте середню швидкість упорядкованого руху електронів у дротах.

- А У першому вдвічі більша, ніж у другому
Б Однакові
В У другому вдвічі більша за перший
Г У другому в чотири рази більша, ніж у першому

3. Два дроти, виготовлені з однакового металу, з'єднали один з одним паралельно й підключили до батареї гальванічних елементів. Довжина першого дроту вдвічі більша за довжину другого, площа перерізу другого дроту вдвічі більша за площу перерізу першого. Порівняйте середню швидкість упорядкованого руху електронів у дротах.

- А У першому вдвічі більша за другий
 Б У першому в чотири рази більша за другий
 В У другому вдвічі більша за перший
 Г У другому в чотири рази більша за перший

4. По металевому провіднику з площею перерізу 2 мм^2 тече струм 10 А . Чому дорівнює середня швидкість упорядкованого руху електронів у ньому? Концентрація електронів провідності дорівнює $8 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$.

А $3,2 \cdot 10^{-24} \text{ м/с}$	Б $3,9 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$	В $2,56 \text{ км/с}$	Г 256 км/с
------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------	----------------------

5. До якої температури треба нагріти алюмінієвий дріт, щоб його опір збільшився вдвічі? Початкова температура дорівнює $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

А $42 \text{ }^\circ\text{C}$	Б $84 \text{ }^\circ\text{C}$	В $238 \text{ }^\circ\text{C}$	Г $476 \text{ }^\circ\text{C}$
-------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

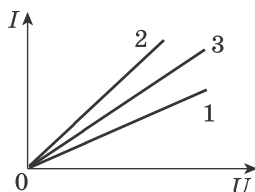
6. Визначте температуру вольфрамової нитки лампи розжарення, якщо за температури $0 \text{ }^\circ\text{C}$ її опір дорівнює 62 Ом . На цоколі лампи написано « $220 \text{ В}, 60 \text{ Вт}$ ». Температурний коефіцієнт опору для вольфраму дорівнює $0,0048 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

А $2300 \text{ }^\circ\text{C}$	Б $2500 \text{ }^\circ\text{C}$	В $2700 \text{ }^\circ\text{C}$	Г $3300 \text{ }^\circ\text{C}$
---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

7. Найчастіше лампи розжарення перегорять під час вмикання. Чому?

- А Під час вмикання відбувається механічний струс лампи й нитка обривається
 Б Під час вмикання відбувається різке теплове розширення нитки, і вона обривається
 В Під час вмикання сили Ампера розривають нитку розжарення лампи
 Г У холодному стані опір нитки малий, а під час вмикання сила струму занадто велика

8. Порівняйте температури однакових напівпровідникових терморезисторів, вольт-амперні характеристики яких зображені на рисунку.



А $T_1 < T_2 < T_3$	Б $T_1 > T_2 > T_3$	В $T_1 = T_2 = T_3$	Г $T_1 < T_2 > T_3$
---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

9. Яку провідність має чистий германій?

А Виключно електронну	Б Виключно діркову	В Електронно-діркову	Г Йонну
-----------------------	--------------------	----------------------	---------

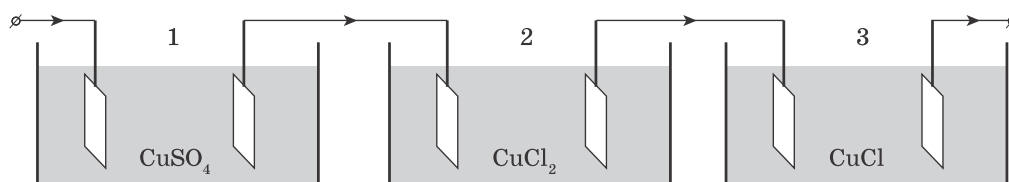
10. Що буде основним носієм вільних зарядів у кремнієвому кристалі після внесення туди індію як домішки?

А Дірки	Б Електрони	В Дірки та електрони	Г Позитивні йони
---------	-------------	----------------------	------------------

11. Після внесення домішки миш'яку в кристал германію концентрація електронів провідності стала $4 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$. Скільки в середньому атомів германію припадає на один атом миш'яку? Вважайте, що кожен атом домішки дав електрон провідності, концентрацію власних вільних носіїв зарядів не враховуйте.

А 49	Б $2,1 \cdot 10^6$	В $1,1 \cdot 10^8$	Г $7,95 \cdot 10^9$
------	--------------------	--------------------	---------------------

12. На рисунку зображено три електролітичні ванни. У якій ванні на катоді виділиться найбільша кількість міді?



А 1	Б 2	В 3	Г Однакова кількість
-----	-----	-----	----------------------

13. У процесі електролізу з водяного розчину хлориду заліза (FeCl) виділилося 560 мг заліза. Який заряд пройшов через електролітичну ванну?

А 480 Кл	Б 560 Кл	В 960 Кл	Г 1920 Кл
----------	----------	----------	-----------

14. Виконуючи роботу фізичного практикуму з визначення заряду електрона, учень протягом 18 хв пропускав електричний струм 10 А через розчин мідного купоросу. За час досліду маса катода збільшилася від 40 до 43,2 г. Яке значення заряду електрона отримав учень?

А $1,4 \cdot 10^{-19}$ Кл	Б $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл	В $1,8 \cdot 10^{-19}$ Кл	Г $3,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

15. Під час електролізу дихлориду міді (CuCl_2) виділилося 128 г міді. Визначте витрачену енергію, якщо напруга на затискачах електролітичної ванни становила 5 В.

А 0,96 МДж	Б 1,93 МДж	В 3,85 МДж	Г 7,7 МДж
------------	------------	------------	-----------

16. Знаючи молярну масу фтору (19 г/моль), обчисліть електрохімічний еквівалент фтору в розчині плавикової кислоти (HF)?

А $0,5 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл	Б $1 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл	В $2 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл	Г $4 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл
-----------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

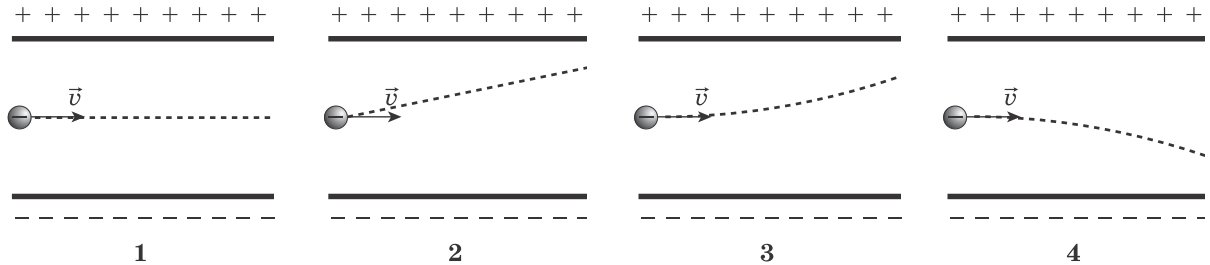
17. Якої швидкості набувають електрони в телевізійних кінескопах, якщо прискорююча різниця потенціалів сягає 25 кВ?

А $6,6 \cdot 10^7$ м/с	Б $9,4 \cdot 10^7$ м/с	В $4,4 \cdot 10^{15}$ м/с	Г $8,8 \cdot 10^{15}$ м/с
------------------------	------------------------	---------------------------	---------------------------

18. За який час електрон долає відстань 8 мм між катодом й анодом вакуумного діода, якщо анодна напруга дорівнює 120 В?

А 1,7 нс	Б 2,5 нс	В 218 нс	Г 308 нс
----------	----------	----------	----------

19. За якою траєкторією рухатиметься електрон, який влітає в заряджений конденсатор паралельно до його пластин (див. рисунок)?



А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

20. Електрон влітає в плоский конденсатор паралельно до його пластин зі швидкістю 10 Мм/с. Відстань між пластинами — 10 мм. Яку напругу потрібно прикласти до конденсатора, щоб на виході з нього пучок змістився на 2 мм? Довжина пластин — 5 см.

А $9,1 \cdot 10^{-7}$ В	Б 455 мВ	В 4,55 В	Г 9,1 В
-------------------------	----------	----------	---------

21. З яким прискоренням рухається електрон між пластинами конденсатора, який заряджено до напруги 200 В? Відстань між пластинами — 20 мм.

А $5,7 \cdot 10^{-8}$ м/с ²	Б $1,8 \cdot 10^7$ м/с ²	В $1,8 \cdot 10^{15}$ м/с ²	Г $3,5 \cdot 10^{15}$ м/с ²
--	-------------------------------------	--	--

22. У якому з джерел світла використовується розряд у газі?

А Люмінесцентна лампа	Б Палаюча свічка	В Лампа розжарення	Г Екран працюючого телевізора
-----------------------	------------------	--------------------	-------------------------------

23. Для зменшення втрат електроенергії на коронний розряд у високовольтних мережах прагнуть не використовувати деталі з гострими вістрями. Чому?

- А Поблизу зарядженого вістря напруженість електричного поля дуже висока, і повітря йонізується
- Б Заряджене вістря випромінює ультрафіолет і йонізує повітря
- В Заряджене вістря має велику електричну ємність і поглинає значну кількість електричної енергії
- Г Заряджене вістря притягує крапельки води з повітря, і по водяній плівці заряд стікає у землю

24. У якому з наведених прикладів джерелом світла є високотемпературна плазма?

- А Електричне зварювання
- Б Світіння екрана плазмового телевізора
- В Світіння лампи денного світла
- Г Світіння газової хмари навколо зорі

25. Як зміниться струм насичення в несамоствійному газовому розряді, якщо, не змінюючи дії зовнішнього йонізатора, зменшити відстань між електродами в газорозрядній трубці вдвічі?

А Зменшиться у 2 рази	Б Не зміниться	В Збільшиться у 2 рази	Г Збільшиться в 4 рази
-----------------------	----------------	------------------------	------------------------

26. У скляній розрядній трубці знаходиться криптон під зниженим тиском. Яку напругу потрібно прикласти до плоских паралельних електродів, що знаходяться всередині трубки, для видобуття самостійного розряду? Відстань між електродами — 4,3 см, потенціал йонізації атомів Криптану — 13,99 В, відстань вільного пробігу електронів — 100 мкм.

А 32,5 мВ	Б 13,99 В	В 6 кВ	Г 139,9 кВ
-----------	-----------	--------	------------

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою. Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією.

Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

27. Установіть відповідність між назвами речовин і вільними носіями зарядів у цих речовинах.

1 Метали	А Позитивні та негативні йони
2 Напівпровідники	Б Позитивні йони й електрони
3 Йонізовані гази	В Електрони
4 Розчини електролітів	Г Негативні йони й електрони
	Д Електрони та дірки

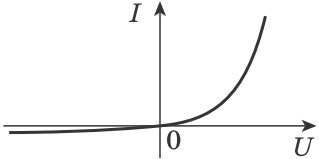
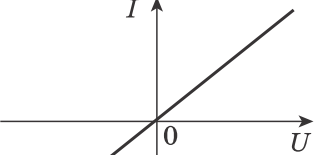
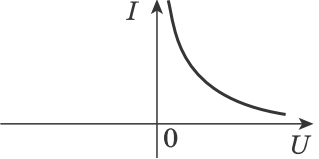
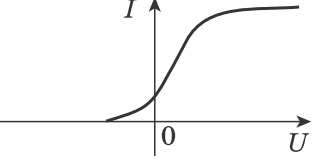
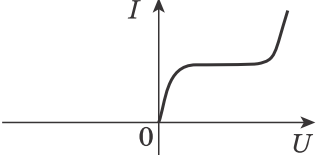
28. Установіть відповідність між назвами речовин і типами основної провідності в цих речовинах.

1 Розчини електролітів	А Йонно-електронна
2 Йонізовані гази	Б Діркова
3 Напівпровідники з донорною домішкою	В Йонна
4 Напівпровідники з акцепторною домішкою	Г Електронна
	Д Дірково-електронна

29. Установіть відповідність між виразами та величинами, які можна обчислити за цими формулами.

1 $\frac{I}{nqS}$	А Швидкість електрона, який пройшов прискорювальну різницю потенціалів
2 $kI\Delta t$	Б Силу струму насичення під час несамоітного розряду в газі
3 $\frac{M}{q_i N_A}$	В Швидкість упорядкованого руху зарядів у провіднику
4 $\sqrt{\frac{2eU}{m_e}}$	Г Масу речовини, що виділилася на електроді під час електролізу
	Д Електрохімічний еквівалент речовини

30. Установіть відповідність між назвами пристроїв та їхніми вольт-амперними характеристиками.

1 Відрізок металевого дроту	А 
2 Вакуумний діод	Б 
3 Напівпровідниковий діод	В 
4 Газорозрядна лампа	Г 
	Д 

У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)

31. Визначте швидкість (у міліметрах за секунду) упорядкованого руху електронів у мідному дроті з площею поперечного перерізу $0,25 \text{ мм}^2$ за сили струму 1 А . Вважайте, що кожен атом міді дає два електрони провідності.

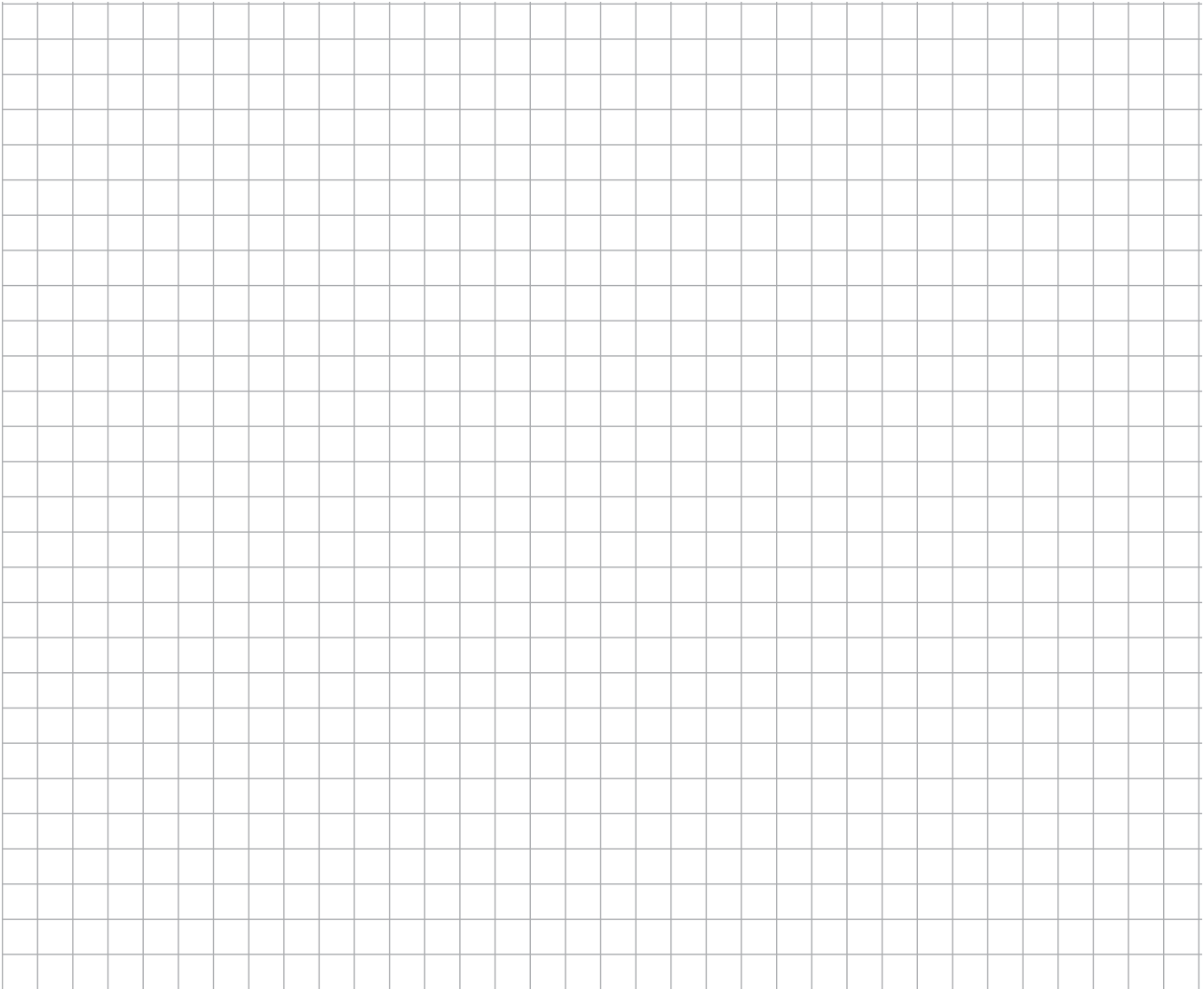
Відповідь: _____

32. Пучок електронів, розігнаних напругою 10 кВ , влітає в плоский конденсатор посередині між пластинами й паралельно до них (див. рисунок). Довжина конденсатора — 20 см , відстань між пластинами — 10 мм , напруга між пластинами конденсатора дорівнює 20 В . Визначте відстань h (у міліметрах), на яку зміститься пучок під час вильоту з конденсатора.



Відповідь: _____

33. Визначте силу струму насичення (у мікроамперах) в газорозрядній трубці довжиною 45 см і площею поперечного перерізу 20 см^2 , якщо її опромінюють ультрафіолетовими променями, що створюють щосекунди всередині трубки в кожному кубічному сантиметрі газу $2,1 \cdot 10^9$ пар йонів.
Відповідь: _____
34. Визначте (у мікрограмах) масу бору, яку потрібно додати до 1 кг кремнію, щоб отримати напівпровідник p -типу з концентрацією домішки 10^{-5} .
Відповідь: _____
35. Визначте час (у годинах), який потрібен для покриття сталеві деталі шаром хрому завтовшки 36 мкм. Електроліз проходить за густини струму 400 А/м^2 ? Валентність хрому дорівнює 3.
Відповідь: _____
36. Визначте заряд (у 10^9 Кл), який потрібно пропустити через водний розчин кислоти, щоб отримати кількість водню, яким можна було б заповнити аеростат об'ємом 520 м^3 за нормальних умов.
Відповідь: _____





БЛАНК ВІДПОВІДЕЙ

А

Увага! Відмічайте тільки один варіант відповіді у рядку варіантів відповідей до кожного завдання. Дотримуйтесь, будь ласка, правил запису відповідей. У завданнях 31–36 правильну відповідь запишіть, враховуючи положення коми, по одній цифрі в кожному білому прямокутнику. Знак «мінус» запишіть в окремому білому прямокутнику ліворуч від цифри.

Наприклад: правильно записане число 2 матиме такий вигляд:

		2		

чи такий:

		2	0	

правильно записане число 2,5 матиме такий вигляд:

		2	,	5	

правильно записане число -2,05 матиме такий вигляд:

		-	2	,	0	5

Неправильно записане число 2,5 має такий вигляд:

2				,	5	

чи такий:

		2			5

У завданнях 1–30 правильну відповідь позначайте тільки так:

Якщо ви позначили відповідь до котрогось із завдань 1–30 неправильно, то можете її виправити, замалювавши попередню позначку та поставивши нову, як показано на зразку:

	А	Б	В	Г	Д
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г	
1						7					13					19					25				
2						8					14					20					26				
3						9					15					21									
4						10					16					22									
5						11					17					23									
6						12					18					24									

	А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д	
27	1					28	1					29	1						30	1				
	2						2						2							2				
	3						3						3							3				
	4						4						4							4				

Приклад написання цифр: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 -

У завданнях 31–36 відповідь запишіть цифрами, враховуючи положення коми.

31					,						33				,					35				,				
32					,						34				,						36				,			

Місце виправлення помилкової відповіді

Щоб виправити відповідь до котрогось із завдань 31–36, запишіть нову відповідь у відповідних клітинках.

31					,						33				,					35				,				
32					,						34				,						36				,			

МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ ТА ХВИЛІ

Основні формули

Частота коливань

$$\nu = \frac{1}{T};$$

Циклічна частота коливань

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu;$$

Рівняння гармонічних коливань

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0);$$

Швидкість тіла, що здійснює гармонічні коливання

$$v_x = -\omega A \sin(\omega t + \varphi_0).$$

Прискорення тіла, що здійснює гармонічні коливання

$$a_x = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi_0);$$

Період коливань математичного маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}};$$

Період коливань пружинного маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}};$$

Довжина хвилі

$$\lambda = \nu T = \frac{v}{\nu}.$$

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ. Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією. Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

- Вільні коливання математичного маятника відбуваються під дією:
А зовнішньої періодичної сили
Б рівнодійної сил тяжіння та натягу нитки
В сили тертя
Г виключно сили тяжіння
- Умовою виникнення гармонічних коливань тіла є те, що сила, яка повертає тіло до стану рівноваги, залежить від зміщення:
А прямо пропорційно
Б пропорційно квадратному кореню зі зміщення
В пропорційно квадрату зміщення
Г обернено пропорційно
- Тіло здійснює коливання з періодом 2 с. Чому дорівнює циклічна частота коливань?

А $1/2\pi$ с

Б $1/\pi$ с

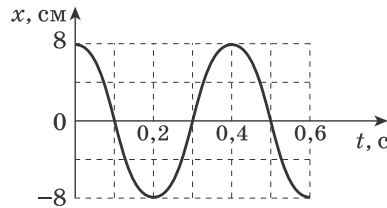
В π с

Г 2π с

4. Тіло здійснює коливання з амплітудою 16 см. Який шлях воно проходить за 2 періоди?

А 32 см	Б 64 см	В 128 см	Г 256 см
---------	---------	----------	----------

5. За графіком координати тіла, що здійснює гармонічні коливання, визначте амплітуду, період та частоту коливань.



А 16 см; 0,4 с; 2,5 Гц	Б 8 см; 0,4 с; 2,5 Гц	В 8 см; 2,5 с; 0,4 Гц	Г 8 см; 0,2 с; 5 Гц
------------------------	-----------------------	-----------------------	---------------------

6. Гармонічні коливання тіла задано рівнянням $x = 0,25 \cos 50\pi t$. Визначте амплітуду, період та частоту коливань.

А 50 см; $1/50\pi$ с; 50π Гц	Б 25 см; $1/50\pi$ с; 50π Гц	В 50 см; 0,04 с; 25 Гц	Г 25 см; 0,04 с; 25 Гц
---------------------------------	---------------------------------	---------------------------	---------------------------

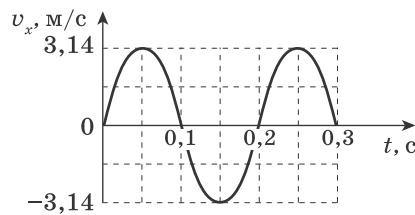
7. Гармонійні коливання тіла задані рівнянням $x = 0,15 \sin 20\pi t$. Визначте рівняння, за яким здійснюються коливання проекції швидкості цього тіла.

А $v_x = 0,15 \cos 20\pi t$	Б $v_x = 3\pi \cos 20\pi t$	В $v_x = 3\pi \sin 20\pi t$	Г $v_x = (7,5 \cdot 10^{-3}/\pi) \cos 20\pi t$
-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	--

8. Гармонічні коливання тіла масою 20 кг задано рівнянням $x = 0,25 \cos 0,4\pi t$. Чому дорівнює кінетична енергія тіла в момент часу 6,25 с після початку коливань?

А 0	Б 631 мДж	В 1,26 Дж	Г 2 Дж
-----	-----------	-----------	--------

9. За графіком проекції швидкості тіла, що здійснює гармонічні коливання, запишіть рівняння координати.



А $x = 0,1 \sin 10\pi t$	Б $x = 0,1 \cos 10\pi t$	В $x = 0,1 \sin(10\pi t - \pi)$	Г $x = 0,1 \cos(10\pi t - \pi)$
--------------------------	--------------------------	---------------------------------	---------------------------------

10. Період малих коливань математичного маятника — 1,4 с. Яким стане період малих коливань, якщо маятник видовжити у 2 рази?

А 0,35 с	Б 1 с	В 2 с	Г 1,4 Гц
----------	-------	-------	----------

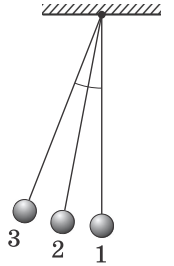
11. Якою треба зробити довжину математичного маятника, щоб його період дорівнював 1 с? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 0,25 м	Б 0,5 м	В 1 м	Г 1,6 м
----------	---------	-------	---------

12. З яким періодом коливатиметься математичний маятник довжиною 1 м у ліфті, якщо ліфт рухається з прискоренням 2 м/с^2 , спрямованим вгору? Коливання малі. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 2,2 с	Б 2 с	В 1,8 с	Г 21,8 с
---------	-------	---------	----------

13. За допомогою стробоскопа фотографують маятник, що здійснює малі коливання. Стробоскоп робить три послідовні спалахи (див. рисунок). Під час першого спалаху маятник проходив положення рівноваги, під час третього — на мить зупинився в точці максимального зміщення від положення рівноваги. Чому дорівнює період коливань маятника, якщо між 1 та 2 спалахами минуло 0,1 с?



А 0,2 с	Б 0,4 с	В 0,8 с	Г 1,2 с
---------	---------	---------	---------

14. Як зміниться частота малих коливань пружинного маятника, якщо збільшити масу тіла, підвішеного до пружини, у 4 рази?

А Збільшиться в 4 рази	Б Збільшиться у 2 рази	В Зменшиться у 2 рази	Г Зменшиться в 4 рази
---------------------------	---------------------------	--------------------------	--------------------------

15. Під час виготовлення пружинного маятника як пружину використали гумовий джгут. Період малих коливань виявився 2 с. Яким стане період малих коливань, якщо джгут скласти навпіл і підвісити до нього те саме тіло?

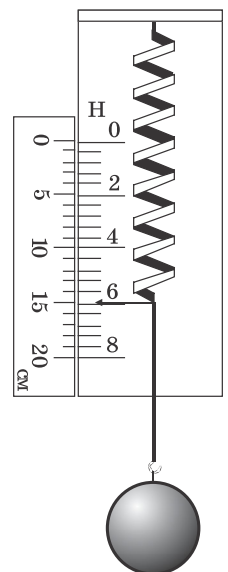
А 0,5 с	Б 1 с	В 4 с	Г 8 с
---------	-------	-------	-------

16. Для визначення жорсткості пружини до неї підвісили тіло масою 2 кг і спостерігали малі вільні коливання цього тіла вгору-вниз. Якою виявилася жорсткість пружини, якщо за хвилину тіло зробило 40 коливань? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 5,6 Н/м	Б 35,6 Н/м	В 53,3 Н/м	Г 180 Н/м
-----------	------------	------------	-----------

17. З якою частотою здійснюватиме малі коливання тіло, підвішене до динамометра (див. рисунок)? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 0,8 Гц	Б 2,6 Гц
В 1,3 Гц	Г 8,2 Гц



18. Чому дорівнює максимальна потенціальна енергія пружини пружинного маятника, якщо амплітуда коливань становить 10 см, а частота — 6,4 Гц? Маса тіла, підвешеного до пружини, дорівнює 2 кг. Вважайте, що $\pi^2 = 10$.

А 1,3 Дж	Б 8,2 Дж	В 16,4 Дж	Г 32,8 Дж
----------	----------	-----------	-----------

19. Човен за 30 с піднявся на гребнях хвиль 10 разів. Визначте швидкість хвиль, якщо відстань між їхніми гребнями дорівнює 3 м.

А 9 м/с	Б 3 м/с	В 1 м/с	Г 0,33 м/с
---------	---------	---------	------------

20. Під час коливань математичного маятника під дією зовнішньої періодичної сили, яка змінюється з певною частотою, резонанс не спостерігається. Для того щоб спостерігати резонанс, потрібно:

- А змінити силу тертя
- Б змінити масу маятника
- В змінити амплітуду коливань
- Г змінити довжину маятника

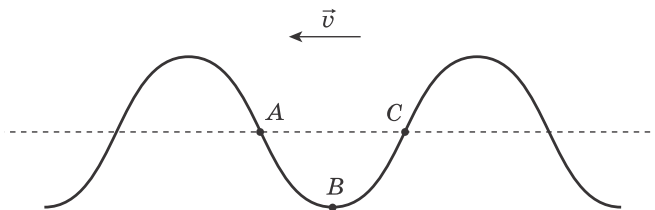
21. Швидкість поширення хвилі — 4 м/с, а частота — 1,25 Гц. Визначте її довжину.

А 5 м	Б 3,2 м	В 31,25 см	Г 20 см
-------	---------	------------	---------

22. У пружному середовищі поширюється хвиля довжиною 0,5 м. Чому дорівнює частота хвилі, якщо вона поширюється зі швидкістю 4 м/с?

А 0,125 Гц	Б 0,5 Гц	В 2 Гц	Г 8 Гц
------------	----------	--------	--------

23. По натягнутому джуту поширюється поперечна хвиля (див. рисунок). Визначте напрямок руху точок А, В, С?



- А А вниз, В не рухається, С вгору
- Б В вгору, А і С не рухаються
- В А вгору, В не рухається, С вниз
- Г В вниз, А і С не рухаються

24. Звук поширюється з-під води в повітря. Як змінюється його частота та довжина хвилі?

- А Частота зростає, довжина хвилі зменшується
- Б Частота зменшується, довжина хвилі зростає
- В Частота не змінюється, довжина хвилі зменшується
- Г Частота зменшується, довжина хвилі не змінюється

25. Довжина звукових хвиль, які генерує скрипка, може змінюватися від 23 мм до 1,3 м. Звуки якої частоти можна почути під час гри на скрипці? Швидкість звуку в повітрі становить 340 м/с.

А 18 000 Гц	Б 1800 Гц	В 180 Гц	Г 36 Гц
-------------	-----------	----------	---------

26. Керованим реактивним снарядом було зроблено постріл, і снаряд полетів до цілі зі швидкістю 510 м/с. Визначте час після пострілу, через який людина, яка зробила постріл, почує звук вибуху снаряду. Ціль знаходиться на відстані 10,2 км. Швидкість звуку в повітрі становить 340 м/с.

А 50 с	Б 30 с	В 20 с	Г 10 с
--------	--------	--------	--------

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою.

Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією.

Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

27. Установіть відповідність між прикладами руху та їхніми назвами.

1 Рух маятника механічного годинника
2 Рух вантажу, який підвішено до пружини
3 Рух кульки на нитці, за якого нитка описує бічну поверхню конуса
4 Рух голки швацької машинки

А Вільні затухаючі коливання
Б Вільні незатухаючі коливання
В Вимушені незатухаючі коливання
Г Автоколивання
Д Обертання

28. Установіть відповідність між позначеннями та назвами фізичних величин.

1 λ
2 v
3 ω
4 A

А Циклічна частота коливань
Б Частота коливань
В Амплітуда коливань
Г Швидкість поширення хвилі
Д Довжина хвилі

29. Установіть відповідність між формулами та величинами, які можна обчислити за цими формулами.

1 $\lambda = vT$
2 $v = \frac{N}{t}$
3 $\omega = \frac{2\pi}{T}$
4 $v_{\max} = \omega A$

А Швидкість поширення хвилі
Б Амплітуду швидкості коливань
В Частоту коливань
Г Довжину хвилі
Д Циклічну частоту коливань

30. Установіть відповідність між формулами залежності від часу координати тіла, що коливається, та формулами залежності від часу проекції швидкості або проекції прискорення.

1	$x = 0,2 \cos 40\pi t$	А	$v_x = 8\pi \cos 40\pi t$
2	$x = 0,2 \sin 40\pi t$	Б	$a_x = -160\pi^2 \cos 20\pi t$
3	$x = 0,4 \cos 20\pi t$	В	$a_x = 80\pi^2 \cos 40\pi t$
4	$x = 0,4 \sin 20\pi t$	Г	$v_x = -8\pi \sin 40\pi t$
		Д	$a_x = -160\pi^2 \sin 20\pi t$

**У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)**

31. Визначте амплітуду коливань (у сантиметрах), яку матиме вантаж, що висить на нитці довжиною 2,5 м, якщо йому поштовхом надати горизонтальної швидкості 20 см/с. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.
Відповідь: _____
32. До пружини підвісили відерце з піском і поштовхом привели його в коливальний рух. Період коливань становив 2 с. Потім із відерка відсипали певну кількість піску й знову підвісили до пружини й штовхнули. Період коливань зменшився до 1,6 с. Визначте, на скільки (у відсотках) зменшилася маса відерка з піском перед другим дослідом.
Відповідь: _____
33. Визначте довжину нитки (у сантиметрах), на якій кулька здійснює за певний час 13 коливань за умови того, що за зміни довжини нитки на 2,5 см кулька здійснить за той самий час 12 коливань.
Відповідь: _____
34. Визначте (у секундах), на скільки за добу запізнюватиметься маятниковий годинник у горах на висоті 6,4 км, якщо на рівні моря він іде точно.
Відповідь: _____
35. Визначте швидкість літака (у кілометрах за секунду), який рухається горизонтально на певній висоті над спостерігачем. Коли звук від двигунів літака прийшов до спостерігача з точки траєкторії, яка розташована над ним, літак уже був у точці траєкторії, яку спостерігач бачить на висоті $73,6^\circ$ над горизонтом. Швидкість звуку в повітрі становить 340 м/с. Вважайте $\text{tg } 73,6^\circ = 3,4$.
Відповідь: _____
36. Визначте максимальну відстань (у десятках метрів), на якій може знаходитися перешкода у воді, що її «почує» дельфін, якщо він випромінює короткі імпульси ультразвуку, проміжок часу між якими становить 200 мс. Швидкість ультразвуку у воді становить 1500 м/с.
Відповідь: _____



БЛАНК ВІДПОВІДЕЙ

A

Увага! Відмічайте тільки один варіант відповіді у рядку варіантів відповідей до кожного завдання. Дотримуйтесь, будь ласка, правил запису відповідей. У завданнях 31–36 правильну відповідь запишіть, враховуючи положення коми, по одній цифрі в кожному білому прямокутнику. Знак «мінус» запишіть в окремому білому прямокутнику ліворуч від цифри.

Наприклад: правильно записане число 2 матиме такий вигляд:

		2		

 чи такий:

		2	0

правильно записане число 2,5 матиме такий вигляд:

		2	,	5	

правильно записане число -2,05 матиме такий вигляд:

		-	2	,	0	5

Неправильно записане число 2,5 має такий вигляд:

2				,	5	

 чи такий:

		2			5

У завданнях 1–30 правильну відповідь позначайте тільки так:

Якщо ви позначили відповідь до котрогось із завдань 1–30 неправильно, то можете її виправити, замалювавши попередню позначку та поставивши нову, як показано на зразку:

	А	Б	В	Г	Д
1	✗	■			
2					
3					
4					

	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г					
1					7					13					19					25				
2					8					14					20					26				
3					9					15					21									
4					10					16					22									
5					11					17					23									
6					12					18					24									

	А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		
27	1					28	1					29	1					30	1						
	2						2						2						2						
	3						3						3						3						
	4						4						4						4						

Приклад написання цифр: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 -

У завданнях 31–36 відповідь запишіть цифрами, враховуючи положення коми.

31					,						33					,						35					,					
32					,						34					,						36					,					

Місце виправлення помилкової відповіді

Щоб виправити відповідь до котрогось із завдань 31–36, запишіть нову відповідь у відповідних клітинках.

31					,						33					,						35					,					
32					,						34					,						36					,					

ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ КОЛИВАННЯ

Основні формули

Циклічна частота вільних електромагнітних коливань у коливальному контурі

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu = \frac{1}{\sqrt{LC}};$$

Період вільних електромагнітних коливань у коливальному контурі

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{\nu} = 2\pi\sqrt{LC};$$

Рівняння вільних електромагнітних коливань у коливальному контурі

$$q = q_{\max} \cos(2\pi\nu t + \varphi_0);$$

$$u = \frac{q_{\max}}{C} \cos(2\pi\nu t + \varphi_0) =$$

$$= U_{\max} \cos(2\pi\nu t + \varphi_0);$$

$$i = -2\pi\nu q_{\max} \sin(2\pi\nu t + \varphi_0) =$$

$$= -I_{\max} \sin(2\pi\nu t + \varphi_0).$$

Рівняння змінного струму

$$i = I_m \sin 2\pi\nu t;$$

Діюче значення сили струму та напруги

$$I_4 = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}; U_4 = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$$

Ємнісний опір у колі змінного струму

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\nu C};$$

Індуктивний опір у колі змінного струму

$$X_L = \omega L = 2\pi\nu L;$$

Повний опір кола змінного струму з послідовно з'єднаними резистором, котушкою індуктивності й конденсатором

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(2\pi\nu L - \frac{1}{2\pi\nu C}\right)^2};$$

Закон Ома для кола змінного струму

$$I = \frac{U}{Z}.$$

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ. Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією. Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

1. Вільні електромагнітні коливання можуть спостерігатися в колі, яке складається з:

- А двох резисторів
- Б котушки індуктивності та конденсатора
- В резистора та конденсатора
- Г двох конденсаторів

2. За якою формулою можна обчислити частоту вільних електромагнітних коливань у контурі?

А $2\pi\sqrt{LC}$	Б $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	В $\frac{\sqrt{LC}}{2\pi}$	Г $\frac{2\pi}{\sqrt{LC}}$
-------------------	-----------------------------	----------------------------	----------------------------

3. Визначте частоту вільних електромагнітних коливань у коливальному контурі після збільшення ємності конденсатора в 4 рази, якщо до збільшення вона становила 200 Гц?

А 50 Гц	Б 100 Гц	В 400 Гц	Г 800 Гц
---------	----------	----------	----------

4. Яким є період вільних електромагнітних коливань у коливальному контурі, який складається з конденсатора ємністю 5000 пФ та 0,2 мГн?

А 6,28 пс	Б 1,99 мкс	В 6,28 мкс	Г 19,9 мкс
-----------	------------	------------	------------

5. Як зміниться частота вільних електромагнітних коливань у коливальному контурі, якщо зменшити його ємність у 1,5 рази, а індуктивність — у 6 разів?

А Зменшиться в 3 рази	Б Зменшиться у 2 рази	В Збільшиться у 2 рази	Г Збільшиться в 3 рази
--------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------

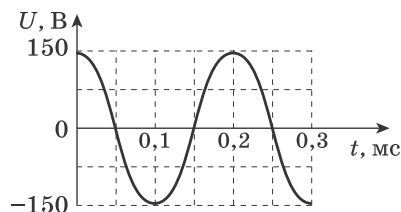
6. У певний момент сила струму в котушці коливального контуру, у якому відбуваються вільні електромагнітні коливання, дорівнює половині від максимального й продовжує зростати. Через який мінімальний час сила струму досягне максимального значення?

А $T/12$	Б $T/6$	В $T/4$	Г $T/2$
----------	---------	---------	---------

7. Щоб отримати частоту вільних електромагнітних коливань у коливальному контурі 1,2 МГц до конденсатора підключили котушку індуктивністю 1 мкГн. Якої ємності був конденсатор, до якого підключили котушку? Вважайте, що $\pi^2 = 10$.

А 5,7 нФ	Б 17,4 нФ	В 56,8 нФ	Г 0,7 мкФ
----------	-----------	-----------	-----------

8. Напруга на обкладках конденсатора коливального контуру змінюється за графіком, який зображено на рисунку. Як залежить від часу сила струму в контурі? Ємність конденсатора становить 0,1 мкФ.



А $i = 1,5 \cdot 10^{-4} \cos 10^4 \pi t$	Б $i = 0,15 \cos 10^4 t$	В $i = 150 \sin 10^4 \pi t$	Г $i = -0,15 \pi \sin 10^4 \pi t$
---	--------------------------	-----------------------------	-----------------------------------

9. Для того щоб у контурі електромагнітні коливання були незатухаючими, потрібно:

- А періодично змінювати ємність конденсатора
- Б періодично змінювати індуктивність котушки
- В збільшити активний опір контуру
- Г підключити контур до джерела змінної напруги

10. Визначте амплітуду сили струму (в амперах) в контурі, у якому заряджений до напруги 100 В конденсатор ємністю 2 мкФ було підключено до котушки з індуктивністю 0,05 мГн.

А 5 А	Б 10 А	В 20 А	Г 40 А
-------	--------	--------	--------

11. В однорідному магнітному полі обертається дротяна рамка. Вісь обертання перпендикулярна до ліній індукції магнітного поля. Як зміниться амплітуда магнітного потоку крізь рамку, якщо частоту обертання збільшити вдвічі?

А Не зміниться	Б Збільшиться в $\sqrt{2}$ рази	В Збільшиться у 2 рази	Г Збільшиться в 4 рази
----------------	---------------------------------	------------------------	------------------------

12. В однорідному магнітному полі обертається дротяна рамка. Вісь обертання перпендикулярна до ліній індукції магнітного поля. Частоту обертання збільшено у 2 рази. Як зміниться амплітуда ЕРС електромагнітної індукції, що виникає в рамці?

А Не зміниться	Б Збільшиться в $\sqrt{2}$ рази	В Збільшиться у 2 рази	Г Збільшиться в 4 рази
----------------	---------------------------------	------------------------	------------------------

13. В однорідному магнітному полі обертається дротяна рамка. Вісь обертання перпендикулярна до ліній індукції магнітного поля. Рамка має 500 витків, площа рамки — 400 см², індукція магнітного поля — 0,5 Тл, частота обертання рамки дорівнює 100 обертам за секунду. Яке амплітудне значення ЕРС електромагнітної індукції спостерігається в рамці?

А 25 мВ	Б 628 мВ	В 10 В	Г 6,28 кВ
---------	----------	--------	-----------

14. До мережі з напругою змінного струму з частотою 100 Гц підключено конденсатор ємністю 20 мкФ. Оберіть рівняння, яке може описувати коливання струму через конденсатор. Діюче значення напруги в мережі становить 22 В.

А $i = 0,39 \cos 200\pi t$	Б $i = 0,39 \sin 100t$	В $i = 0,28 \cos 200\pi t$	Г $i = 2,5 \cdot 10^{-3} \sin 200\pi t$
----------------------------	------------------------	----------------------------	---

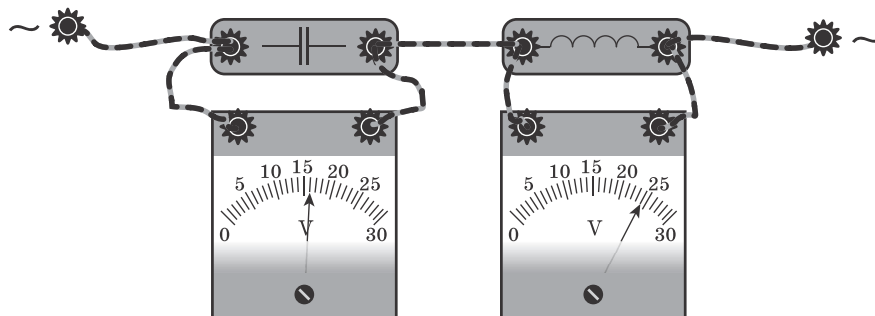
15. До мережі змінного струму з дієвим значенням напруги 220 В підключено конденсатор ємністю 20 мкФ. До якого максимального заряду заряджається конденсатор?

А 6,2 мКл	Б 4,4 мКл	В 3,1 мКл	Г 64,3 мКл
-----------	-----------	-----------	------------

16. До мережі змінного струму з дієвим значенням напруги 220 В і частотою 50 Гц підключено котушку індуктивності. Чому дорівнює індуктивність котушки, якщо максимальна сила струму через неї досягає 1,42 А?

А 350 мГн	Б 493 мГн	В 698 мГн	Г 991 мГн
-----------	-----------	-----------	-----------

17. До мережі змінного струму ввімкнено конденсатор та котушку індуктивності. Паралельно до цих елементів кола під'єднано вольтметри (див. рисунок). Якою є напруга в мережі?



А 4 В	Б 8 В	В 20 В	Г 40 В
-------	-------	--------	--------

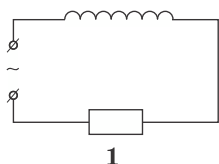
18. Послідовно з лампою розжарення в освітлювальну мережу ввімкнено амперметр змінного струму. Амперметр показує 1 А. У яких межах змінюється значення струму в мережі за один період?

А Від 0 до 1 А	Б Від 1 до $\sqrt{2}$ А	В Від $\sqrt{2}$ до 2 А	Г Від 0 до $\sqrt{2}$ А
----------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

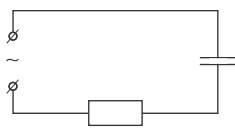
19. Неонову лампочку увімкнули в мережу змінного струму, напруга в якій вдвічі перевищує напругу загоряння та гасіння лампочки. З якою частотою спалахуватиме лампочка, якщо частота струму в мережі дорівнює 400 Гц ?

А 200 Гц	Б 400 Гц	В 800 Гц	Г 1600 Гц
----------	----------	----------	-----------

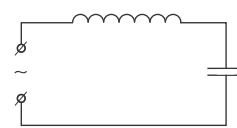
20. У якому колі змінного струму може спостерігатися явище резонансу?



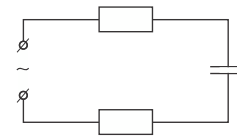
1



2



3



4

А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

21. Резонанс у колі змінного струму (див. рисунок) супроводжується:

- А різким зростанням сили струму
- Б різким зростанням опору контуру
- В різким зростанням опору конденсатора
- Г різким зростанням напруги в мережі



22. За якої частоти в контурі, що складається з послідовно з'єднаних між собою конденсатора та котушки індуктивності, спостерігатиметься резонанс? Ємність конденсатора — 0,01 мкФ, індуктивність котушки — 10 мГн.

А 1,6 кГц	Б 5 кГц	В 15,9 кГц	Г 50,3 кГц
-----------	---------	------------	------------

23. Ротор полюсного гідрогенератора робить 60 обертів за хвилину. Якої частоти струм виробляє цей генератор?

А 1 Гц	Б 50 Гц	В 60 Гц	Г 3600 Гц
--------	---------	---------	-----------

24. Під час роботи трансформатора доволі часто чути низькочастотний гул. Він є наслідком:

- А коливання дротів, під'єднаних до трансформатора
- Б коливання витків обмоток трансформатора
- В коливання повітря всередині трансформатора
- Г коливання пластин осердя трансформатора

25. У первинній обмотці трансформатора 2000 витків, а у вторинній — 400. Як цей трансформатор перетворює напругу змінного струму?

А Збільшує у 25 разів	Б Збільшує в 5 разів	В Зменшує в 5 разів	Г Зменшує у 25 разів
-----------------------	----------------------	---------------------	----------------------

26. Під час транспортування електроенергії на великі відстані напругу в лініях електропередач підвищують для зменшення втрат. Чим обумовлено існування граничного значення, до якого збільшують напругу?
- А Відсутністю відповідних трансформаторів
 Б Плавленням металу за високих напруг
 В Втратами електроенергії за рахунок йонізації повітря
 Г Різким зростанням магнітної взаємодії між дротами

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою.

Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією.

Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

27. Установіть відповідність між властивостями пристроїв та їхніми назвами.

1 Збільшує електричний опір за збільшення частоти струму	А Трансформатор
2 Перетворює механічну енергію на електричну	Б Коливальний контур
3 Перетворює змінний струм високої напруги на струм низької напруги та навпаки	В Конденсатор
4 У ньому можуть здійснюватися вільні електромагнітні коливання	Г Індукційний генератор
	Д Котушка індуктивності

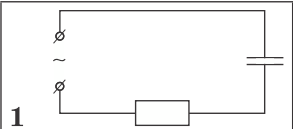
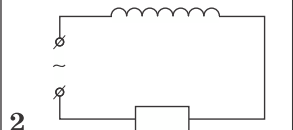
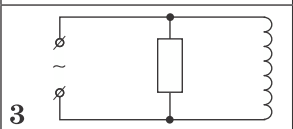
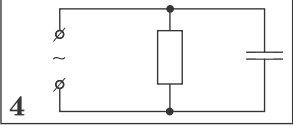
28. Установіть відповідність між формулами та величинами, які характеризують вільні електромагнітні коливання в контурі.

1 $T = 2\pi\sqrt{LC}$	А Амплітуда струму під час коливань
2 $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	Б Амплітуда заряду під час коливань
3 $\nu = \frac{1}{T}$	В Частота коливань
4 $q_{\max} = CU_{\max}$	Г Період електромагнітних коливань
	Д Циклічна частота електромагнітних коливань

29. Установіть відповідність між формулами та величинами, які характеризують протікання змінного струму в електричному колі.

1 $X_L = \omega L$	А Закон Ома для ділянки кола змінного струму
2 $I_{\max} = \sqrt{2} I$	Б Реактивний опір конденсатора в колі змінного струму
3 $I = \frac{U}{Z}$	В Реактивний опір котушки індуктивності в колі змінного струму
4 $X_C = \frac{1}{\omega C}$	Г Зв'язок між дійсним та амплітудним значеннями сили струму в колі змінного струму
	Д Зв'язок між дійсним та амплітудним значеннями напруги в колі змінного струму

30. Електричні кола складаються з резистора $R = 100 \text{ Ом}$ та конденсатора $X_C = 300 \text{ Ом}$ або котушки індуктивності $X_L = 200 \text{ Ом}$. Установіть відповідність між складом конкретного кола і його опором Z .

1 	А 75 Ом
2 	Б 89 Ом
3 	В 95 Ом
4 	Г 224 Ом
	Д 316 Ом

У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)

31. Визначте період (у мікросекундах) вільних коливань у контурі, у якому під час коливань амплітудне значення сили струму — 6,28 мА, а амплітудне значення заряду на обкладках конденсатора — 40 нКл.

Відповідь: _____

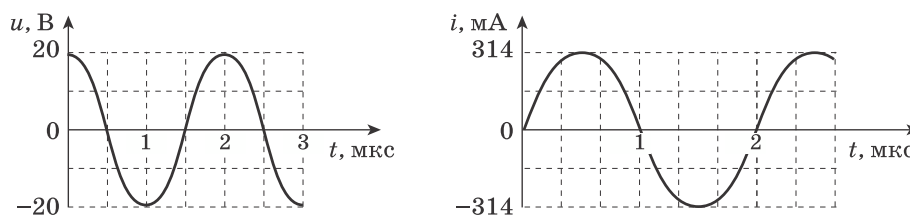
32. Визначте (у відсотках) зменшення енергії вільних електромагнітних коливань у контурі за кожний період, якщо активний опір котушки контуру становить 0,1 Ом. Контур складається з конденсатора 0,23 мкФ і котушки з індуктивністю 10 мГн. Вважайте втрати енергії за один період малими.

Відповідь: _____

33. Рамка площею 100 см^2 рівномірно обертається з кутовою швидкістю 5 рад/с у магнітному полі з індукцією 10 мТл . Амплітудне значення ЕРС у рамці дорівнює $0,2 \text{ В}$. Визначте кількість витків у рамці. Вісь обертання перпендикулярна до вектора магнітної індукції.

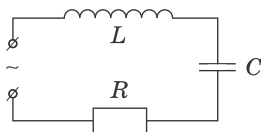
Відповідь: _____

34. Визначте ємність конденсатора (у нанофарадах) коливального контуру, якщо заряд на обкладках цього конденсатора та сила струму в котушці змінюються згідно з графіками, які приведено на рисунку.



Відповідь: _____

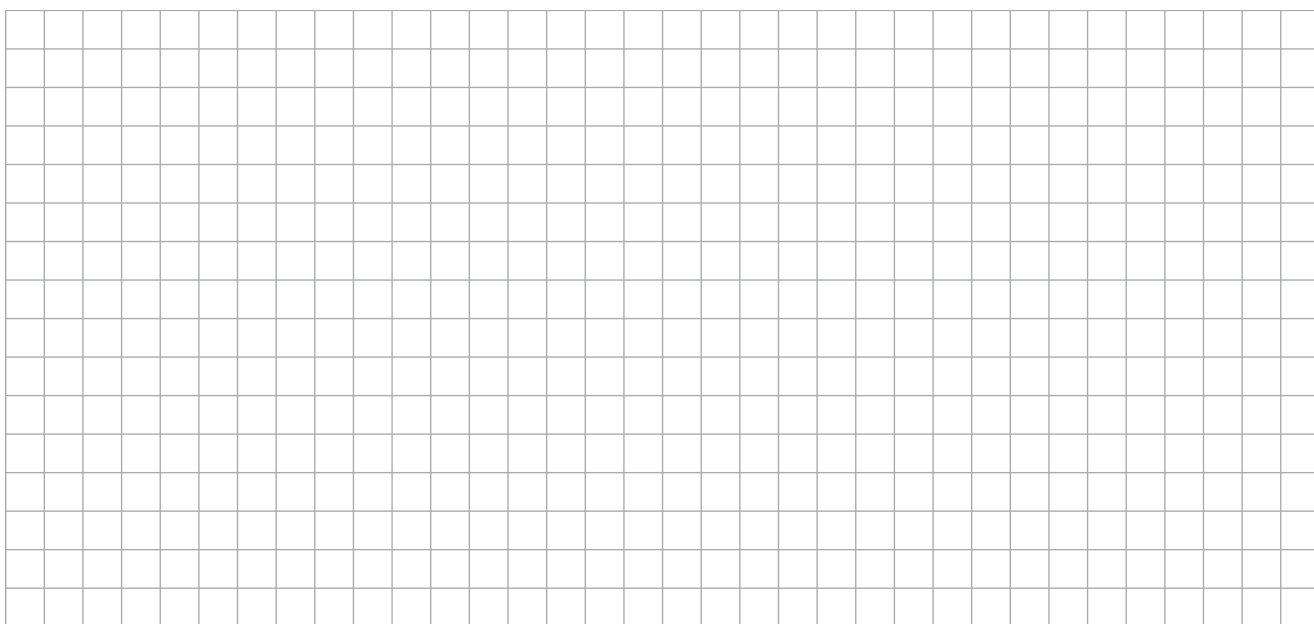
35. Визначте частоту (у кілогерцах), за якої спостерігатиметься максимальний струм у колі змінного струму (див. рисунок). $R = 10 \text{ Ом}$, $L = 5 \text{ мГн}$, $C = 2 \text{ мкФ}$.



Відповідь: _____

36. Визначте дієву напругу (у вольтах) в мережі змінного струму, у якій неонові лампи з напругою загорання й гасіння 71 В горітиме півперіоду.

Відповідь: _____





БЛАНК ВІДПОВІДЕЙ

Увага! Відмічайте тільки один варіант відповіді у рядку варіантів відповідей до кожного завдання. Дотримуйтесь, будь ласка, правил запису відповідей. У завданнях 31–36 правильну відповідь записуйте, враховуючи положення коми, по одній цифрі в кожному білому прямокутнику. Знак «мінус» записуйте в окремому білому прямокутнику ліворуч від цифри.

A

Наприклад: правильно записане число 2 матиме такий вигляд:

		2		
		,		

чи такий:

		2		0
		,		

правильно записане число 2,5 матиме такий вигляд:

		2		5
		,		

правильно записане число –2,05 матиме такий вигляд:

		–	2		0	5
			,			

Неправильно записане число 2,5 має такий вигляд:

2				5
				,

чи такий:

		2			5
				,	

У завданнях 1–30 правильну відповідь позначають тільки так:

Якщо ви позначили відповідь до котрогось із завдань 1–30 неправильно, то можете її виправити, замалювавши попередню позначку та поставивши нову, як показано на зразку:

	А	Б	В	Г	Д
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г	
1						7					13					19					25				
2						8					14					20					26				
3						9					15					21									
4						10					16					22									
5						11					17					23									
6						12					18					24									

	А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д	
27	1					28	1					29	1						30	1				
	2						2						2							2				
	3						3						3							3				
	4						4						4							4				

Приклад написання цифр: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 –

У завданнях 31–36 відповідь записуйте цифрами, враховуючи положення коми.

31					,						33					,					35					,					
32					,						34					,						36					,				

Місце виправлення помилкової відповіді

Щоб виправити відповідь до котрогось із завдань 31–36, запишіть нову відповідь у відповідних клітинках.

31					,						33					,					35					,					
32					,						34					,						36					,				

ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХВИЛІ

Основні формули

Довжина хвилі

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = cT = 2\pi c\sqrt{LC} ;$$

Максимальна дальність виявлення цілі радіолокатором

$$L_{\max} = \frac{c\tau}{2} .$$

Мінімальна дальність виявлення цілі радіолокатором

$$L_{\min} = \frac{c\Delta t}{2} .$$

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ. Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією. Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

- Що є джерелом випромінювання електромагнітних хвиль?
 - Відрізок дроту, по якому йде постійний струм
 - Заряд, який рухається з прискоренням
 - Нерухомий постійний магніт
 - Нерухомий електричний заряд
- Електричне поле електромагнітної хвилі здійснює коливання в напрямку, який:
 - збігається з напрямком коливань магнітного поля хвилі
 - протилежний напрямку поширення хвилі
 - має кут 45° в напрямку поширення хвилі
 - перпендикулярний до напрямку коливань магнітного поля хвилі
- За поширення у вакуумі електромагнітної хвилі її:
 - швидкість зберігає напрямок та значення
 - період змінюється за гармонічним законом
 - частота весь час зростає
 - довжина хвилі весь час зменшується

4. Для організації мобільного зв'язку використовуються:

А довгі хвилі	Б середні хвилі	В короткі хвилі	Г ультракороткі хвилі
---------------	-----------------	-----------------	-----------------------

5. Довжиною електромагнітної хвилі є:

- А час, за який магнітне поле хвилі здійснить одне повне коливання
 Б відстань від джерела, на якій амплітуда хвилі зменшується у 2 рази
 В відстань, яку проходить хвиля за один період
 Г час, за який електричне поле хвилі здійснить одне повне коливання

6. Який процес дозволяє змінювати характеристики височастотних електромагнітних коливань залежно від низькочастотних?

А Детектування	Б Модуляція	В Підсилювання	Г Випромінювання
----------------	-------------	----------------	------------------

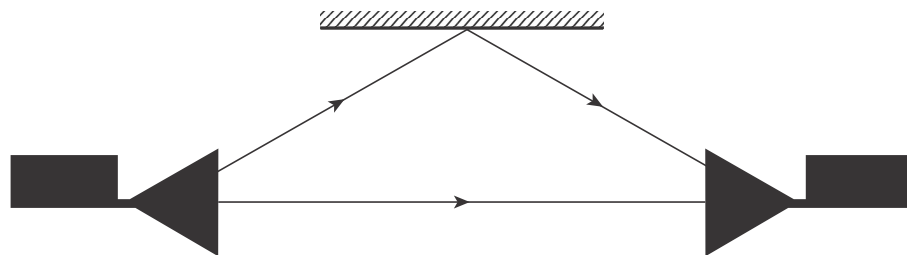
7. Який елемент приймача радіохвиль відіграє роль відкритого коливального контуру?

А Антена	Б Вхідний коливальний контур	В Детектор	Г Підсилювач
----------	------------------------------	------------	--------------

8. За якою формулою можна обчислити період електромагнітної хвилі?

А $2\pi\sqrt{LC}$	Б $\lambda\nu$	В $\frac{\nu}{\lambda}$	Г $\frac{\nu}{\nu}$
-------------------	----------------	-------------------------	---------------------

9. На рисунку показано експеримент з пристроєм для вивчення властивостей електромагнітних хвиль. Під час переміщення металевого листа вздовж вертикалі спостерігається періодичне підсилення та послаблення прийнятого сигналу. Унаслідок якого фізичного явища це відбувається?



А Поляризації хвиль	Б Інтерференції хвиль	В Заломлення хвиль	Г Поглинання хвиль
---------------------	-----------------------	--------------------	--------------------

10. За 0,5 мкс індукція магнітного поля хвилі в певній точці простору змінилася від нуля до максимального значення. Якою є довжина хвилі?

А 75 м	Б 150 м	В 300 м	Г 600 м
--------	---------	---------	---------

11. Радіостанція працює на довжині хвилі 15 м. На яку частоту потрібно налаштувати вхідний контур радіоприймача, щоб слухати передачі цієї радіостанції?

А 50 нГц	Б 50 мГц	В 20 кГц	Г 20 МГц
----------	----------	----------	----------

12. Радіоприймач налаштований на прийом хвиль із частотою 30 МГц. Якій довжині хвиль відповідає ця частота?

А 1 см	Б 1 м	В 10 м	Г 100 м
--------	-------	--------	---------

13. Ємність вхідного контуру радіоприймача можна змінювати від 100 до 400 пФ. Радіохвилю якої частоти може прийняти цей радіоприймач, якщо індуктивність вхідного контуру становить 100 мкГн?

А 50 кГц	Б 0,5 МГц	В 1 МГц	Г 2,5 МГц
----------	-----------	---------	-----------

14. Якою має бути ємність вхідного контуру радіоприймача, щоб у разі індуктивності контуру 0,4 мкГн він був налаштований на прийом радіохвиль частотою 200 МГц?

А 1,6 пФ	Б 5 пФ	В 50 пФ	Г 1600 пФ
----------	--------	---------	-----------

15. Визначте довжину радіохвиль, які випромінює радіопередавач, якщо під час його роботи в антенному контурі амплітудне значення сили струму сягає значення 31,4 А, а амплітудне значення заряду — 5 мкКл.

А 75 м	Б 150 м	В 300 м	Г 296 км
--------	---------	---------	----------

16. Котушку з якою індуктивністю потрібно підключити до конденсатора ємністю 50 пФ у вхідному контурі радіоприймача, щоб налаштувати радіоприймач на прийом радіостанції, яка працює на частоті 1,3 МГц? Вважайте, що $\pi^2 = 10$.

А 0,1 мГн	Б 0,3 мГн	В 0,9 мГн	Г 3 мГн
-----------	-----------	-----------	---------

17. Під час перемикання діапазонів радіоприймача в його вхідному коливальному контурі до котушки індуктивності була підключена ще одна така сама котушка. Як змінилася довжина хвиль, на прийом яких став налаштований радіоприймач? Індуктивності котушок під час їх підключення додаються.

А Зменшилася у 2 рази	Б Зменшилася в $\sqrt{2}$ рази	В Збільшилася в $\sqrt{2}$ рази	Г Збільшилася у 2 рази
--------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	---------------------------

18. На прийом радіохвиль якої довжини налаштований радіоприймач, якщо ємність вхідного контуру становить 2000 пФ, а індуктивність — 0,02 мГн?

А 0,4 м	Б 12 м	В 380 м	Г 12 км
---------	--------	---------	---------

19. Котушку з якою індуктивністю потрібно підключити до конденсатора ємністю 200 пФ у вхідному контурі радіоприймача, щоб налаштувати радіоприймач на прийом радіостанції, яка працює на довжині — 100 м? Вважайте, що $\pi^2 = 10$.

А 14 мкГн	Б 20 мкГн	В 44 мкГн	Г 14 мГн
-----------	-----------	-----------	----------

20. У вхідному контурі радіоприймача впаяна котушка з індуктивністю 20 мкГн. Конденсатор якої ємності потрібно додати до цієї котушки, щоб радіоприймач був налаштований на прийом радіохвиль довжиною 25 м? Вважайте, що $\pi^2 = 10$.

А 1,4 пФ	Б 8,7 пФ	В 55,2 пФ	Г 8,7 мкФ
----------	----------	-----------	-----------

21. У радіолокації використовують ультракороткі радіохвилі завдяки властивості:

- А не поглинатися в повітрі
- Б не відбиватися від перешкод
- В поширюватися в межах прямого бачення
- Г не заломлюватися на межі різних середовищ

22. Для зменшення мінімальної відстані визначення об'єктів радіолокатором потрібно:

- А зменшити потужність радіолокатора
- Б зменшити площу антен радіолокатора
- В зменшити проміжок часу між імпульсами радіолокатора
- Г зменшити тривалість кожного імпульсу радіолокатора

23. Максимальна відстань виявлення цілей радіолокатором становить 60 км і не визначається потужністю радіолокатора. Якою є частота проходження імпульсів радіолокатора?

А 1250 с ⁻¹	Б 2500 с ⁻¹	В 5000 с ⁻¹	Г 10 000 с ⁻¹
------------------------	------------------------	------------------------	--------------------------

24. У телебаченні використовуються радіохвилі:

- А довгохвильового діапазону
- Б середньохвильового діапазону
- В короткохвильового діапазону
- Г ультракороткохвильового діапазону

25. Антени телевізійних передавачів встановлюють на високі підпори тому, що:

- А радіохвилі, які використовують у телебаченні, сильно поглинаються поверхнею землі
- Б радіохвилі, які використовують у телебаченні, гарно відбиваються від поверхні землі
- В радіохвилі, які використовують у телебаченні, поширюються в межах прямого бачення
- Г радіохвилі, які використовують у телебаченні, сильно заломлюються в повітрі

26. Потужність передавача телецентру становить 100 кВт. Антена телевізійного приймача розташована на відстані 10 км від телецентру. Якою є потужність електромагнітних коливань в антені телевізора, якщо ефективна площа антени — 500 см²?

А $4 \cdot 10^{-6}$ Вт	Б $5 \cdot 10^{-5}$ Вт	В 0,4 Вт	Г 0,5 Вт
------------------------	------------------------	----------	----------

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою. Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією. Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

**Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!
Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей**

27. Установіть відповідність між властивостями електромагнітних хвиль та діапазонами, до яких вони належать.

1 Його використав О. Попов для створення бездротового телеграфу	А Рентгенівське випромінювання
2 Його випромінюють усі нагріті тіла	Б Ультрафіолетове випромінювання
3 Озоновий шар в атмосфері захищає Землю від його впливу	В Видиме світло
4 З його допомогою ми отримуємо багато інформації про навколишній світ	Г Інфрачервоне випромінювання
	Д Радіовипромінювання

28. Установіть відповідність між діапазонами радіохвиль та напрямками їх використання в радіотехніці.

1 Ультракороткі хвилі	А Глобальний радіозв'язок за рахунок відбиття радіохвиль від поверхні Землі та іоносфери
2 Короткі хвилі	Б Радіозв'язок на далекі відстані за рахунок помітного огинання хвилями кривизни поверхні Землі
3 Середні хвилі	В Радіозв'язок у межах прямої видимості
4 Довгі хвилі	Г Радіозв'язок на відстані декількох сотень кілометрів
	Д Голосовий зв'язок у межах кімнати

29. Установіть відповідність між назвами пристроїв та їхнім призначенням у системах радіозв'язку.

1 Модулятор	А Призначений для збільшення амплітуди електромагнітних коливань
2 Підсилювач	Б Призначений для перетворення звукових коливань на електромагнітні
3 Вхідний коливальний контур	В Призначений для зміни характеристик високочастотних коливань в залежності від низькочастотних
4 Детектор	Г Призначений для вибору високочастотних коливань потрібної частоти
	Д Призначений для виділення низькочастотних коливань із високочастотних

30. Коливальний контур радіопередавача складається з послідовно з'єднаних конденсатора та котушки індуктивності. Цей контур підключено до генератора змінного струму. Залежність напруги на полюсах генератора описує рівняння $U = U_{\max} \cos \omega t$ ($\omega \neq \frac{1}{\sqrt{LC}}$). Установіть відповідність між назвами фізичних величин та їх залежністю від часу.

1 Напруга на конденсаторі	А $\sim \cos \omega t$
2 Напруга на котушці	Б $\sim \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$
3 Сила струму в котушці	В $\sim \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$
4 Потужність струму в конденсаторі	Г $\sim \sin(\omega t + \frac{\pi}{4})$
	Д $\sim \sin(2\omega t + \pi)$

У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)

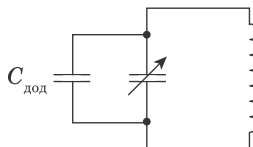
31. У коливальному контурі радіопередавача конденсатор $0,01 \text{ мкФ}$ підключено до котушки з індуктивністю $0,4 \text{ мГн}$. Визначте (у кіловольтах) максимальну напругу на обкладках конденсатора під час роботи передавача, якщо амплітуда сили струму в контурі передавача сягає 100 А .

Відповідь: _____

32. Визначте (у мікрогенрі) індуктивність контуру радіоприймача, який налаштовано на прийом хвиль довжиною $62,8 \text{ м}$. Під час роботи приймача амплітуда напруги на обкладках конденсатора вхідного коливального контуру становить $1,8 \text{ В}$, амплітуда сили струму — $0,2 \text{ мА}$.

Відповідь: _____

33. Ємність конденсатора змінної ємності у вхідному коливальному контурі радіоприймача можна змінювати від 100 до 1600 пФ . Визначте (у пікофарадах) ємність додаткового конденсатора $C_{\text{дод}}$, який потрібно підключити паралельно до основного у вхідний коливальний контур так, щоб границі нового діапазону, у якому працюватиме приймач, визначалися хвилями, довжини яких відрізнялися б у 3 рази.



Відповідь: _____

34. Визначте кількість (у 10^3) високочастотних коливань, які містяться в кожному імпульсі радіолокатора. Радіолокатор працює на хвилі довжиною 4,5 см, тривалість кожного імпульсу — 1,8 мкс.

Відповідь: _____

35. Радіолокатор аеродрому випромінює імпульси тривалістю 4 мкс. Визначте (у кілометрах) найменшу відстань, на якій цей радіолокатор може виявити літак.

Відповідь: _____

36. Визначте мінімальну висоту (у метрах), на яку потрібно підняти приймальну антену телевізора у віддаленому селищі, щоб можна було дивитися телевізійні передачі. Селище знаходиться на відстані 66 км від обласного центру, де встановлена телевізійна вишка висотою 250 м. Місцевість степова.

Відповідь: _____





ГЕОМЕТРИЧНА ОПТИКА

Основні формули

Закон відбивання світла

$$\alpha = \beta;$$

Закон заломлення світла

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n;$$

Граничний кут повного відбивання

$$\sin \alpha_{\text{гран}} = \frac{1}{n}.$$

Оптична сила лінзи

$$D = \frac{1}{F};$$

Збільшення, яке дає лінза

$$\Gamma = \frac{f}{d};$$

Формула тонкої лінзи

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = D.$$

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ. Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією. Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

- Якщо подивитися в скляну вітрину магазину в сонячний день, можна побачити своє відображення. Воно:
А уявне і зменшене
Б дійсне і збільшене
В уявне і того ж розміру, що й об'єкт
Г дійсне і того ж розміру, що й об'єкт
- У якій лінзі неможливо отримати дійсне зображення світної точки?



1



2



3



4

А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

3. Одиницею оптичної сили лінзи є:

А ньютон	Б кандела	В ампер	Г діоптрія
----------	-----------	---------	------------

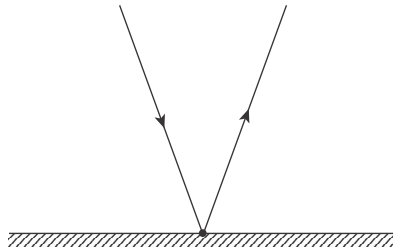
4. Сонячне затемнення відбувається внаслідок:

А заломлення світла	Б відбиття світла	В прямолінійного поширення світла	Г поглинання світла
---------------------	-------------------	-----------------------------------	---------------------

5. На відстані 25 см від плоского дзеркала розташована світна точка. Її пересувають на 5 см ближче до дзеркала. Оберіть правильне твердження.

- А Відстань між зображенням точки і дзеркалом скоротилася на 10 см
- Б Відстань між зображенням точки і самою точкою скоротилася на 10 см
- В Відстань від зображення точки до дзеркала стала 15 см
- Г Відстань від зображення точки до самої точки стала 20 см

6. На поверхню дзеркала падає світловий промінь і відбивається (див. рисунок). Кут між падаючим та відбитим променями становить 40° . Яким стане кут між падаючим та відбитим променями, якщо дзеркало повернути проти руху годинникової стрілки на 20° навколо осі, що перпендикулярна до площини рисунку й проходить через точку падіння?



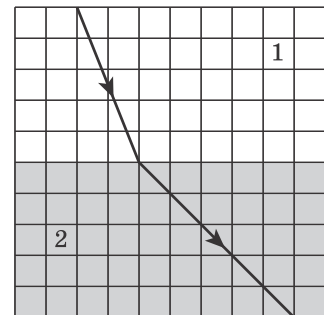
А 0°	Б 20°	В 60°	Г 80°
-------------	--------------	--------------	--------------

7. Сонячні промені падають на віконне скло й утворюють світловий «зайчик». Сонячне світло при цьому:

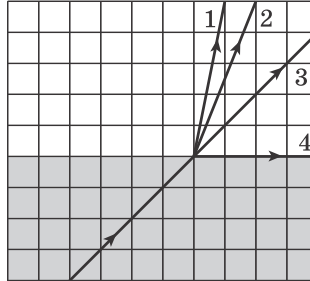
- А повністю відбивається
- Б повністю розсіюється
- В повністю проходить крізь скло
- Г відбивається й заломлюється в склі

8. Світловий промінь переходить із прозорого середовища 1 до прозорого середовища 2 (див. рисунок). Виберіть правильне твердження.

- А Середовище 1 має більшу оптичну густину, ніж середовище 2
- Б На рисунку зображене явище відбивання світла
- В При переході із середовища 1 до середовища 2 швидкість світла зменшується
- Г При переході із середовища 1 до середовища 2 частота світла збільшується



9. Промінь світла падає на границю середовища, яке має більшу оптичну густину, із середовищем з меншою оптичною густиною (див. рисунок). Виберіть можливий подальший напрямок руху світлового променя.



А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

10. Відомо, що світлові промені в атмосфері Землі заломлюються (зазнають рефракції). Астроном за спостереженнями встановив моменти сходу та заходу певної зорі. Якими були б результати спостереження, якби на Землі не було атмосфери?
- А Схід відбувся б раніше, а захід пізніше
 Б Схід відбувся б пізніше, а захід раніше
 В Схід та захід відбулися б раніше
 Г Схід та захід відбулися б пізніше

11. Якщо предмет розташований між фокусом та розсіювальною лінзою, зображення предмета в цій лінзі:

А уявне та збільшене	Б уявне та зменшене	В дійсне та збільшене	Г дійсне та зменшене
----------------------	---------------------	-----------------------	----------------------

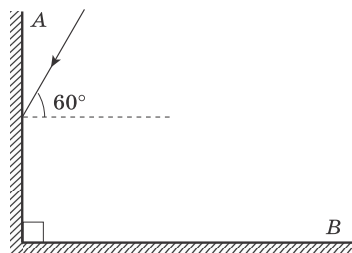
12. На якій висоті знаходиться Сонце над горизонтом, якщо кийок висотою 2 м, освітлений сонячними променями, відкидає тінь довжиною 1,5 м?

А 37°	Б 41°	В 49°	Г 53°
--------------	--------------	--------------	--------------

13. Якою має бути мінімальна висота вертикального дзеркала, у якому людина висотою 1,9 м може побачити себе у повний зріст?

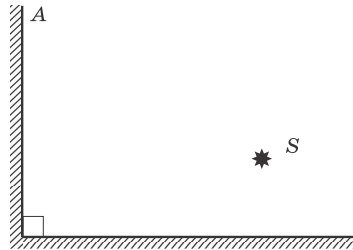
А 95 см	Б 190 см	В 200 см	Г 380 см
---------	----------	----------	----------

14. На дзеркало А падає світловий промінь під кутом 60° до горизонту (див. рисунок). Під яким кутом до горизонту промінь відіб'ється від дзеркала В?



А 30°	Б 60°	В 90°	Г 150°
--------------	--------------	--------------	---------------

15. Між двома дзеркалами A і B , які утворюють прямий двогранний кут, розташована світна точка S (див. рисунок). Скільки зображень цієї точки можна побачити в цих дзеркалах?



А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

16. На границю повітря — скло падає світловий промінь. Кут падіння — 60° . Яким є кут заломлення? Показник заломлення скла — 1,5.

А 40°	Б 35°	В 71°	Г 90°
--------------	--------------	--------------	--------------

17. Світловий промінь падає з повітря на поверхню води. Кут падіння становить 30° . На скільки змістився заломлений промінь відносно падаючого?

А На 8°	Б На 10°	В На 12°	Г На 40°
----------------	-----------------	-----------------	-----------------

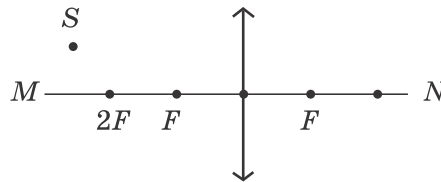
18. Промінь світла падає з повітря на поверхню води. За якого кута падіння відбитий і заломлений промені перпендикулярні один до одного?

А 37°	Б 41°	В 49°	Г 53°
--------------	--------------	--------------	--------------

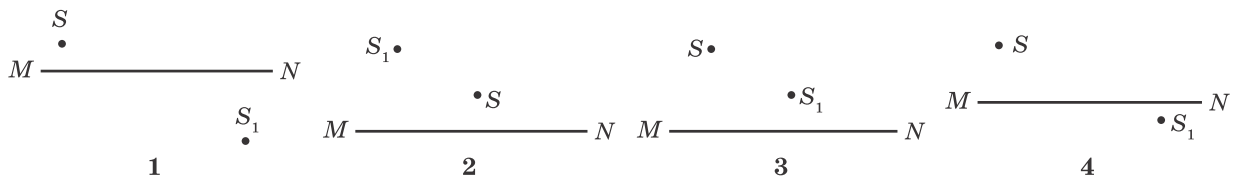
19. Визначте діаметр світлої круглої плями на поверхні води в басейні, якщо лампа, яка утворює цю пляму, розташована на дні басейну. Глибина басейну — 2 м.

А 2,6 м	Б 3 м	В 3,5 м	Г 4,5 м
---------	-------	---------	---------

20. На рисунку зображено світну точку S і збиральну лінзу.

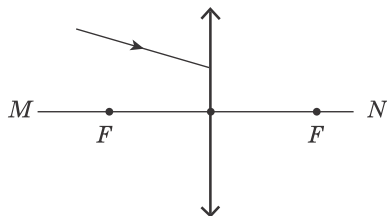


На якому з рисунків правильно показано зображення S_1 точки S ?

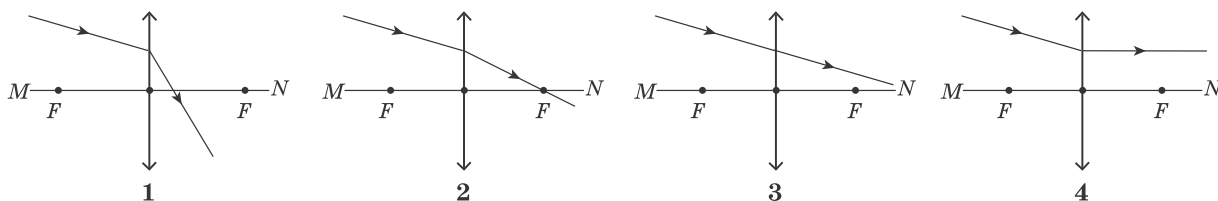


А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

21. На рисунку показано світловий промінь, який падає на лінзу.

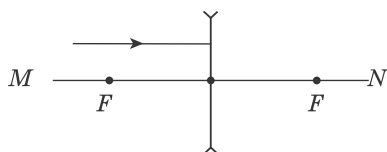


Який із рисунків правильно ілюструє подальше поширення цього променя?

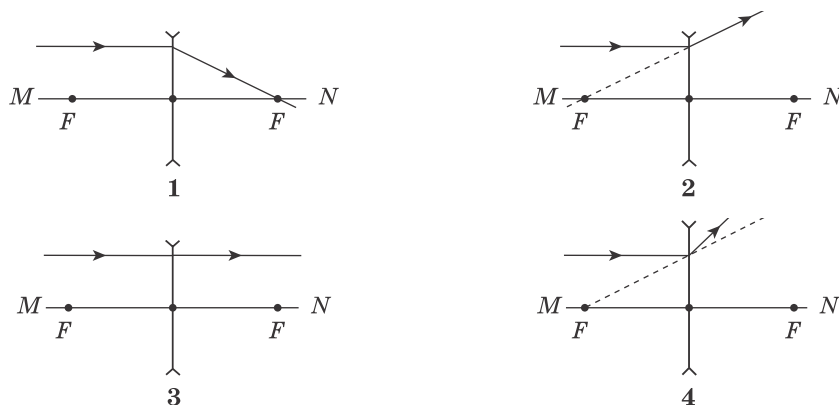


А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

22. На рисунку показано світловий промінь, що падає на лінзу.



Який із рисунків правильно ілюструє подальше поширення цього променя?



А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

23. Предмет знаходиться на відстані 3 м від збиральної лінзи, а зображення — на відстані 15 см. Порівняйте розміри зображення та предмета.

- А Розміри зображення більші в 400 разів
- Б Розміри зображення більші у 20 разів
- В Розміри зображення менші у 20 разів
- Г Розміри зображення менші в 400 разів

24. Якою є оптична сила збиральної лінзи, якщо зображення предмета, розташованого на відстані 60 см від лінзи, проєктується на екран, до якого від лінзи — 12 см?

А 0,014 дптр	Б 1,4 дптр	В 1,4 дптр	Г 10 дптр
--------------	------------	------------	-----------

25. У розсіювальній лінзі отримано зображення предмета на відстані 10 см від лінзи. Якою є фокусна відстань лінзи, якщо предмет знаходився на відстані 50 см перед лінзою?

А -50 см	Б -12,5 см	В -10 см	Г 8,3 см
----------	------------	----------	----------

26. Визначте оптичну силу збиральної лінзи, у якій отримано зменшене в 4 рази дійсне зображення предмета, розташованого на відстані 25 см від лінзи.

А 2 дптр	Б 5 дптр	В 20 дптр	Г 50 дптр
----------	----------	-----------	-----------

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою. Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланку А згідно з інструкцією. Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

27. Установіть відповідність між оптичними явищами та способами їх використання або проявами.

1 Прямолінійне поширення світла	А Радіозв'язок
2 Відбивання світла від дзеркальної поверхні	Б Передача інформації по оптичних волокнах
3 Заломлення світла	В Утворення тіні
4 Повне відбивання світла	Г Утворення зображень у фотоапаратах
	Д Утворення «місячної доріжки»

28. Установіть відповідність між описами фізичних ситуації та характером подальшого поширення попередньо горизонтального світлового пучка.

1 Пучок проходить крізь прозору скляну плоско-паралельну пластинку в повітрі	А Пучок відхиляється догори
2 Пучок проходить крізь прозору скляну трикутну призму в повітрі. Призма розташована основою донизу. Кут падіння на призму дорівнює нулю	Б Пучок відхиляється донизу
3 Пучок проходить крізь прозору повітряну трикутну призму у воді. Призма розташована основою донизу. Кут падіння на призму дорівнює нулю	В Пучок не змінює напрямку поширення
4 Пучок проходить крізь прямокутний акваріум із водою, у якій розчинена невелика кількість молока	Г Пучок помітно розсіюється
	Д Пучок повністю відбивається

29. Установіть відповідність між розташуванням джерела світла відносно лінзи та властивостями отриманого зображення.

1 Джерело світла розташоване між подвійним фокусом та фокусом розсіювальної лінзи	А Уявне, пряме, збільшене
2 Джерело світла розташоване між подвійним фокусом та фокусом збиральної лінзи	Б Дійсне, обернене, збільшене
3 Джерело світла розташоване за подвійним фокусом збиральної лінзи	В Дійсне, пряме, збільшене
4 Джерело світла розташоване між збиральною лінзою та її фокусом	Г Уявне, пряме, зменшене
	Д Дійсне, обернене, зменшене

30. Установіть відповідність між формулами та їхнім фізичним змістом.

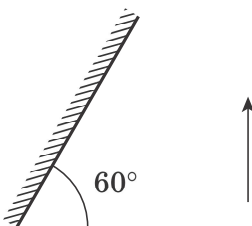
1 $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$	А Оптична сила лінзи
2 $D = \frac{1}{F}$	Б Фокусна відстань лінзи
3 $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$	В Формула тонкої лінзи
4 $\alpha = \beta$	Г Закон відбиття світла
	Д Закон заломлення світла

У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)

31. Визначте діаметр зображення Сонця (у міліметрах) на задній стінці камери-обскури, якщо відстань від задньої стінки до отвору камери дорівнює 20 см. Кутівий розмір Сонця — $0,5^\circ$.

Відповідь: _____

32. Визначте (у градусах) кут до горизонту, під яким буде розташоване зображення стрілки в плоскому дзеркалі (див. рисунок).



Відповідь: _____

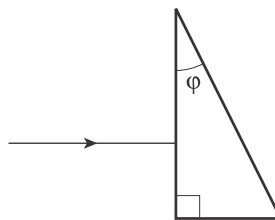
33. Визначте (у дециметрах) довжину тіні на дні озера глибиною 2 м від опори мосту, яка піднімається над водою на 1 м. Висота Сонця над горизонтом — 45° .

Відповідь: _____

34. Визначте (у міліметрах) товщину скляної плоскопаралельної пластинки, після проходження якої світловий промінь зміщується на 4 мм. Кут падіння світла на пластинку — 45° .

Відповідь: _____

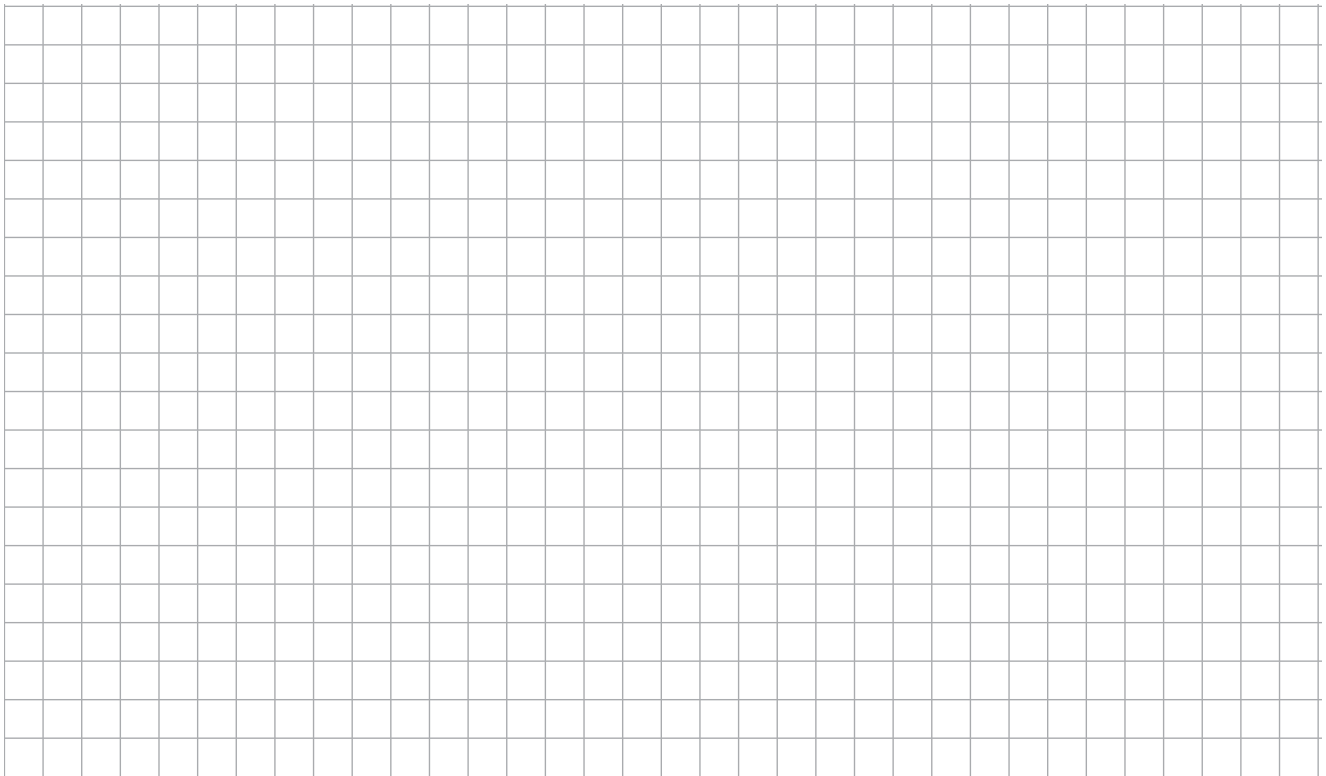
35. Визначте (у градусах), на скільки відхилиться від первинного напрямку промінь світла, який падає на бічну поверхню прямокутної скляної призми. Заломлюючий кут призми $\varphi = 30^\circ$.



Відповідь: _____

36. Визначте (у сантиметрах) фокусну відстань збиральної лінзи, якщо за її допомогою можна отримати два дійсні зображення світної точки на екрані, до якого від точки — 2 м. Відстань між двома положеннями лінзи — 1 м.

Відповідь: _____





ХВИЛЬОВА ОПТИКА

Основні формули

Зміна довжини світлової хвилі в прозорому середовищі

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n};$$

Умова інтерференційних максимумів

$$\Delta = k\lambda;$$

Умова інтерференційних мінімумів

$$\Delta = (2k+1)\frac{\lambda}{2}.$$

Умова максимумів для дифракційної ґратки

$$d \sin \varphi = k\lambda;$$

Радіус темних кілець Ньютона

$$r_{\text{т}} = \sqrt{k\lambda R};$$

Радіус світлих кілець Ньютона

$$r_{\text{св}} = \sqrt{(2k+1)\frac{\lambda}{2}R}.$$

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ. Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією. Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

- Електромагнітні хвилі з довжиною 500 нм належать до діапазону:
А інфрачервоного випромінювання
Б видимого світла
В ультрафіолетового випромінювання
Г рентгенівського випромінювання
- Довжина хвилі видимого світла:
А менша за довжину хвилі ультрафіолетового випромінювання
Б більша за довжину хвилі рентгенівського випромінювання
В менша за довжину хвилі гамма-випромінювання
Г більша за довжину хвилі радіохвиль
- Під час проходження вузького світлового пучка через трикутну призму можна спостерігати різнокольорову смужку на екрані поза призмою. Це є результатом:

А дифракції світла	Б інтерференції світла	В дисперсії світла	Г поглинання світла
--------------------	------------------------	--------------------	---------------------

4. Утворення різнокольорового забарвлення поверхні мильної бульбашки є результатом:

А дисперсії світла	Б заломлення світла	В дифракції світла	Г інтерференції світла
--------------------	---------------------	--------------------	------------------------

5. Як змінюється довжина та частота світлової хвилі при переході світла з повітря в скло?

- А Частота зменшується, довжина хвилі не змінюється
 Б Частота збільшується, довжина хвилі не змінюється
 В Частота не змінюється, довжина хвилі зменшується
 Г Частота не змінюється, довжина хвилі збільшується

6. Якщо за допомогою напівпрозорого дзеркала розділити світловий промінь на два, а потім спрямувати обидва ці промені на екран, то можна спостерігати світлову картину, яка складається зі світлих та темних ділянок. Це дослід зі спостереження:

А заломлення світла	Б дисперсії світла	В інтерференції світла	Г дифракції світла
---------------------	--------------------	------------------------	--------------------

7. Виберіть правильне твердження.

- А Для спостереження дифракції на шляху світла потрібно розмістити досить маленьку перешкоду
 Б Інтерференція світла спостерігається тільки у вакуумі
 В Світлові хвилі поширюються тільки в пружному середовищі
 Г Дисперсія світла спостерігається тільки в склі

8. Відомо, що в системах кольорового телебачення та в кольоровій фотографії біле світло є результатом складання світла, яке відповідає червоному, блакитному й зеленому кольорам. Цих кольорів три тому, що:

- А під час розкладання природного білого світла за допомогою призми ми також отримуємо три кольори
 Б в людському оці три типи кольорових світлових рецепторів
 В використання в телебаченні та фотографії більше трьох кольорів технічно є дуже складним процесом
 Г вони, у свою чергу, складаються з інших кольорів

9. Спектрально чистим жовтим світлом освітлюють аркуш паперу синього кольору. Якого кольору в нашому сприйнятті буде цей аркуш?

А Зеленого	Б Синього	В Жовтого	Г Чорного
------------	-----------	-----------	-----------

10. Електромагнітні хвилі якої частоти людина сприймає як видиме світло?

А $6 \cdot 10^{12}$ Гц	Б $6 \cdot 10^{13}$ Гц	В $6 \cdot 10^{14}$ Гц	Г $6 \cdot 10^{15}$ Гц
------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

11. Дві хвилі з однаковою частотою та однаковою різницею фаз називаються:

А однаковими	Б когерентними	В перпендикулярними	Г паралельними
--------------	----------------	---------------------	----------------

12. Якщо металеву кульку діаметром 1 см поставити на відстані 10 см від точкового джерела світла, то за кулькою ми будемо спостерігати:

А утворення тіні	Б заломлення світла	В інтерференцію світла	Г дифракцію світла
------------------	---------------------	------------------------	--------------------

13. Світлова хвиля переходить із вакууму в скло, показник заломлення якого складає 1,5. Як змінюється довжина світлової хвилі?

А Збільшується в 3 рази	Б Збільшується в 1,5 разу	В Зменшується в 1,5 разу	Г Зменшується в 3 рази
-------------------------	---------------------------	--------------------------	------------------------

14. Світлова хвиля переходить із бензолу в повітря, показник заломлення бензолу 1,5. Як змінюється частота світлової хвилі?

А Збільшується в 1,5 разу	Б Не змінюється	В Зменшується в 1,5 разу	Г Зменшується в 3 рази
---------------------------	-----------------	--------------------------	------------------------

15. Екран освітлено двома точковими джерелами когерентного світла початковою начальною фазою. Яким є результат інтерференції хвиль на екрані?

- А Весь екран рівномірно освітлений
- Б Весь екран темний, освітленою є тільки центральна частина
- В На екрані в певному порядку чергуються темні та світлі ділянки, у центрі екрана — темна пляма
- Г На екрані в певному порядку чергуються темні та світлі ділянки, у центрі екрана — світла пляма

16. У деякій точці простору накладаються одна на одну дві когерентні світлові хвилі з різницею ходу півтори довжини хвилі. Початкова фаза хвиль однакова. Виберіть правильне твердження.

- А Хвилі приходять у дану точку в протифазі
- Б Фази хвиль у даній точці відрізняються на $\pi/4$
- В Фази хвиль у даній точці збігаються
- Г Фази хвиль у даній точці відрізняються на $\pi/2$

17. У деяку точку простору приходять дві когерентні світлові хвилі з різницею ходу 2,45 мкм. Початкова фаза хвиль однакова. Якою може бути довжина хвилі, щоб у даній точці спостерігався інтерференційний мінімум?

А 467 нм	Б 600 нм	В 700 нм	Г 750 нм
----------	----------	----------	----------

18. У деякій точці простору накладаються одна на одну дві когерентні світлові хвилі з різницею ходу половина довжини хвилі. Початкова фаза хвиль відрізняється на π . Виберіть правильне твердження.

- А Хвилі приходять у дану точку в протифазі
- Б Фази хвиль у даній точці відрізняються на $\pi/4$
- В Фази хвиль у даній точці збігаються
- Г Фази хвиль у даній точці відрізняються на $\pi/2$

19. Екран освітлено двома точковими джерелами когерентного світла з довжиною хвилі 500 нм. У деякій точці екрана спостерігається інтерференційний максимум. Початкова фаза хвиль однакова. Якою може бути різниця ходу двох світлових хвиль?

А 100 нм	Б 250 нм	В 750 нм	Г 1000 нм
----------	----------	----------	-----------

20. Два когерентні джерела світла з однаковою початковою фазою утворюють в склі інтерференційну картину. Визначте мінімальну різницю відстаней точки мінімуму від джерел, якщо частота світла становить $4 \cdot 10^{14}$ Гц.

А 125 нм	Б 250 нм	В 375 нм	Г 562,5 нм
----------	----------	----------	------------

21. Просвітлення лінзової оптики дозволяє:

- А збільшити показник заломлення скла лінз
- Б зменшити коефіцієнт відбиття у всьому діапазоні видимого світла
- В зменшити коефіцієнт відбиття для певної довжини хвилі видимого світла
- Г збільшити коефіцієнт відбиття для певної довжини хвилі видимого світла

22. Оберіть назву пристрою, який дозволяє визначати розміри тіл із точністю до 12,5 % довжини світлової хвилі.

А Динамометр	Б Інтерферометр	В Мікрометр	Г Люксметр
--------------	-----------------	-------------	------------

23. Якщо покласти на плоску поверхню скла випуклу лінзу з великим радіусом кривизни, у відбитому від поверхні світлі можна побачити концентричні темні та світлі кола. Це явище викликане:

- А заломленням світла в лінзі
- Б відбиттям світла від плоскої поверхні скла
- В утворенням дійсного зображення в лінзі
- Г інтерференцією світлових хвиль, відбитих від нижньої поверхні лінзи та плоскої поверхні скла

24. Дифракційна ґратка містить 100 штрихів на 1 мм. Відстань від решітки до екрана дорівнює 5 м. Решітку освітлюють зеленим світлом (довжина хвилі — 500 нм), і на екрані утворюється дифракційна картина. На який кут відхилилися промені, що утворили спектр другого порядку?

А $0,1^\circ$	Б $2,9^\circ$	В $5,7^\circ$	Г 10°
---------------	---------------	---------------	--------------

25. Від дифракційної ґратки до екрана — 2 м. Під час освітлення ґратки монохроматичним світлом з довжиною хвилі 500 нм відстань між центральним і першим максимумами на екрані дорівнює 4 см. Скільки штрихів на міліметр має решітка?

А 25 штрихів	Б 40 штрихів	В 250 штрихів	Г 400 штрихів
--------------	--------------	---------------	---------------

26. На відстані 1 м від екрана знаходиться дифракційна решітка, у якої 100 штрихів на кожен міліметр. Чому дорівнює відстань між максимумами нульового й першого порядку, якщо на ґратку падає світло з довжиною хвилі 600 нм?

А 3 мм	Б 6 мм	В 3 см	Г 6 см
--------	--------	--------	--------

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою. Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією. Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

**Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!
Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей**

27. Установіть відповідність між пристроями або об'єктами та світловими явищами, які в них відбуваються.

1 Дифракційна ґратка	А Інтерференція світла
2 Тонка прозора плівка	Б Дифракція світла
3 Трикутна призма	В Поглинання світла
4 Увігнуте дзеркало	Г Дисперсія світла
	Д Відбиття світла

28. Установіть відповідність між довжинами електромагнітних хвиль та їхніми назвами.

1 60 пм	А Радіохвилі
2 60 нм	Б Інфрачервоне випромінювання
3 600 нм	В Видиме світло
4 6000 нм	Г Ультрафіолетове випромінювання
	Д Рентгенівське випромінювання

29. Установіть відповідність між властивостями та назвами електромагнітних хвиль.

1 Ці хвилі мають дуже велику проникну здатність	А Радіохвилі
2 Друга назва цих хвиль — теплове випромінювання	Б Інфрачервоне випромінювання
3 Для спостереження мінімуму інтерференції цих хвиль мінімальна різниця ходу повинна бути близько 250 нм	В Видиме світло
4 Існування цих хвиль спочатку передбачив Дж. Максвелл, а потім відкрив експериментально Г. Герц	Г Ультрафіолетове випромінювання
	Д Рентгенівське випромінювання

30. Під час визначення показника заломлення було встановлено, що для зеленого світла він дорівнює 1,5. Через дисперсію показник заломлення для світла інших кольорів виявився іншим. Установіть відповідність між показами заломлення та кольорами світла.

1 1,47	А Біле світло
2 1,48	Б Червоне світло
3 1,49	В Оранжеве світло
4 1,51	Г Блакитне світло
	Д Жовте світло

У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)

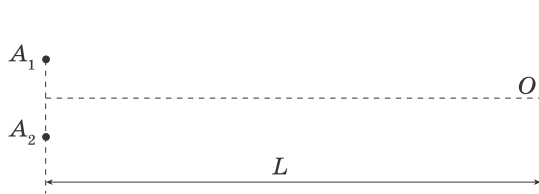
31. На поверхні скла розташована тонка плівка рідини з показником заломлення 1,33. Плівка під час освітлення червоним світлом ($\nu = 4,5 \cdot 10^{14}$ Гц) здається чорною. Визначте (у мікрометрах), на скільки за рахунок висихання плівка стала більш тонкою, якщо вона почала здаватися червonoю.

Відповідь: _____

32. Якщо людську волосину покласти на краю між скляними пластинками шириною 10 см й освітити пластинки монохроматичним світлом із довжиною хвилі 500 нм, то утворюються інтерференційні смужки на відстані 0,5 мм одна від одної. Світло падає за нормаллю до пластинок. Визначте (у мікрометрах) товщину людського волосся.

Відповідь: _____

33. Два когерентні точкові джерела світла A_1 і A_2 з однаковою початковою фазою розташовані на відстані $L = 5$ м від екрана. Визначте (у міліметрах) відстань між двома сусідніми максимумами в центрі екрана, якщо відстань між джерелами дорівнює 0,5 мм, довжина хвилі — 600 нм.



Відповідь: _____

34. На фотографії представлена інтерференційна картина, утворена завдяки відбиттю світла від зовнішньої та внутрішньої поверхонь тонкого шару повітря між випуклою лінзою та плоским дзеркалом (кільця Ньютонa). Визначте (у десятках нанометрів) довжину світлової хвилі, якою освітлюють лінзу, якщо радіус третього темного кільця становить 3 мм, радіус кривизни лінзи — 6 м.



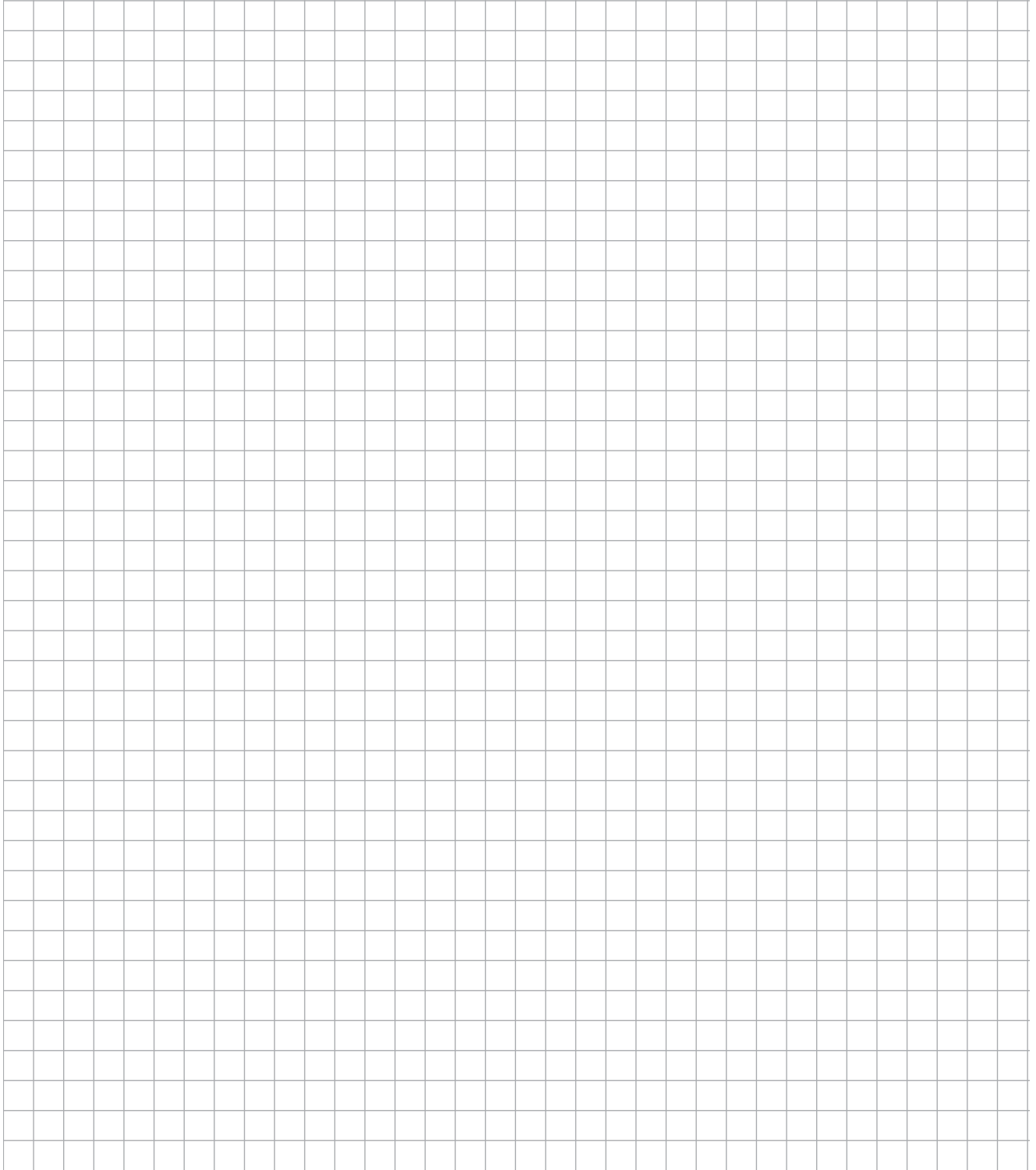
Відповідь: _____

35. Дифракційну ґратку з періодом 0,0024 мм освітлюють монохроматичним світлом із довжиною хвилі 600 нм. Визначте найбільший номер максимуму, який можна спостерігати на екрані, розташованому за решіткою.

Відповідь: _____

36. Визначте (у десятках нанометрів) довжину хвилі монохроматичного світла, яким освітлюють дифракційну ґратку. Ґратка містить 50 штрихів на мм, відстань від ґратки до екрана — 2 м, відстань між максимумами першого порядку — 10 см.

Відповідь: _____





СТВ, КВАНТОВА ОПТИКА, АТОМНА ТА ЯДЕРНА ФІЗИКА

Основні формули

Релятивістський закон додавання швидкостей

$$v = \frac{v_1 \pm v_2}{1 \pm \frac{v_1 v_2}{c^2}};$$

Релятивістське скорочення розмірів тіл

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}};$$

Релятивістське сповільнення часу

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};$$

Енергія спокою тіла

$$W_0 = mc^2;$$

Повна енергія тіла

$$W = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};$$

Кінетична енергія тіла

$$W_k = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - mc^2.$$

Енергія фотона

$$W = h\nu;$$

Імпульс фотона

$$p = \frac{h}{\lambda};$$

Частота випромінювання атома, який переходить з одного стаціонарного стану в інший

$$\nu = \frac{W_n - W_m}{h}$$

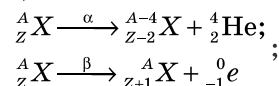
Формула фотоефекту

$$h\nu = \frac{mv^2}{2} + h\nu_{\text{гран}};$$

Закон радіоактивного розпаду

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}};$$

Правила зміщення



Дефект маси ядра

$$\Delta M_0 = Zm_p + (A - Z)m_n - M_0;$$

Енергетичний вихід ядерної реакції

$$W = (M_{\text{до реакції}} - M_{\text{після реакції}})c^2.$$

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ. Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією. Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

1. На ракеті, швидкість якої відносно Землі дорівнює $0,6c$, увімкнули прожектор у напрямку руху ракети. Якою є швидкість поширення світла відносно Землі?

А	$0,4c$	Б	$0,6c$	В	c	Г	$1,6c$
---	--------	---	--------	---	-----	---	--------

2. З ракети, швидкість якої відносно Землі дорівнює $0,8c$, випустили вперед снаряд зі швидкістю $0,5c$ відносно ракети. Якою є швидкість снарядів відносно Землі?

А $1,3c$	Б $0,93c$	В $0,65c$	Г $0,31c$
----------	-----------	-----------	-----------

3. Повна енергія тіла в 1,5 разу перевищує енергію спокою цього тіла. У скільки разів кінетична енергія тіла відрізняється від енергії спокою?

А Більша в 1,5 разу	Б Більша у 2 рази	В Менша в 1,5 разу	Г Менша у 2 рази
---------------------	-------------------	--------------------	------------------

4. За якої швидкості руху кінетична енергія тіла в 4 рази перевищує енергію спокою?

А $0,25c$	Б $0,98c$	В $4c$	Г $5c$
-----------	-----------	--------	--------

5. Визначте швидкість електрона, який був розігнаний електричним полем із напругою 1 МВ.

А $0,74c$	Б $0,86c$	В $0,94c$	Г $1,98c$
-----------	-----------	-----------	-----------

6. Потужність випромінювання Сонця дорівнює $3,85 \cdot 10^{26}$ Вт. Яку масу внаслідок цього випромінювання втрачає Сонце щохвилини?

А $2,6 \cdot 10^8$ т	Б $10,3 \cdot 10^8$ т	В $7,7 \cdot 10^{16}$ т	Г $6,9 \cdot 10^{33}$ т
----------------------	-----------------------	-------------------------	-------------------------

7. За якої швидкості руху ракета «скорочується» в 1,5 разу за рахунок релятивістських ефектів?

А $0,5c$	Б $0,58c$	В $0,75c$	Г $1,5c$
----------	-----------	-----------	----------

8. У скільки разів подовжується життя нестабільної частинки за рахунок релятивістських ефектів, якщо вона рухається зі швидкістю $0,8c$?

А 1,25	Б 1,6	В 1,7	Г 1,8
--------	-------	-------	-------

9. Корпускулярні властивості світла проявляються під час:

- А дифракції світла
- Б розкладання білого світла в спектр за допомогою призми
- В фотоефекту
- Г інтерференції двох світлових пучків

10. Поверхня абсолютно чорного тіла освітлена випромінюванням із частотою ν . Яку мінімальну енергію може поглинути тіло?

А Будь-яку	Б $h\nu/2$	В $h\nu$	Г $2h\nu$
------------	------------	----------	-----------

11. Який імпульс має фотон із довжиною хвилі 500 нм?

А $3,3 \cdot 10^{-44}$ (кг·м)/с	Б $1,3 \cdot 10^{-27}$ (кг·м)/с	В $7,5 \cdot 10^{26}$ (кг·м)/с	Г $3 \cdot 10^{39}$ (кг·м)/с
---------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	------------------------------

12. Довжина хвилі лазерного випромінювання дорівнює 650 нм, потужність випромінювання — 10 мВт. Скільки фотонів випромінює лазер щосекунди?

А $1,4 \cdot 10^4$	Б $1,1 \cdot 10^8$	В $2,1 \cdot 10^{10}$	Г $3,3 \cdot 10^{16}$
--------------------	--------------------	-----------------------	-----------------------

13. Фотон довжиною хвилі 600 нм падає на поверхню абсолютно чорного тіла під кутом 45° і поглинається. Який імпульс він передає тілу?

А $3,3 \cdot 10^{-44}$ (кг·м)/с	Б $7,8 \cdot 10^{-28}$ (кг·м)/с	В $1,1 \cdot 10^{-27}$ (кг·м)/с	Г $1,6 \cdot 10^{-27}$ (кг·м)/с
---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

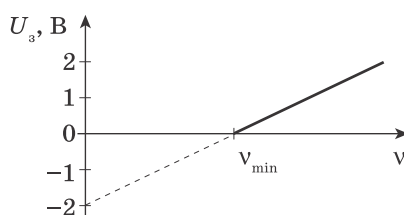
14. Під дією світлового випромінювання з поверхні металу вилітають електрони. Їхня максимальна кінетична енергія залежить від:

- А інтенсивності світла
 Б відстані від джерела світла
 В довжини хвилі світла
 Г кута падіння світла на поверхню металу

15. Фотоефект у металі спричиняється фотонами, які мають енергію 4,5 еВ. Робота виходу з металу дорівнює 2 еВ. Якою може бути максимальна енергія фотоелектронів?

А 2 еВ	Б 2,5 еВ	В 4 еВ	Г 6,5 еВ
--------	----------	--------	----------

16. Залежність затримувальної напруги від частоти падаючого світла для вакуумного фотоелемента зображена на рисунку. Світлом якої частоти потрібно освітлювати катод фотоелемента, щоб із нього вилітали фотоелектрони з енергією 1 еВ?



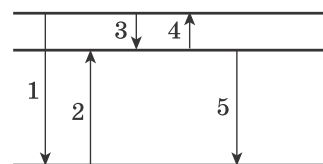
А $2,4 \cdot 10^{14}$ Гц	Б $3,6 \cdot 10^{14}$ Гц	В $7,2 \cdot 10^{14}$ Гц	Г $1,1 \cdot 10^{15}$ Гц
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

17. Метал із червоною границею фотоефекту 500 нм освітлюється випромінюванням частотою $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц. Якою може бути максимальна швидкість фотоелектронів?

А $4,7 \cdot 10^5$ м/с	Б $1,4 \cdot 10^6$ м/с	В $2,2 \cdot 10^{11}$ м/с	Г $2 \cdot 10^{12}$ м/с
------------------------	------------------------	---------------------------	-------------------------

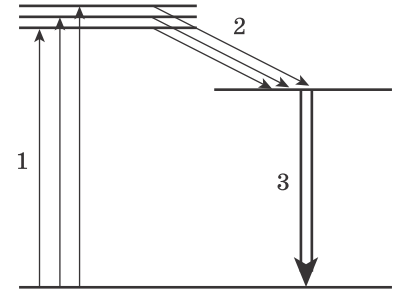
18. На рисунку представлена схема енергетичних рівнів атома. Стрілочки вказують на переходи, які здійснює електрон між рівнями. Який перехід відповідає випромінюванню фотона з найменшою енергією, а який — поглинанню з найбільшою енергією?

- А Випромінювання фотона з найменшою енергією — 1;
 поглинання фотона з найбільшою енергією — 3
 Б Випромінювання фотона з найменшою енергією — 5;
 поглинання фотона з найбільшою енергією — 1
 В Випромінювання фотона з найменшою енергією — 3;
 поглинання фотона з найбільшою енергією — 2
 Г Випромінювання фотона з найменшою енергією — 3;
 поглинання фотона з найбільшою енергією — 4



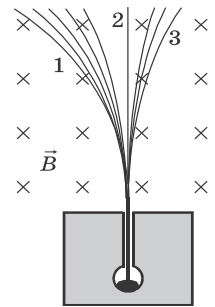
19. На рисунку зображена спрощена схема енергетичних рівнів лазера. Назвіть кожен етап роботи лазера за цією схемою.

- А 1 — перехід на основний рівень, 2 — накачка, 3 — перехід на метастабільний рівень
 Б 1 — накачка, 2 — перехід на метастабільний рівень, 3 — перехід на основний рівень
 В 1 — перехід на метастабільний рівень, 2 — перехід на основний рівень, 3 — накачка
 Г 1 — перехід на основний рівень, 2 — перехід на метастабільний рівень, 3 — накачка



20. З вузького каналу, на дні якого знаходиться радіоактивний препарат (див. рисунок), виходить радіоактивне випромінювання, яке в магнітному полі розбивається на три пучки. Оберіть правильне твердження.

- А Пучок 1 — β -випромінювання, пучок 2 — γ -випромінювання, пучок 3 — α -випромінювання
 Б Пучок 1 — α -випромінювання, пучок 2 — β -випромінювання, пучок 3 — γ -випромінювання
 В Пучок 1 — γ -випромінювання, пучок 2 — α -випромінювання, пучок 3 — β -випромінювання
 Г Пучок 1 — α -випромінювання, пучок 2 — γ -випромінювання, пучок 3 — β -випромінювання



21. Період напіврозпаду Цезію-137 становить 30 років. Скільки відсотків атомів цього ізотопу залишиться після 300 років?

А 0,1 %	Б 0,3 %	В 1 %	Г 10 %
---------	---------	-------	--------

22. Ядро атома $^{235}_{92}\text{U}$ випромінило нейтрон. Скільки нуклонів залишилося в ядрі атома?

А 91	Б 93	В 234	Г 236
------	------	-------	-------

23. Після захоплення нейтрона ядро атома $^{238}_{92}\text{U}$ випромінило електрон. Ядро якого атома утворилося?

А $^{239}_{92}\text{U}$	Б $^{239}_{93}\text{Np}$	В $^{239}_{91}\text{Pa}$	Г $^{239}_{90}\text{Th}$
-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

24. Радіоактивний ізотоп Карбону утворюється в атмосфері з Нітрогену. Яке рівняння реакції описує це перетворення?

А $^{14}_7\text{N} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^7_3\text{Li}$	Б $^{14}_7\text{N} + ^1_0n \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^1_1\text{H}$	В $^{14}_7\text{N} + ^0_0\text{He} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^0_1n$	Г $^{14}_7\text{N} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^1_0n$
---	--	---	--

25. Під час ядерної реакції маса частинок, що взаємодіяли, збільшилася на 0,01 а.о.м. Обчисліть енергетичний вихід ядерної реакції.

А Виділилося 9,31 МеВ	Б Виділилося $9 \cdot 10^{16}$ Дж	В Було поглинуто 9,31 МеВ	Г Було поглинуто $9 \cdot 10^{16}$ Дж
-----------------------	-----------------------------------	---------------------------	---------------------------------------

26. У природному урані ланцюгова ядерна реакція неможлива тому, що:
- А за природних умов температура урану занадто мала
 - Б нейтрони поглинаються переважно ядрами Урану-238 без подальшого поділу ядер
 - В нейтрони переважно вилітають назовні, не спричиняючи поділу ядер урану
 - Г під час поділу ядер атомів урану не утворюються вільні нейтрони

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрою, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою.

Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією.

Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

27. Установіть відповідність між формулами та величинами, які можна обчислити за цими формулами.

1 $E = h\nu$	А Відносна швидкість тіл
2 $p = \frac{h}{\lambda}$	Б Швидкість фотона
3 $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	В Імпульс фотона
4 $v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$	Г Енергія фотона
	Д Повна енергія тіла

28. Установіть відповідність між назвами приладів для реєстрації радіоактивного випромінювання та фізичними процесами, на яких ґрунтується робота цих приладів.

1 Утворення бульбашок насиченої пари в перегрітій рідині	А Лічильник Гейгера — Мюллера
2 Утворення крапельок туману в перенасиченій парі	Б Фотопластинки з товстошаровою фотоемульсією
3 Світіння люмінофору під дією зарядженої частинки	В Бульбашкова камера
4 Фотохімічні реакції в кристалах галогенідів срібла під дією зарядженої частинки	Г Камера Вільсона
	Д Сцинціляційний лічильник

29. Установіть відповідність між назвою йонізуючих випромінювань та їхньою фізичною природою.

1	α -випромінювання
2	β -випромінювання
3	γ -випромінювання
4	Рентгенівське випромінювання

А	Потік протонів
Б	Потік електронів
В	Жорстке електромагнітне випромінювання
Г	Потік ядер атомів Гелію
Д	Надзорстке електромагнітне випромінювання

30. Установіть відповідність між випромінюванням певних частинок і процесами, пов'язаними з цими випромінюваннями.

1	Випромінювання α -частинки
2	Випромінювання фотона з довжиною хвилі близько сотень нанометрів
3	Однотимчасне випромінювання двох γ -квантів
4	Випромінювання β -частинки

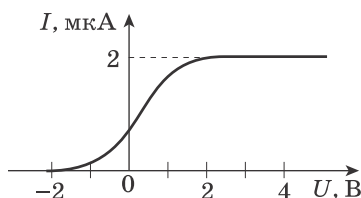
А	Анігіляція нерухомих електрона та позитрона
Б	Перехід атома зі збудженого стану в основний
В	Зменшення масового числа атомного ядра на 4 атомні одиниці маси
Г	Збільшення зарядового числа атомного ядра на 1
Д	Поглинання атомом Урану-235 повільного нейтрона

У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)

31. Визначте (у наноньютонах) силу, з якою лазер потужністю 300 мВт діє на дзеркало. Кут падіння світла на дзеркало — 90° . Коефіцієнт відбиття — 1.

Відповідь: _____

32. Визначте (у міліватах) потужність світлового випромінювання з довжиною хвилі 400 нм, якщо кожен сотий фотон цього випромінювання вириває з поверхні вакуумного фотоелемента один електрон. Вольт-амперна характеристика фотоелемента подана на рисунку.



Відповідь: _____

33. Визначте (у тис. років) вік залишків стародавнього поселення, якщо в деревині, яку було знайдено на місці розкопок, залишилося 25 % радіоактивного вуглецю $^{14}_6\text{C}$ від його первісної кількості. Період напіврозпаду радіоактивного вуглецю $^{14}_6\text{C}$ — 5700 років.

Відповідь: _____

34. Визначте (у МеВ) енергетичний вихід ядерної реакції ${}^7_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^1_0\text{n}$.

Відповідь: _____

35. Визначте (у радіанах) кут, під яким розлітаються дві α -частинки з однаковими енергіями, які утворилися після зіткнення протона з кінетичною енергією 5 МеВ з нерухомим ядром ${}^7_3\text{Li}$.

Відповідь: _____

36. Визначте (у кілограмах) масу Урану-235, яку щодоби витрачає атомна електростанція потужністю 1000 МВт і ККД 20 %. Вважайте, що під час кожного поділу ядра Урану виділяється енергія 200 МеВ.

Відповідь: _____





БЛАНК ВІДПОВІДЕЙ

A

Увага! Відмічайте тільки один варіант відповіді у рядку варіантів відповідей до кожного завдання. Дотримуйтесь, будь ласка, правил запису відповідей. У завданнях 31–36 правильну відповідь запишіть, враховуючи положення коми, по одній цифрі в кожному білому прямокутнику. Знак «мінус» запишіть в окремому білому прямокутнику ліворуч від цифри.

Наприклад: правильно записане число 2 матиме такий вигляд:

		2		

чи такий:

		2	0
--	--	---	---

правильно записане число 2,5 матиме такий вигляд:

		2	,	5	

правильно записане число -2,05 матиме такий вигляд:

		-	2	,	0	5

Неправильно записане число 2,5 має такий вигляд:

2			,	5
---	--	--	---	---

чи такий:

		2			5
--	--	---	--	--	---

У завданнях 1–30 правильну відповідь позначайте тільки так:

Якщо ви позначили відповідь до котрогось із завдань 1–30 неправильно, то можете її виправити, замалювавши попередню позначку та поставивши нову, як показано на зразку:

	А	Б	В	Г	Д
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г
1					7					13					19					25				
2					8					14					20					26				
3					9					15					21									
4					10					16					22									
5					11					17					23									
6					12					18					24									

	А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д	
27	1					28	1					29	1					30	1					
	2						2						2						2					
	3						3						3						3					
	4						4						4						4					

Приклад написання цифр: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 -

У завданнях 31–36 відповідь запишіть цифрами, враховуючи положення коми.

31				,			33			,			35			,		
32				,			34			,			36			,		

Місце виправлення помилкової відповіді

Щоб виправити відповідь до котрогось із завдань 31–36, запишіть нову відповідь у відповідних клітинках.

31				,			33			,			35			,		
32				,			34			,			36			,		

ТЕСТ 1 У ФОРМАТІ ЗНО-2012

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише **ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ**.
Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією.
Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!
Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

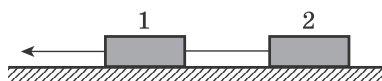
1. Канівським водосховищем плывуть два судна: одне у бік Канева, друге — у бік Києва. Установіть значення й напрям швидкості першого судна відносно другого за умови, що відносно води перше судно має швидкість 26 км/год, а друге — 12 км/год.

А 38 км/год, у бік Києва	Б 38 км/год, у бік Канева	В 14 км/год, у бік Києва	Г 14 км/год, у бік Канева
-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	------------------------------

2. З вежі висотою 45 м горизонтально кидають камінь зі швидкістю 10 м/с. На якій відстані від вежі камінь впаде на землю? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 30 м	Б 45 м	В 60 м	Г 450 м
--------	--------	--------	---------

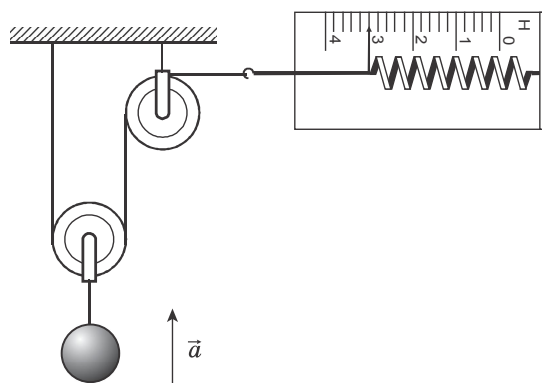
3. По гладенькому горизонтальному столу тягнуть два бруски (див. рисунок). З яким прискоренням рухається перший брусок, якщо сила натягу нитки між брусками дорівнює 0,4 Н? Маса першого бруска — 100 г, другого — 400 г.



А 0,8 м/с ²	Б 1 м/с ²	В 1,3 м/с ²	Г 4 м/с ²
------------------------	----------------------	------------------------	----------------------

4. За допомогою рухомого та нерухомого блоків піднімають вантаж із прискоренням 5 м/с². Якою є маса вантажу? Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 150 г	В 400 г
Б 300 г	Г 600 г



5. Вертикально вгору зробили постріл із мисливської рушниці. Початкова швидкість кулі становить 200 м/с. На якій висоті швидкість кулі зменшиться на 40 %? Опором повітря знехтуйте, вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 720 м	Б 1280 м	В 2000 м	Г 4000 м
---------	----------	----------	----------

6. Яку середню квадратичну швидкість мали атоми Аргентуму в досліді Штерна? Температура платиного дроту, з якого випаровувалося срібло, становила 960 °С.

А 15 м/с	Б 300 м/с	В 470 м/с	Г 530 м/с
----------	-----------	-----------	-----------

7. В герметичному циліндрі знаходиться ідеальний газ. Тиск газу дорівнює 200 кПа, температура газу становить 27 °С. До якої температури потрібно нагріти газ, щоб тиск становив 400 кПа.

А 54 °С	Б 81 °С	В 327 °С	Г 627 °С
---------	---------	----------	----------

8. На шкалі ртутного медичного термометра 1 мм відповідає 0,1 °С. Яку похибку дає такий термометр за рахунок капілярного ефекту? Внутрішній діаметр капіляра термометра становить 1 мм, ртуть скло не змочує.

А 0,075 °С	Б 0,150 °С	В 0,225 °С	Г 0,3 °С
------------	------------	------------	----------

9. У вертикальному циліндрі під поршнем міститься 160 г неону. Неон підігривають — і його об'єм збільшується від 200 до 300 дм³. Яку кількість теплоти було передано газу? Початкова температура неону становила 300 К.

А 5 кДж	Б 10 кДж	В 15 кДж	Г 25 кДж
---------	----------	----------	----------

10. У воду масою 800 г за температури 60 °С кладуть шматочок льоду за температури 0 °С. Після завершення теплообміну температура води становить 10 °С. Якою була маса льоду? Тепловими втратами знехтуйте.

А 450 г	Б 510 г	В 540 г	Г 610 г
---------	---------	---------	---------

11. На якій відстані в машинному маслі два заряди по 4 нКл кожен взаємодітимуть із силою 16 мкН? Діелектрична проникність масла становить 2,5.

А 3,8 см	Б 6 см	В 9,5 см	Г 15 см
----------	--------	----------	---------

12. В однорідному електричному полі вздовж силової лінії на відстань 12 см було перенесено пробний заряд 3 нКл. Поле виконало роботу 36 мкДж. Якою є напруженість електричного поля?

А 1 кВ/м	Б 1,44 кВ/м	В 90 кВ/м	Г 100 кВ/м
----------	-------------	-----------	------------

13. Два резистори — $R_1 = 30 \text{ Ом}$ і $R_2 = 90 \text{ Ом}$ — з'єднали паралельно й підключили до джерела струму. Яка частина від загального струму тече в резисторі R_1 ?

А 1/4	Б 1/3	В 3/4	Г 5/6
-------	-------	-------	-------

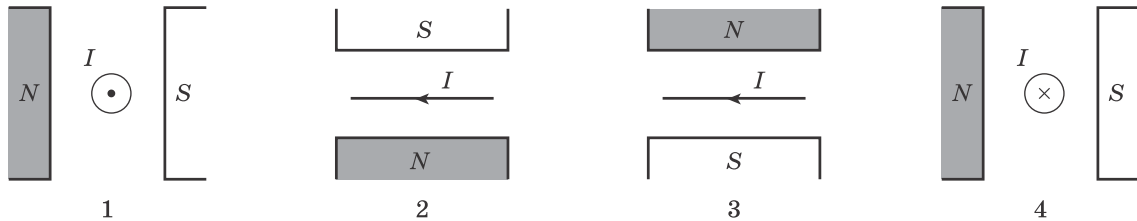
14. Електродвигун підключено до мережі з напругою 220 В. Сила струму через електродвигун під час його роботи дорівнює 2 А. Опір обмоток електродвигуна становить 10 Ом. Обчисліть корисну потужність електродвигуна.

А 40 Вт	Б 400 Вт	В 440 Вт	Г 480 Вт
---------	----------	----------	----------

15. Електродвигун підійомника підключено до мережі з напругою 220 В. Сила струму через електродвигун під час його роботи дорівнює 2 А. З якою сталою швидкістю підійомник піднімає вантаж масою 30 кг? ККД підійомника становить 75 %.

А 1,1 м/с	Б 1,5 м/с	В 2 м/с	Г 11 м/с
-----------	-----------	---------	----------

16. Укажіть, у якому випадку сила Ампера напрямлена до нас.

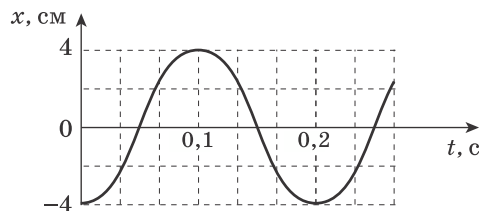


А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

17. Обчисліть електрохімічний еквівалент Купруму в розчині мідного купоросу (CuSO_4).

А $3,3 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл	Б $6,6 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл	В $13,3 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл	Г $3,3 \cdot 10^{-4}$ кг/Кл
-----------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------

18. За графіком координати тіла, що здійснює гармонічні коливання, визначте амплітуду, період та частоту коливань.



А 4 см; 0,2 с; 0,2 Гц	Б 4 см; 0,2 с; 5 Гц	В 8 см; 0,2 с; 0,2 Гц	Г 8 см; 0,2 с; 5 Гц
-----------------------	---------------------	-----------------------	---------------------

19. Як змінюється частота та довжина звукової хвилі сирени, яку випромінює машина швидкої допомоги, коли машина проїжджає повз спостерігача?

- А Частота збільшується, довжина хвилі зменшується
 Б Частота збільшується, довжина хвилі збільшується
 В Частота зменшується, довжина хвилі зменшується
 Г Частота зменшується, довжина хвилі збільшується

20. З якою частотою має обертатися дрютова рамка в магнітному полі, щоб амплітудне значення ЕРС електромагнітної індукції в рамці становило 314 В? Рамка складається з 250 витків і має площу 400 см^2 , індукція магнітного поля становить 0,2 Тл.

А 25 с^{-1}	Б 50 с^{-1}	В 100 с^{-1}	Г 157 с^{-1}
-----------------------	-----------------------	------------------------	------------------------

21. Радіоприймач настроєний на прийом радіохвиль довжиною 16 м. Яким є значення ємності вхідного коливального контуру радіоприймача, якщо індуктивність контуру становить 0,6 мкГн?

А 1,2 нФ	Б 2,4 нФ	В 438 нФ	Г 4,8 нФ
----------	----------	----------	----------

22. Лінза дає уявне зображення лампочки на відстані 10 см від лінзи. Лампочка розташована на відстані 6 см від лінзи. Обчисліть фокусну відстань лінзи.

А 15 см	Б -3,8 см	В 3,8 см	Г 14 см
---------	-----------	----------	---------

23. Уздовж відрізка, який з'єднує два когерентні джерела світла з однаковими початковими фазами, спостерігаються інтерференційні максимуми й мінімуми. На якій мінімальній відстані від центрального максимуму (у напрямку до одного з джерел) спостерігається ще один максимум? Джерела випромінюють світло з довжиною хвилі 600 нм.

А 150 нм	Б 300 нм	В 450 нм	Г 600 нм
----------	----------	----------	----------

24. Протон рухається зі швидкістю, яка на 5 % менша за швидкість світла у вакуумі. У скільки разів його кінетична енергія відрізняється від енергії спокою?

- А Кінетична енергія менша за енергію спокою в 3,2 разу
 Б Кінетична енергія менша за енергію спокою в 2,2 разу
 В Кінетична енергія більша за енергію спокою в 2,2 разу
 Г Кінетична енергія більша за енергію спокою в 3,2 разу

25. Чому дорівнює робота виходу для металу, якщо під час падіння на його поверхню фотонів з енергією $6,4 \cdot 10^{-19}$ Дж, енергія фотоелектронів дорівнює 2,5 еВ?

А 1,5 еВ	Б 2,5 еВ	В $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж	Г $3,2 \cdot 10^{-19}$ Дж
----------	----------	---------------------------	---------------------------

26. Радіоактивний ізотоп Карбону утворюється в атмосфері з Нітрогену. Яке рівняння реакції описує це перетворення?

А ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^7_3\text{Li}$	В ${}^{14}_7\text{N} + {}^0_0\text{He} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^0_1n$
Б ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0n \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$	Г ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_0n$

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою.

Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією.

Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

27. Установіть відповідність між назвою сили та формулою, за якою її розраховують.

1 Сила тертя	А $F = \rho g V$
2 Сила Кулона	Б $F = \mu N$
3 Сила Лоренца	В $F = G \frac{mM}{r^2}$
4 Сила Архімеда	Г $F = q vB \sin \alpha$
	Д $F = k \frac{ q_1 \cdot q_2 }{r^2}$

28. Установіть відповідність між формулою та величиною, яку можна розрахувати за її допомогою.

1 $\frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$	А Швидкість тіла, кинутого під кутом до горизонту, у верхній точці траєкторії
2 $\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$	Б Максимальна дальність польоту тіла, кинутого під кутом до горизонту
3 $\frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$	В Максимальна висота підйому тіла, кинутого під кутом до горизонту
4 $v_0 \cos \alpha$	Г Час польоту тіла, кинутого під кутом до горизонту
	Д Час підйому тіла, кинутого під кутом до горизонту, на максимальну висоту

29. Установіть відповідність між назвою фізичного закону та його математичним записом.

1 Закон додавання швидкостей	А $\vec{v}_{\text{тіла відн нерух}} = \vec{v}_{\text{тіла відн рух}} + \vec{v}_{\text{рух відн нерух}}$
2 Закон Ома	Б $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_2 \vec{v}_2 + \dots = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2 + m_2 \vec{v}'_2 + \dots$
3 Закон всесвітнього тяжіння	В $I = \frac{U}{R}$
4 Закон збереження імпульсу	Г $F = G \frac{mM}{r^2}$
	Д $F = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t}$

30. Установіть відповідність між формулою та її фізичним змістом.

1 $R = \frac{U}{I}$	А Залежність опору від температури провідника
2 $R = \rho \frac{l}{S}$	Б Опір ділянки кола з двома резисторами
3 $R = R_0(1 + \alpha t)$	В Залежність опору від характеристик провідника
4 $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$	Г Залежність опору від напруги та сили струму
	Д Зв'язок між напругою та силою струму на ділянці електричного кола

**У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі
в загальному вигляді.)**

31. За зростання температури міцного герметичного сталевого балона з ідеальним газом у 1,25 разу, тиск усередині балона зріс на 400 кПа. Визначте (у МПа) тиск газу після нагрівання.

Відповідь: _____



БЛАНК ВІДПОВІДЕЙ

Увага! Відмічайте тільки один варіант відповіді у рядку варіантів відповідей до кожного завдання. Дотримуйтесь, будь ласка, правил запису відповідей. У завданнях 31–36 правильну відповідь запишіть, враховуючи положення коми, по одній цифрі в кожному білому прямокутнику. Знак «мінус» запишіть в окремому білому прямокутнику ліворуч від цифри.

A

Наприклад: **правильно** записане число 2 матиме такий вигляд:

		2		

чи такий:

		2	,	0

правильно записане число 2,5 матиме такий вигляд:

		2	,	5

правильно записане число –2,05 матиме такий вигляд:

		–	2	,	0	5

Неправильно записане число 2,5 має такий вигляд:

2			,	5

чи такий:

		2	,	5

У завданнях 1–30 правильну відповідь позначайте тільки так:

Якщо ви позначили відповідь до котрогось із завдань 1–30 неправильно, то можете її виправити, замалювавши попередню позначку та поставивши нову, як показано на зразку:

	А	Б	В	Г	Д
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г	
1						7					13					19					25				
2						8					14					20					26				
3						9					15					21									
4						10					16					22									
5						11					17					23									
6						12					18					24									

	А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д	
27	1					28	1					29	1						30	1				
	2						2						2							2				
	3						3						3							3				
	4						4						4							4				

Приклад написання цифр: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 –

У завданнях 31–36 відповідь запишіть цифрами, враховуючи положення коми.

31				,			33			,			35			,		
32				,			34			,			36			,		

Місце виправлення помилкової відповіді

Щоб виправити відповідь до котрогось із завдань 31–36, запишіть нову відповідь у відповідних клітинках.

31				,			33			,			35			,		
32				,			34			,			36			,		

ТЕСТ 2 У ФОРМАТІ ЗНО-2012

Завдання 1–26 мають чотири варіанти відповіді, з яких лише ОДИН ПРАВИЛЬНИЙ. Оберіть правильний, на Вашу думку, варіант і позначте його в бланку А згідно з інструкцією. Не робіть інших позначок у бланку А, тому що комп'ютерна програма реєструватиме їх як помилки!

**Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!
Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповіді!**

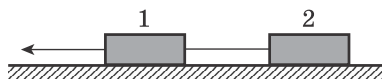
1. Автобус їде по дорозі на схід зі швидкістю 72 км/год. Назустріч йому їде вантажівка зі швидкістю 36 км/год. З якою швидкістю і в якому напрямку відносно вантажівки рухається автобус?

А 36 км/год, на захід	Б 36 км/год, на схід	В 108 км/год, на захід	Г 108 км/год, на схід
--------------------------	-------------------------	---------------------------	--------------------------

2. Тіло кидають під кутом 60° до горизонту з початковою швидкістю 20 м/с. На яку максимальну висоту підніметься тіло під час польоту? Опором повітря знехтуйте. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

А 15 м	Б 20 м	В 30 м	Г 40 м
--------	--------	--------	--------

3. По гладенькому горизонтальному столу тягнуть два бруски з прискоренням $0,5 \text{ м/с}^2$ (див. рисунок). Маса першого бруска — 200 г, другого — 800 г. Яке значення має сила натягу нитки, що з'єднує бруски?



А 0,1 Н	Б 0,3 Н	В 0,4 Н	Г 0,5 Н
---------	---------	---------	---------

4. Якою є маса кульки (див. рисунок)? Масою блока знехтуйте. Тертя відсутнє. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

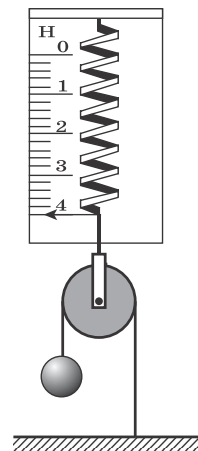
А 4 кг	Б 800 г	В 400 г	Г 200 г
--------	---------	---------	---------

5. Кулька без початкової швидкості почала вільно падати з висоти 60 м. На якій висоті її потенціальна енергія відносно поверхні землі буде вдвічі більша за її кінетичну енергію?

А 12 м	Б 20 м	В 40 м	Г 48 м
--------	--------	--------	--------

6. Обчисліть середню квадратичну швидкість атомів гелію в атмосфері Сонця. Температура атмосфери Сонця становить $6000 \text{ }^\circ\text{C}$.

А $8 \cdot 10^{-9} \text{ км/с}$	Б 6,1 км/с	В 6,3 км/с	Г $3,9 \cdot 10^4 \text{ км/с}$
----------------------------------	------------	------------	---------------------------------



7. У герметичному циліндрі під поршнем перебуває ідеальний газ. Поршень знаходиться на висоті 30 см від дна циліндра. Температура газу становить $57\text{ }^\circ\text{C}$. До якої температури потрібно нагріти газ, щоб поршень піднявся до висоти 50 см? Тертя відсутнє.

А $550\text{ }^\circ\text{C}$	Б $227\text{ }^\circ\text{C}$	В $198\text{ }^\circ\text{C}$	Г $91\text{ }^\circ\text{C}$
-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	------------------------------

8. На яку висоту піднімається спирт за $20\text{ }^\circ\text{C}$ у скляній капілярній трубці, внутрішній діаметр якої — $0,22\text{ мм}$? Змочування вважайте повним.

А $1,25\text{ см}$	Б $2,5\text{ см}$	В 4 см	Г 5 см
--------------------	-------------------	-----------------	-----------------

9. За ізобарного охолодження 160 г аргону його об'єм зменшився на 25% . На скільки зменшилася внутрішня енергія газу, якщо його початкова температура становила 400 К .

А На $1,7\text{ кДж}$	Б На $3,3\text{ кДж}$	В На 5 кДж	Г На 15 кДж
-----------------------	-----------------------	---------------------	----------------------

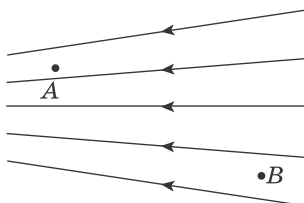
10. У калориметр, де перебуває 400 г води за температури $10\text{ }^\circ\text{C}$, поклали шматок льоду масою 160 г за температури $-10\text{ }^\circ\text{C}$. Яка температура встановиться в калориметрі після завершення теплообміну? Тепловими втратами знехтуйте.

А $-4\text{ }^\circ\text{C}$	Б $0\text{ }^\circ\text{C}$	В $4\text{ }^\circ\text{C}$	Г $10\text{ }^\circ\text{C}$
------------------------------	-----------------------------	-----------------------------	------------------------------

11. Два однакові точкові заряди знаходяться на відстані 5 см один від одного й взаємодіють із силою 360 мкН . Якою є величина зарядів?

А 5 нКл	Б 10 мкКл	В 316 нКл	Г 1 мкКл
------------------	--------------------	--------------------	-------------------

12. Порівняйте напруженості й потенціали в точках A і B електричного поля (див. рисунок).



А $E_A > E_B, \varphi_A < \varphi_B$	Б $E_A < E_B, \varphi_A > \varphi_B$	В $E_A < E_B, \varphi_A < \varphi_B$	Г $E_A > E_B, \varphi_A > \varphi_B$
--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

13. Ділянка кола складається з двох резисторів $R_1 = 120\text{ Ом}$ і $R_2 = 160\text{ Ом}$, які включено послідовно (див. рисунок). Якою є напруга на першому резисторі, якщо на другому резисторі напруга дорівнює 12 В ?

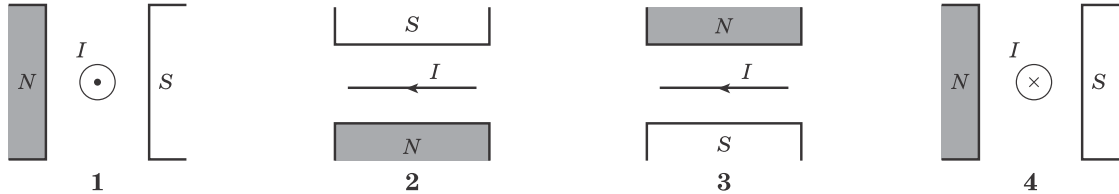


А 8 В	Б 9 В	В 16 В	Г 21 В
----------------	----------------	-----------------	-----------------

14. Яку роботу виконує струм $2,5\text{ А}$ у нагрівному елементі електричного чайника за 4 хв ? Чайник підключено до мережі з напругою 220 В .

А $2,2\text{ кДж}$	Б 21 кДж	В 88 кДж	Г 132 кДж
--------------------	-------------------	-------------------	--------------------

15. Укажіть, у якому випадку сила Ампера діє вгору на провідник зі струмом, який знаходиться між полюсами магніту.



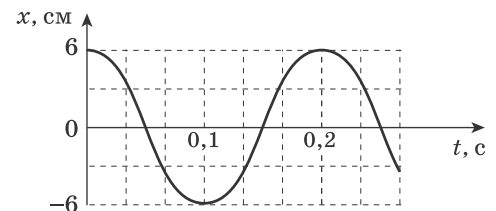
А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

16. При проведенні роботи фізичного практикуму з визначення заряду електрона учень протягом 15 хв пропускав електричний струм 9 А крізь розчин мідного купоросу. За час досліду маса катода збільшилася з 38 до 40,4 г. Яке значення заряду електрона отримав учень?

А $1,4 \cdot 10^{-19}$ Кл	Б $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл	В $1,8 \cdot 10^{-19}$ Кл	Г $3,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

17. За графіком координати тіла, що здійснює гармонічні коливання, визначте амплітуду, період та частоту коливань.

А 6 см; 0,2 с; 0,2 Гц	Б 6 см; 0,1 с; 10 Гц
В 6 см; 0,2 с; 5 Гц	Г 12 см; 0,2 с; 5 Гц



18. Як змінюється частота та довжина звукової хвилі за переходу звуку з повітря в скло?

- А Частота не змінюється, довжина хвилі зменшується
 Б Частота зменшується, довжина хвилі зростає
 В Частота не змінюється, довжина хвилі зростає
 Г Частота зменшується, довжина хвилі не змінюється

19. В однорідному магнітному полі обертається дротова рамка. Вісь обертання перпендикулярна лініям індукції магнітного поля. Рамка має 400 витків, площа рамки — 200 см^2 , індукція магнітного поля — $0,8 \text{ Тл}$, частота обертання рамки дорівнює 50 обертам на секунду. Яке амплітудне значення ЕРС електромагнітної індукції спостерігається в рамці?

А 0,8 В	Б 5 В	В 2 кВ	Г 50 кВ
---------	-------	--------	---------

20. Якою повинна бути ємність вхідного контуру радіоприймача, щоб за індуктивності контуру $0,17 \text{ мкГн}$ він був настроєний на прийом радіохвиль довжиною $2,5 \text{ м}$?

А 1 пФ	Б 4 пФ	В 10 пФ	Г 7,8 мФ
--------	--------	---------	----------

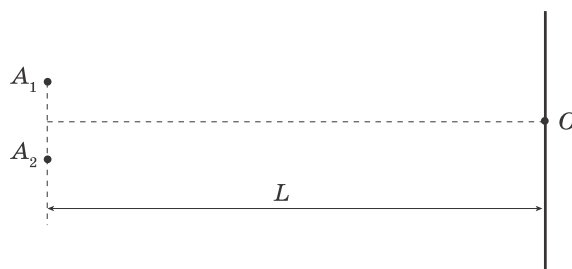
21. У розсіювальній лінзі отримано зображення предмета на відстані 5 см від лінзи. Якою є фокусна відстань лінзи, якщо предмет знаходився за 20 см від лінзи?

А -20 см	Б -6,7 см	В -5 см	Г 4 см
----------	-----------	---------	--------

22. Екран освітлено двома точковими джерелами когерентного світла з довжиною хвилі 600 нм . У певній точці екрана спостерігається інтерференційний мінімум. Початкова фаза хвиль однакова. Якою може бути різниця ходу двох світлових хвиль?

А 150 нм	Б 200 нм	В 300 нм	Г 450 нм
----------	----------	----------	----------

23. Два когерентні точкові джерела світла A_1 і A_2 з однаковою початковою фазою розташовані на відстані $L = 6$ м від екрана (див. рисунок). Визначте відстань між двома сусідніми максимумами в центрі екрана, якщо відстань між джерелами дорівнює $0,4$ мм, довжина хвилі — 500 нм.



А 1,9 мм	Б 3,8 мм	В 7,5 мм	Г 15 мм
----------	----------	----------	---------

24. За якої швидкості руху кінетична енергія тіла в $2,5$ рази перевищує енергію спокою?

А $2,5c$	Б $0,9c$	В $0,5c$	Г $0,25c$
----------	----------	----------	-----------

25. Довжина хвилі лазерного випромінювання дорівнює 600 нм, потужність випромінювання — 15 мВт. Скільки фотонів випромінює лазер щосекунди?

А $7,5 \cdot 10^{12}$	Б $4,5 \cdot 10^{16}$	В $1,4 \cdot 10^{22}$	Г $3,8 \cdot 10^{37}$
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

26. Ізотоп Технецію утворюється після опромінення молібденової мішені. Яке рівняння реакції описує це перетворення?

А ${}_{42}^{95}\text{Mo} + {}_0^1n \rightarrow {}_{43}^{96}\text{Te} + {}_{-1}^0e$	В ${}_{42}^{95}\text{Mo} + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_{43}^{96}\text{Te} + {}_0^1n$
Б ${}_{42}^{95}\text{Mo} + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_{43}^{96}\text{Te} + {}_0^1n$	Г ${}_{42}^{95}\text{Mo} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{43}^{96}\text{Te} + {}_1^1\text{H}$

У завданнях 27–30 до кожного з чотирьох рядків інформації, позначених цифрами, виберіть один правильний, на Вашу думку, варіант, позначений буквою.

Поставте позначки в таблиці зошита на перетині відповідних рядків (цифри) і колонок (букви). Перенесіть позначки до бланка А згідно з інструкцією.

Усі інші види Вашого запису у бланку А комп'ютерна програма реєструватиме як помилку!

Будьте особливо уважні, заповнюючи бланк А!

Не погіршуйте власноруч свого результату неправильною формою запису відповідей

27. Установіть відповідність між фізичним законом та формулою, що його описує.

1 Закон всесвітнього тяжіння
2 Другий закон динаміки Ньютона
3 Закон Гука
4 Третій закон динаміки Ньютона

А $F = \rho g V$
Б $F_x = -kx$
В $F = G \frac{mM}{r^2}$
Г $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$
Д $\vec{F} = m\vec{a}$

28. Установіть відповідність між виразами та величинами, які можна обчислити за цими формулами.

1 $\frac{M}{q_i N_A}$	А Швидкість електрона, який пройшов прискорюючу різницю потенціалів
2 $\sqrt{\frac{2eU}{m_e}}$	Б Силу струму насичення під час несамостійного розряду в газі
3 $\frac{I}{nqS}$	В Швидкість впорядкованого руху зарядів у провіднику
4 $kI\Delta t$	Г Масу речовини, що виділилася на електроді під час електролізу
	Д Електрохімічний еквівалент речовини

29. Установіть відповідність між формулами залежності від часу координати тіла, що коливається, та формулами залежності від часу проекції швидкості або проекції прискорення.

1 $x = 0,2 \cos 40\pi t$	А $a_x = 80\pi^2 \cos 40\pi t$
2 $x = 0,2 \sin 40\pi t$	Б $a_x = -160\pi^2 \sin 20\pi t$
3 $x = 0,4 \cos 20\pi t$	В $a_x = -160\pi^2 \cos 20\pi t$
4 $x = 0,4 \sin 20\pi t$	Г $v_x = 8\pi \cos 40\pi t$
	Д $v_x = -8\pi \sin 40\pi t$

30. Установіть відповідність між формулою та її фізичним змістом.

1 $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$	А Оптична сила лінзи
2 $D = \frac{1}{F}$	Б Закон відбиття світла
3 $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$	В Формула тонкої лінзи
4 $\alpha = \beta$	Г Закон заломлення світла
	Д Фокусна відстань лінзи

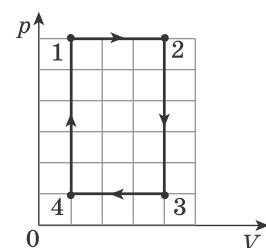
**У завданнях 31–36 впишіть відповідь та перенесіть її до бланка відповідей А.
(Числову відповідь доцільно обчислювати за отриманою формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)**

31. Людина в човні намагається переправитися через річку таким чином, щоб витратити на це найменше часу. Визначте (у метрах), на скільки його знесе річка під час переправи, якщо ширина річки — 200 м, швидкість течії — 0,5 м/с, швидкість човна відносно води — 2 м/с.

Відповідь: _____

32. На рисунку показано циклічний процес з ідеальним одноатомним газом. Визначте (у %) ККД циклу.

Відповідь: _____



33. Відстань між двома зарядженими кульками — 16 см. Заряди кульок — $+10$ нКл та -10 нКл. Визначте силу (у міліньютонках), з якою ці кульки діють на пробний заряд $+2$ нКл, віддалений на 10 см від кожної з них.

Відповідь: _____

34. Двигун ліфта працює від мережі 380 В. Його ККД становить 85 %. Визначте (в А) силу струму, який споживає двигун ліфта за рівномірного підйому кабіни масою 250 кг зі швидкістю 4 м/с. Вважайте, що $g = 10$ м/с².

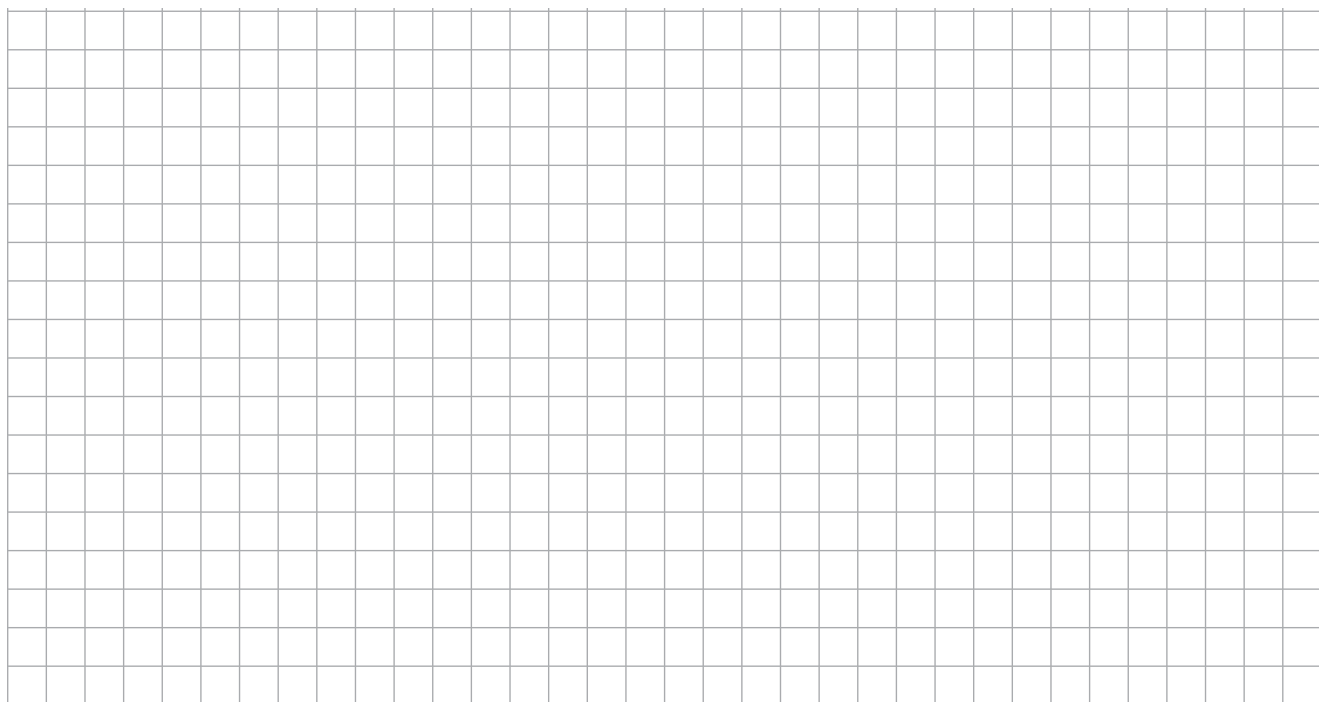
Відповідь: _____

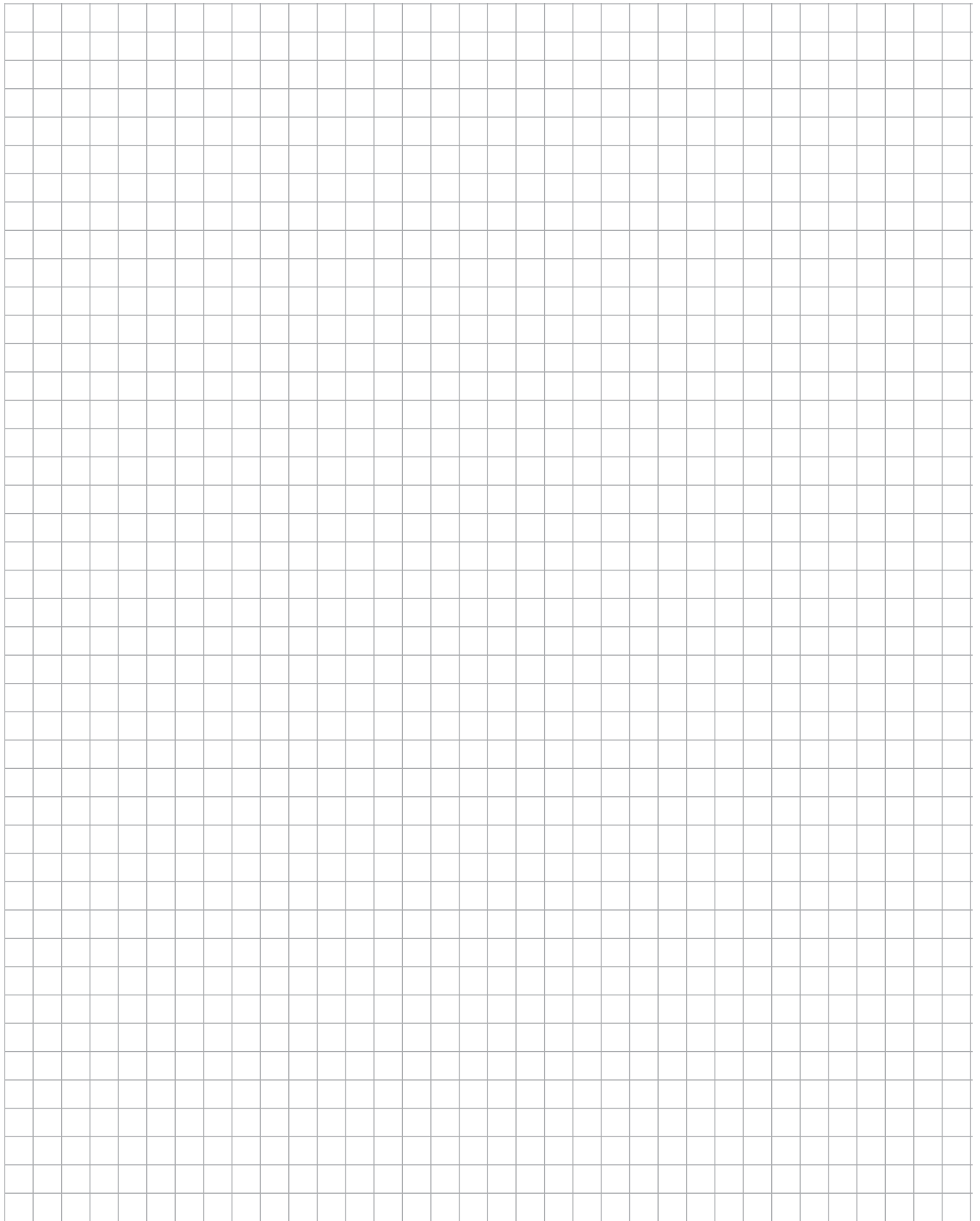
35. Електрон, який пройшов різницю потенціалів 15 кВ, влітає в однорідне магнітне поле з індукцією 0,08 Тл перпендикулярно лініям індукції. Визначте (у сантиметрах) радіус кола, по якому рухається протон.

Відповідь: _____

36. Під час спостереження фотоелекту електрон вилітає з поверхні нікелю з кінетичною енергією 1,8 еВ. Визначте (у нанометрах) максимальну довжину хвилі світла, яку спричиняє фотоелект. Робота виходу для нікелю дорівнює 5 еВ.

Відповідь: _____





БЛАНК ВІДПОВІДЕЙ

Увага! Відмічайте тільки один варіант відповіді у рядку варіантів відповідей до кожного завдання. Дотримуйтесь, будь ласка, правил запису відповідей. У завданнях 31–36 правильну відповідь запишіть, враховуючи положення коми, по одній цифрі в кожному білому прямокутнику. Знак «мінус» запишіть в окремому білому прямокутнику ліворуч від цифри.

A

Наприклад: правильно записане число 2 матиме такий вигляд:

		2		
		,		

чи такий:

		2		0
		,		

правильно записане число 2,5 матиме такий вигляд:

		2		5
		,		

правильно записане число -2,05 матиме такий вигляд:

		-	2		0	5
		,				

Неправильно записане число 2,5 має такий вигляд:

2				5
		,		

чи такий:

		2			5
		,			

У завданнях 1–30 правильну відповідь позначайте тільки так:

Якщо ви позначили відповідь до котрогось із завдань 1–30 неправильно, то можете її виправити, замалювавши попередню позначку та поставивши нову, як показано на зразку:

	А	Б	В	Г	Д
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г		А	Б	В	Г	
1						7					13					19					25				
2						8					14					20					26				
3						9					15					21									
4						10					16					22									
5						11					17					23									
6						12					18					24									

	А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д		А	Б	В	Г	Д	
27	1					28	1					29	1						30	1				
	2						2						2							2				
	3						3						3							3				
	4						4						4							4				

Приклад написання цифр: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 -

У завданнях 31–36 відповідь запишіть цифрами, враховуючи положення коми.

31					,					33					,				35					,			
32					,					34					,				36					,			

Місце виправлення помилкової відповіді

Щоб виправити відповідь до котрогось із завдань 31–36, запишіть нову відповідь у відповідних клітинках.

31					,					33					,				35					,			
32					,					34					,				36					,			

ВІДПОВІДІ, ВКАЗІВКИ ТА РОЗВ'ЯЗКИ

Кінематика

Варіант 1

- Відповідь: Б** 360 км. Потрібно помножити швидкість рівномірного руху на час руху $l = vt$.
- Відповідь: В** Шлях — це довжина ламаної ACB (140 м), а модуль переміщення — це довжина відрізка AB (100 м).
- Відповідь: В** 54 км/год. За визначенням швидкість рівномірного руху $v = \frac{l}{t}$.
- Відповідь: В** 40 с. Час рівномірного руху можна обчислити за формулою $t = \frac{l}{v}$.
- Відповідь: Б** Колесо автобуса рухається таким чином, що нижня точка, яка торкається дороги, нерухома відносно дороги. Тому відносно пасажирів автобуса вона рухається назад зі швидкістю 48 км/год. Звідси легко зрозуміти, що верхня точка відносно пасажирів рухатиметься вперед зі швидкістю 48 км/год.
- Відповідь: Г** Відносно автобуса автомобіль рухався зі швидкістю, яку можна обчислити за формулою $v_{\text{відн}} = \frac{l_{\text{відн}}}{t_{\text{обгону}}} = 7,5 \frac{\text{М}}{\text{с}}$, де $l_{\text{відн}} = 40 \text{ м} + 50 \text{ м} = 90 \text{ м}$ — відстань, яку пройшов автомобіль відносно автобуса під час обгону, $t_{\text{обгону}} = 12 \text{ с}$ — час обгону. Через те, що автомобіль й автобус рухаються в одному напрямку, швидкість автомобіля відносно дороги складається зі швидкості автомобіля відносно автобуса та швидкості автобуса відносно дороги:
$$v_{\text{автоб}} = v_{\text{відн}} + v_{\text{автоб}} = 7,5 \frac{\text{М}}{\text{с}} + 25 \frac{\text{М}}{\text{с}} = 32,5 \frac{\text{М}}{\text{с}} = 117 \frac{\text{КМ}}{\text{ГОД}}.$$
- Відповідь: Г** Для водія вантажівки автобус наближається до нього зі швидкістю $v_{\text{відн}} = v_{\text{вант}} - v_{\text{автоб}} = 18 \frac{\text{КМ}}{\text{ГОД}}$. Через те, що вантажівка прямує на північ, автобус відносно неї рухається на південь.
- Відповідь: Б** За визначенням середньої швидкості $v_{\text{сеп}} = \frac{l_{\text{заг}}}{t_{\text{заг}}} = 3 \frac{\text{КМ}}{\text{ГОД}}$, де $l_{\text{заг}} = l_1 + l_2 = 8 + 1 = 9$ (км) — загальний шлях, який здолав турист, $t_{\text{заг}} = t_1 + t_2 = 2 + 1 = 3$ (год) — загальний час руху.
- Відповідь: Г** За визначенням середньої швидкості $v_{\text{сеп}} = \frac{l_{\text{заг}}}{t_{\text{заг}}} = 70 \frac{\text{КМ}}{\text{ГОД}}$, де $l_{\text{заг}} = v_1 t_1 + l_2 = 130 + 80 = 210$ (км) — загальний шлях, який здолав потяг, $t_{\text{заг}} = t_1 + t_2 = 2 + 1 = 3$ (год) — загальний час руху.

- 10. Відповідь: Б** Через те, що потяги рухаються назустріч, швидкість руху вантажного потяга відносно «Столичного експресу» дорівнює $v_{\text{відн}} = v_{\text{вант}} + v_{\text{експр}} = 198 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 55 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Тому довжина вантажного потяга $l_{\text{вант}} = v_{\text{відн}} t = 330 \text{ м}$.
- 11. Відповідь: А** З визначення прискорення $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ отримуємо $\Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 10 \text{ с}$. Потрібно врахувати, що $72 \text{ км/год} = 20 \text{ м/с}$.
- 12. Відповідь: Б** Під час рівноприскореного руху зі стану спокою пройдений тілом шлях обчислюється за формулою $l = \frac{at^2}{2}$. Тому час на подолання визначеної відстані $t = \sqrt{\frac{2l}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 45\,000}{45}} \approx 44,7 \text{ (с)}$.
- 13. Відповідь: В** Під час рівноприскореного руху пройдений тілом шлях можна обчислити за формулою $l = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$. Враховуючи, що $v_x = 0$, отримуємо для проекції прискорення $a_x = \frac{-v_{0x}^2}{2l} = \frac{-20^2}{2 \cdot 100} = -2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Звідси модуль прискорення $a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.
- 14. Відповідь: А** Під час рівномірного руху проекція швидкості має залишатися незмінною.
- 15. Відповідь: В** Під час рівноприскореного руху координата тіла має квадратичну залежність від часу. Графіком квадратичної залежності є парабола.
- 16. Відповідь: А** 1 м/с^2 . У рівнянні залежності проекції швидкості від часу проекція прискорення тіла є коефіцієнтом при t .
- 17. Відповідь: Б** 4 м/с . У рівнянні залежності координати тіла від часу проекція початкової швидкості руху тіла є коефіцієнтом при t .
- 18. Відповідь: А** Загальний вигляд залежності проекції переміщення тіла від часу має вигляд $s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$. Початкову швидкість та прискорення отримуємо з графіка. Початкова швидкість відповідає значенню графіка в початковий момент часу $v_{0x} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Для того щоб за графіком отримати значення прискорення, для певного проміжку часу (наприклад 4 с : від 0 до 4 с) визначимо зміну швидкості (для обраного проміжку це буде 8 м/с : від 4 до 12 м/с). Таким чином, прискорення $a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{8}{4} = 2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right)$. Підставимо це у формулу для залежності проекції переміщення тіла від часу $s_x = 4t + t^2$.
- 19. Відповідь: Г** Загальний вигляд залежності координати тіла від часу має вигляд $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$. Тому $v_{0x} = -2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а $a_x = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Загальний вигляд залежності проекції швидкості руху тіла від часу має вигляд $v_x = v_{0x} + a_x t$. Остаточою для залежності проекції швидкості руху тіла від часу маємо $v_x = -2 + 4t$.

- 20. Відповідь: Г** Загальний вигляд залежності проекції переміщення тіла від часу має вигляд $s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$. Тому за перші 3 секунди руху переміщення дорівнює
- $$s_x = 2 \cdot 3 + \frac{2 \cdot 3^2}{2} = 15 \text{ (м)}.$$
- 21. Відповідь: В** З формули $h = \frac{v_0^2}{2g}$ для максимальної висоти підйому тіла під час кидання вертикально вгору можна побачити, що за збільшення початкової швидкості удвічі висота кидка збільшується в 4 рази.
- 22. Відповідь: Б** З формули для висоти, яку проходить тіло, що вільно падає без початкової швидкості $h = \frac{gt^2}{2}$, маємо $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 80}{10}} = 4 \text{ (с)}$.
- 23. Відповідь: А** У вертикальному напрямку тіло рухається вгору з початковою швидкістю $v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$. Максимальну висоту підйому можна обчислити за формулою
- $$h = \frac{v_{0y}^2}{2g} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{40^2 \cdot 0,5^2}{2 \cdot 10} = 20 \text{ (м)}.$$
- 24. Відповідь: В** Залежність кутової й лінійної швидкості під час рівномірного обертання тіла має вигляд $\omega = \frac{v}{r} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,5 \text{ м}} = 20 \text{ с}^{-1}$.
- 25. Відповідь: Б** Лінійна швидкість збільшилася в 2 рази; доцентрове прискорення збільшилося в 4 рази. Залежність лінійної швидкості та обертової частоти під час рівномірного обертання тіла має вигляд $v = \omega r = 2\pi n r$, доцентрового прискорення та обертової частоти — $a_{\text{доц}} = \omega^2 r = 4\pi^2 n^2 r$. Тому в разі збільшення обертової частоти удвічі лінійна швидкість зростає удвічі, а доцентрове прискорення — у 4 рази.
- 26. Відповідь: Б** Швидкість намотування мотузки і є лінійною швидкістю точок на поверхні барабана. Залежність кутової й лінійної швидкості під час рівномірного обертання тіла має вигляд $\omega = \frac{v}{r} = \frac{0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,4 \text{ м}} = 1 \text{ с}^{-1}$, доцентрового прискорення й лінійної швидкості — $a_{\text{доц}} = \frac{v^2}{r} = \frac{\left(0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2}{0,4 \text{ м}} = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

27. 1 — Б, 2 — Б, 3 — Г, 4 — В.

Для правильного вибору логічних пар потрібно скористатися загальним виглядом залежності координати тіла від часу $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ під час рівноприскореного руху.

1 — Б. Тіло рухається рівноприскорено: у позитивному напрямку осі Ox тому, що проекція початкової швидкості має позитивне значення; зі зменшенням швидкості тому, що початкова швидкість і прискорення напрямлені в протилежні боки (знаки проекцій початкової швидкості й прискорення протилежні).

2 — Б. Тіло рухається рівноприскорено: у позитивному напрямку осі Ox тому, що проекція початкової швидкості має позитивне значення; зі збільшенням швидкості тому, що початкова швидкість і прискорення напрямлені однаково (знаки проекцій початкової швидкості й прискорення збігаються).

3 — Г. Тіло рухається рівноприскорено: у негативному напрямку осі Ox тому, що проекція початкової швидкості має негативне значення; зі зменшенням швидкості тому, що початкова швидкість і прискорення напрямлені в протилежні боки (знаки проекцій початкової швидкості й прискорення протилежні).

4 — В. Тіло рухається рівноприскорено: у негативному напрямку осі Ox тому, що проекція початкової швидкості має негативне значення; зі збільшенням швидкості тому, що початкова швидкість і прискорення напрямлені однаково (знаки проекцій початкової швидкості й прискорення збігаються).

28. 1 — Г, 2 — В, 3 — Б, 4 — Д.

Для правильного вибору логічних пар потрібно скористатися загальним виглядом залежності проекції швидкості руху тіла від часу $v_x = v_{0x} + a_x t$ під час рівноприскореного руху.

1 — Г. Рух тіла рівноприскорений зі зменшенням початкової швидкості тому, що початкова швидкість і прискорення напрямлені в протилежні боки (знаки проекцій початкової швидкості й прискорення протилежні).

2 — В. Рух тіла рівноприскорений зі збільшенням початкової швидкості тому, що початкова швидкість і прискорення напрямлені однаково (знаки проекцій початкової швидкості й прискорення однакові).

3 — Б. Тіло рухається зі сталим прискоренням зі стану спокою тому, що проекція початкової швидкості дорівнює нулю, а проекція прискорення — ні.

4 — Д. Рух тіла рівномірний тому, що проекція прискорення дорівнює нулю, а проекція швидкості — ні.

29. 1 — Б, 2 — Г, 3 — В, 4 — А.

30. 1 — Г, 2 — Д, 3 — В, 4 — А.

31. **Відповідь: 80.** За переправи за найменший час потрібно тримати курс човна перпендикулярно до берега. Тоді час переправи $t_{\text{пер}} = \frac{d}{v_{\text{човна}}} = 100$ с. За цей час річка знесе човен на $l = v_{\text{річки}} t_{\text{пер}} = 80$ м.

32. **Відповідь: 90.** За визначенням середньої швидкості

$$\begin{aligned} v_{\text{сеп}} &= \frac{l_{\text{заг}}}{t_{\text{заг}}} = \frac{l_{\text{заг}}}{t_1 + t_2} = \frac{l_{\text{заг}}}{\frac{3l_{\text{заг}}}{4v_1} + \frac{l_{\text{заг}}}{4v_2}} = \frac{l_{\text{заг}}}{l_{\text{заг}} \left(\frac{3}{4v_1} + \frac{1}{4v_2} \right)} = \\ &= \frac{1}{\frac{3}{4v_1} + \frac{1}{4v_2}} = \frac{4v_1 v_2}{3v_2 + v_1} = 90 \left(\frac{\text{км}}{\text{год}} \right). \end{aligned}$$

33. **Відповідь: 2.** Залежності проекції переміщення тіла від часу можна обчислити за формулою $s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$. Тому прискорення дорівнюватиме

$$a_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2s_x} = \frac{40^2 - 20^2}{2 \cdot 300} = 2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right).$$

34. **Відповідь: 33,5.** Визначимо, на скільки час польоту тіла з висоти 45 м більший за час польоту з висоти 44 м. Це й буде шуканий час:

$$\tau = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} - \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 45}{10}} - \sqrt{\frac{2 \cdot 44}{10}} = 3 - 2,9665 = 0,0335 \text{ (с)} = 33,5 \text{ (мс)}.$$

35. **Відповідь: 40.** Уздовж горизонтальної осі камінець рухається зі швидкістю 20 м/с протягом всього часу падіння. Падає камінець уздовж вертикальної осі без початкової швидкості з висоти 20 м. Таким чином, відстань уздовж горизонтальної осі до-рівнюватиме:

$$l_{\text{гор}} = v_{\text{гор}} t_{\text{пад}} = v_{\text{гор}} \sqrt{\frac{2h}{g}} = 20 \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{10}} = 40 \text{ (м)}.$$

36. **Відповідь: 3,4.** Доцентрове прискорення можна обчислити за формулою:

$$a_{\text{доц}} = \frac{v_{\text{екв}}^2}{R_{\text{екв}}} = \frac{\frac{(2\pi R_{\text{екв}})^2}{T_{\text{доба}}^2}}{R_{\text{екв}}} = \frac{4\pi^2 R_{\text{екв}}}{T_{\text{доба}}^2} = \frac{4 \cdot 10^6 \cdot 6,4 \cdot 10^6}{(24 \cdot 3600)^2} = 0,034 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right) = 3,4 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}^2} \right).$$

Варіант 2

- Відповідь: Б** Шлях — це довжина ламаної $ВАС$ (225 м), а модуль переміщення — це довжина відрізка $ВС$ (75 м).
- Відповідь: Б** 14,4 км. Потрібно помножити швидкість рівномірного руху на час руху. $l = vt$.
- Відповідь: В** 72 км/год. За визначенням швидкість рівномірного руху $v = \frac{l}{t}$.
- Відповідь: В** 8 діб 8 годин. Час рівномірного руху можна обчислити за формулою $t = \frac{l}{v}$.
- Відповідь: А** Гусениця трактора рухається таким чином, що нижня горизонтальна частина гусениці, яка торкається дороги, нерухома відносно дороги. Тому відносно трактора вона рухається назад зі швидкістю 36 км/год. Звідси легко зрозуміти, що верхня горизонтальна частина гусениці відносно трактора рухатиметься вперед зі швидкістю 36 км/год.
- Відповідь: Г** Відносно автобуса автомобіль рухався зі швидкістю, яку можна обчислити за формулою:

$$v_{\text{відн}} = v_{\text{автом}} - v_{\text{автоб}} = 108 - 90 = 18 \left(\frac{\text{км}}{\text{год}} \right) = 5 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Час обгону можна обчислити, якщо врахувати, що відносно автобуса за час обгону автомобіль перемістився на $l_{\text{відн}} = 30 \text{ м} + 60 \text{ м} = 90 \text{ м}$. Тоді час обгону буде

$$t_{\text{обгону}} = \frac{l_{\text{відн}}}{v_{\text{відн}}} = \frac{90}{5} = 18 \text{ (с)}.$$

- Відповідь: В** Для машиніста вантажного потяга електричка наближається до нього зі швидкістю $v_{\text{відн}} = v_{\text{вант}} + v_{\text{електр}} = 84 \frac{\text{км}}{\text{год}}$. Через те, що вантажний потяг прямує на схід, електричка відносно нього рухається на захід.

8. Відповідь: А За визначенням середньої швидкості $v_{\text{сеп}} = \frac{l_{\text{заг}}}{t_{\text{заг}}} = 60 \frac{\text{км}}{\text{год}}$, де $l_{\text{заг}} = l_1 + l_2 = 100 + 50 = 150$ (км) — загальний шлях, який здолав автомобіль, $t_{\text{заг}} = t_1 + t_2 = 2 + 0,5 = 2,5$ (год) — загальний час руху.

9. Відповідь: Б За визначенням середньої швидкості $v_{\text{сеп}} = \frac{l_{\text{заг}}}{t_{\text{заг}}} = 23 \frac{\text{км}}{\text{год}}$, де $l_{\text{заг}} = v_1 t_1 + l_2 = 50 + 19 = 69$ (км) — загальний шлях, який здолав велосипедист, $t_{\text{заг}} = t_1 + t_2 = 2 + 1 = 3$ (год) — загальний час руху.

10. Відповідь: В Через те, що мотоцикл рухається назустріч колоні, швидкість руху мотоцикла відносно колони дорівнює:

$$v_{\text{відн}} = v_{\text{мот}} + v_{\text{кол}} = 54 \frac{\text{км}}{\text{год}} + 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 35 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Тому довжина колони $l_{\text{кол}} = v_{\text{відн}} t = 35 \text{ м} \cdot 90 \text{ с} = 3150 \text{ м} = 3 \text{ км } 150 \text{ м}$.

11. Відповідь: А З визначення прискорення $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ отримуємо:

$$\Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{162 \frac{\text{км}}{\text{год}}}{4,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{45 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{4,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 10 \text{ с}.$$

Потрібно врахувати, що $162 \text{ км/год} = 45 \text{ м/с}$.

12. Відповідь: Г Під час рівноприскореного руху зі стану спокою пройдений тілом шлях обчислюється за формулою $l = \frac{at^2}{2}$. Тому час на подолання визначеної відстані $t = \sqrt{\frac{2l}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 400}{8}} = 10$ (с).

13. Відповідь: Б Під час рівноприскореного руху пройдений тілом шлях можна обчислювати за формулою $l = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$. Враховуючи, що $v_{0x} = 0$, отримуємо $l = \frac{v_x^2}{2a_x} = \frac{40^2}{2 \cdot 4} = 200$ (м).

Потрібно врахувати, що $144 \text{ км/год} = 40 \text{ м/с}$.

14. Відповідь: Г Під час рівномірного руху проекція переміщення тіла залежить від часу лінійно.

15. Відповідь: Г Під час рівноприскореного руху проекція прискорення тіла має залишатися незмінною.

16. Відповідь: А 4 м/с . У рівнянні залежності проекції швидкості руху тіла від часу проекція початкової швидкості руху тіла є доданком без t .

17. Відповідь: Г -3 м/с^2 . У рівнянні залежності проекції переміщення тіла від часу проекція прискорення тіла є коефіцієнтом при t^2 , який треба помножити на 2.

18. Відповідь: Г Загальний вигляд залежності проекції початкової швидкості тіла від часу має вигляд $v_x = v_{0x} + a_x t$. За графіком проекції переміщення можна визначити середню швидкість за перші 4 секунди руху $v_{\text{сеп}} = \frac{60}{4} = 15 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$. Також із графіка видно, що протягом цих 4 секунд швидкість зменшувалася від початкової до нуля.

Під час рівноприскореного руху середню швидкість можна обчислювати як середнє арифметичне початкової та кінцевої швидкостей. Тому початкова швидкість становитиме $v_{0x} = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. За час 4 с ця початкова швидкість зменшилася до нуля, тому $a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{-30}{4} = -7,5 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$. Підставимо це у формулу для залежності проекції швидкості тіла від часу $v_x = 30 - 7,5t$.

- 19. Відповідь: Б** Загальний вигляд залежності координати тіла від часу — $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$. Тому залежність від часу проекції прискорення має вигляд $a_x = -2$.
- 20. Відповідь: А** Загальний вигляд залежності проекції переміщення тіла від часу — $s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$, а проекції швидкості руху тіла від часу — $v_x = v_{0x} + a_x t$. Тому для швидкості маємо таку залежність — $v_x = -3 + 4t$. Підставивши в цю залежність час 4 с, отримуємо $v_x = -3 + 4 \cdot 4 = 13 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$.
- 21. Відповідь: А** З формули для висоти, яку проходить тіло, що вільно падає без початкової швидкості $h = \frac{gt^2}{2}$, маємо $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$. Тому в разі збільшення висоти падіння удвічі час падіння збільшується у $\sqrt{2}$ рази.
- 22. Відповідь: В** З формули для максимальної висоти підйому тіла під час кидання вертикально вгору $h = \frac{v_0^2}{2g}$ отримуємо $h = \frac{25^2}{2 \cdot 10} = 31,25 \text{ (м)}$.
- 23. Відповідь: Б** Уздовж горизонтальної осі тіло рухається з постійною швидкістю $v_x = v_0 \cdot \cos \alpha$. Час польоту можна обчислити через рух тіла у вертикальному напрямку — у цьому напрямку тіло рухається вгору з початковою швидкістю $v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$. Тому час польоту — це подвоєний час підйому до максимальної висоти, де вертикальна швидкість стає нульовою $t_{\text{пол}} = 2t_{\text{під}} = \frac{2v_{0y}}{g} = \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$. Горизонтальна відстань становитиме $l = v_x t_{\text{пол}} = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$. Звідси $\sin 2\alpha = \frac{gl}{v_0^2} = \frac{10 \cdot 40}{20^2} = 1$. Остаточно маємо $2\alpha = 90^\circ \Rightarrow \alpha = 45^\circ$.
- 24. Відповідь: Б** Залежність лінійної швидкості й періоду обертання під час рівномірного обертання тіла має вигляд $v = \frac{2\pi r}{T} = 2,5 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$.
- 25. Відповідь: В** Кутова швидкість зменшилася в 3 рази; доцентрове прискорення зменшилося в 9 разів. Залежність кутової й лінійної швидкостей під час рівномірного обертання тіла має вигляд $\omega = \frac{v}{r}$, доцентрового прискорення й лінійної швидкості — $a_{\text{доц}} = \frac{v^2}{r}$. Тому під час зменшення лінійної швидкості утричі кутова швидкість зменшується втричі, а доцентрове прискорення — у 9 разів.
- 26. Відповідь: Б** Якщо перейти в систему відліку, пов'язану з віссю колеса, то воно рівномірно обертатиметься й лінійна швидкість точок ободу дорівнюватиме 2,4 м/с. Залежність обертової частоти й лінійної швидкості під час рівномірного обертання тіла

має вигляд $v = \frac{v}{2\pi r} = \frac{2}{\pi} \left(\frac{\text{об}}{\text{с}} \right)$, доцентрового прискорення й лінійної швидко-

$$\text{сті} \quad a_{\text{доц}} = \frac{v^2}{r} = \frac{\left(2,4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)^2}{0,6 \text{ м}} = 9,6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

27. 1 — Г, 2 — В, 3 — Д, 4 — А.

Для правильного вибору логічних пар потрібно скористатися загальним виглядом залежності проекції переміщення руху тіла від часу $s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$.

1 — Г. Рух тіла рівноприскорений, напрям руху з часом змінюється тому, що початкова швидкість і прискорення напрямлені в протилежні боки (знаки проекцій початкової швидкості й прискорення протилежні).

2 — В. Рух тіла рівноприскорений, напрямок руху весь час незмінний тому, що початкова швидкість і прискорення напрямлені однаково (знаки проекцій початкової швидкості й прискорення однакові).

3 — Д. Рух тіла рівномірний тому, що проекція прискорення дорівнює нулю, а проекція швидкості — ні.

4 — А. Тіло перебуває в стані спокою тому, що швидкість і прискорення дорівнюють нулю.

28. 1 — Б, 2 — А, 3 — В, 4 — Г.

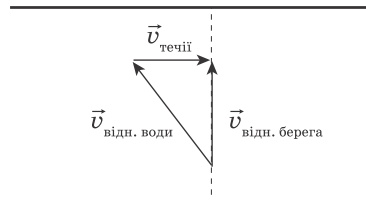
29. 1 — В, 2 — А, 3 — Д, 4 — Б.

30. 1 — Г, 2 — Д, 3 — В, 4 — Б.

31. Відповідь: 3,6. Під час переправи плавцеві потрібно тримати курс таким чином, щоб його швидкість відносно берега була спрямована перпендикулярно до берега (див. рисунок).

Тоді швидкість плавця відносно берега $v_{\text{відн. берега}} = \sqrt{v_{\text{відн. води}}^2 - v_{\text{течії}}^2} = 2 \left(\frac{\text{км}}{\text{год}} \right)$,

а час переправи $t_{\text{пер}} = \frac{d}{v_{\text{відн. берега}}} = \frac{0,12}{2} = 0,06 \text{ (год)} = 3,6 \text{ (хв)}$.



32. Відповідь: 12. За графіком залежності швидкості від часу для тіла, що рухається прямолінійно, модуль переміщення чисельно дорівнює площі фігури під (або над) графіком. Слід урахувати відповідні знаки перед площами фігур: «+» для фігури над віссю часу і «-» для фігури під віссю часу —

$$s = \frac{1}{2} \cdot 4 \text{ с} \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} - \frac{1}{2} \cdot 2 \text{ с} \cdot 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 16 \text{ м} - 4 \text{ м} = 12 \text{ м}.$$

- 33. Відповідь: 4,8.** Залежності проекції переміщення тіла від часу можна обчислити за формулою $s_{1x} = \frac{v_{1x}^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$. Тому прискорення дорівнюватиме $a_x = \frac{v_{1x}^2 - v_{0x}^2}{2s_{1x}}$. Ще раз використаємо формулу для обчислення проекції переміщення тіла $s_{2x} = \frac{v_{2x}^2 - v_{1x}^2}{2a_x}$. Оскільки прискорення не змінилося, то

$$s_{2x} = \frac{v_{2x}^2 - v_{1x}^2}{v_{1x}^2 - v_{0x}^2} s_{1x} = \frac{90^2 - 180^2}{180^2 - 270^2} 800 = 480 \text{ (м)}.$$

- 34. Відповідь: 35.** Визначимо час польоту тіла з висоти 80 м $\tau = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 80}{10}} = 4 \text{ (с)}$. Тепер визначимо відстань, яку пройшло тіло за 3 с польоту $h_1 = \frac{g\tau_1^2}{2} = \frac{10 \cdot 9}{2} = 45 \text{ (м)}$. Отже, точно отримуємо $\Delta h = h - h_1 = 80 \text{ м} - 45 \text{ м} = 35 \text{ м}$.

- 35. Відповідь: 2.** Час підйому можна обчислити через рух тіла у вертикальному напрямку — у цьому напрямку тіло рухається вгору з початковою швидкістю $v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$. Тому час підйому

$$t_{\text{під}} = \frac{v_{0y}}{g} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{23 \cdot 0,87}{10} = 2 \text{ (с)}.$$

- 36. Відповідь: 10.** Швидкість підйому відра є лінійною швидкістю точок на поверхні циліндричної частини ворота. Залежність лінійної й кутової швидкості під час рівномірного обертання тіла має вигляд $\omega = \frac{v}{r} = \frac{2v}{d} = \frac{2 \cdot 1,5}{0,3} = 10 \text{ (с}^{-1}\text{)}$.

Закони Ньютона. Сили в природі

- Відповідь: Г** Рух поїзда є прямолінійним рівноприскореним зі зменшенням швидкості. Для того щоб кулька рухалася відносно поїзда по прямій під кутом до горизонту поїзд повинен рухатися рівноприскорено. Нахил траєкторії руху кульки в напрямку руху свідчить про те, що прискорення поїзда спрямоване протилежно до швидкості.
- Відповідь: В** Переміщення, шлях, швидкість — змінюються, прискорення — не змінюється.
- Відповідь: Б** Літак рухається на сталій висоті з постійною швидкістю. Система не може вважатися інерціальною, якщо вона рухається відносно Землі з прискоренням.
- Відповідь: В** 10 м/с^2 . Треба скористатися другим законом Ньютона $F = ma$.
- Відповідь: Б** Якщо на тіло діє стала сила, тіло рухається з постійним прискоренням.
- Відповідь: В** Якщо на тіло діє стала сила, тіло рухається рівноприскорено й залежність проекції переміщення тіла від часу буде квадратичною. Графік такої залежності — парабола.
- Відповідь: Г** $s_x = t^2$. Треба обчислити прискорення тіла $a = \frac{F}{m} = 2 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ та пригадати загальний вигляд залежності проекції прискорення $s_x = \frac{at^2}{2}$.

8. **Відповідь: Г** Треба з рівняння залежності проекції переміщення від часу визначити прискорення тіла $a = 3 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ і скористатися другим законом Ньютона $F = ma = 2 \cdot 3 = 6 \text{ (Н)}$.
9. **Відповідь: В** Сили F_1 і F_3 компенсують одна одну, сили F_2 і F_4 дають рівнодійну, яка спрямована вправо і значення якої дорівнює 1 Н. Тому прискорення тіла $a = \frac{F_{\text{рівн}}}{m} = 0,25 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ спрямоване вправо.
10. **Відповідь: В** Треба спочатку обчислити прискорення $a = \frac{v_0^2}{s}$, а потім скористатися другим законом Ньютона $F = ma = m \frac{v_0^2}{s} = 60\,000 \cdot \frac{50^2}{1200} = 62\,500 \text{ (Н)}$.
11. **Відповідь: Б** У 1,5 рази більша. Треба скористатися третім законом Ньютона
- $$F_1 = F_2 \Rightarrow m_1 a_1 = m_2 a_2 \Rightarrow m_1 \frac{\Delta v_1}{\Delta t} = m_2 \frac{\Delta v_2}{\Delta t} \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{\Delta v_1}{\Delta v_2} = \frac{0,6}{0,4} = 1,5.$$
12. **Відповідь: А** Не зміниться. Згідно із законом всесвітнього тяжіння,
- $$F_1 = G \frac{mm}{r^2}; F_2 = G \frac{\frac{1}{2}m \cdot 2m}{r^2} = G \frac{mm}{r^2} \Rightarrow F_1 = F_2.$$
13. **Відповідь: В** Збільшиться в 4 рази. Згідно із законом всесвітнього тяжіння,
- $$F_1 = G \frac{m_1 m_2}{r^2}; F_2 = G \frac{m_1 m_2}{(0,5r)^2} = 4G \frac{m_1 m_2}{r^2} \Rightarrow F_2 = 4F_1.$$
14. **Відповідь: Г** Із закону всесвітнього тяжіння значення прискорення вільного падіння на поверхні Землі $g = G \frac{M_{\text{Землі}}}{R_{\text{Землі}}^2}$, а на висоті $g_h = G \frac{M_{\text{Землі}}}{(R_{\text{Землі}} + h)^2}$. Звідси отримуємо:
- $$G \frac{M_{\text{Землі}}}{3R_{\text{Землі}}^2} = G \frac{M_{\text{Землі}}}{(R_{\text{Землі}} + h)^2} \Rightarrow 3R_{\text{Землі}}^2 = (R_{\text{Землі}} + h)^2 \Rightarrow h = (\sqrt{3} - 1)R_{\text{Землі}}.$$
15. **Відповідь: А** $F = mg = mG \frac{0,5M_{\text{Землі}}}{0,25R_{\text{Землі}}^2} = 2mG \frac{M_{\text{Землі}}}{R_{\text{Землі}}^2} = 2mg_{\text{Землі}} = 200 \text{ Н}$.
16. **Відповідь: В** Запишемо сили, які діють на будь-яке тіло в шуканій точці з боку Землі та Місяця
- $$F_1 = G \frac{mM_{\text{Землі}}}{(64R_{\text{Землі}} - r)^2}; F_2 = G \frac{m \frac{M_{\text{Землі}}}{81}}{r^2}.$$
- Але за умовою $F_1 = F_2$. Тому $(64R_{\text{Землі}} - r)^2 = 81r^2 \Rightarrow 64R_{\text{Землі}} - r = 9r$. Остаточного $r = 6,4R_{\text{Землі}}$.
17. **Відповідь: Б** Під час руху тіла з прискоренням вага дорівнюватиме $\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$. Оскільки прискорення спрямоване вниз, $P = m(g - a) = 5(10 - 4) = 30 \text{ (Н)}$.
18. **Відповідь: В** Видовження пружини дорівнює $x = 18 \text{ см} - 10 \text{ см} = 8 \text{ см}$, сила пружності —
- $$F_{\text{пруж}} = F_{\text{тяж}} = mg = 4 \text{ Н}. \text{ Із закону Гука випливає: } k = \frac{F_{\text{пруж}}}{x} = \frac{4}{0,08} = 50 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right).$$
19. **Відповідь: Б** $F_{\text{пруж}} = F_{\text{тяж}} = mg \Rightarrow m = \frac{F_{\text{пруж}}}{g} = 0,36 \text{ кг}$.

20. **Відповідь: Б** Із закону Гука $k = \frac{F_{\text{пруж}}}{x} = \frac{8}{0,2} = 40 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right)$.
21. **Відповідь: Г** Показання динамометра в повітрі $F_1 = mg = \rho_{\text{тіла}} gV$ (нехтуємо виштовхувальною силою в повітрі), покази динамометра у воді $F_2 = \rho_{\text{тіла}} gV - \rho_{\text{води}} gV$. Знайдемо відношення показів $\frac{F_2}{F_1} = \frac{\rho_{\text{тіла}} gV - \rho_{\text{води}} gV}{\rho_{\text{тіла}} gV}$. Звідси легко отримати $\rho_{\text{тіла}} = \rho_{\text{води}} \frac{F_1}{F_1 - F_2} = 1 \cdot \frac{3}{3 - 2,4} = 5 \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$.
22. **Відповідь: А** $x = x_1 + x_2 \Rightarrow \frac{F}{k} = \frac{F_1}{k_1} + \frac{F_2}{k_2}$. Але $F_1 = F_2 = F$. Тому $\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \Rightarrow k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} = \frac{30 \cdot 60}{90} = 20 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right)$.
23. **Відповідь: В** 14,4 Н. $F_{\text{тер спок макс}} = \mu N = \mu mg$.
24. **Відповідь: Б** $F_{\text{тер спок макс}} = \mu N = \mu mg = 0,4 \cdot 3 \cdot 10 = 12$ (Н). Це означає, що брусок перебуває в спокої, сила тертя спокою не набула свого максимального значення й дорівнює 10 Н.
25. **Відповідь: В** 8 м/с². $F_{\text{ковз}} = \mu N = \mu mg = ma \Rightarrow a = \mu g$.
26. **Відповідь: Б** 0,25. $F_{\text{ковз}} = \mu N = \mu mg = \mu P \Rightarrow \mu = \frac{F_{\text{ковз}}}{P}$.
27. 1 – Д, 2 – Г, 3 – В, 4 – Б.
28. 1 – Б, 2 – А, 3 – Д, 4 – Г.
29. 1 – Д, 2 – А, 3 – Г, 4 – Б.
30. 1 – Б, 2 – В, 3 – А, 4 – Д.
31. **Відповідь: 2,2.** За третім законом Ньютона динамометр показує силу, яку прикладає до мотузки кожний з хлопців.
32. **Відповідь: 0,5.** За другим законом Ньютона $F = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = 0,5 \frac{20}{0,02} = 500$ (Н).
33. **Відповідь: 6.** Під час руху тіла з прискоренням, яке спрямоване вгору, $P = m(g + a)$. З другого боку, $P = F_{\text{пруж}}$, $kx = m(g + a)$. Остаточно $x = \frac{m(g + a)}{k} = \frac{2000 \cdot (10 + 2)}{4 \cdot 10^6} = 6 \cdot 10^{-3}$ (м).
34. **Відповідь: 8.** Супутник рухається під дією тільки сили тяжіння з прискоренням вільного падіння $g = G \frac{M}{(R + h)^2}$. З другого боку, прискорення супутника є доцентровим: $a = \frac{v^2}{R + h}$. Тому $\frac{v^2}{R + h} = G \frac{M}{(R + h)^2}$. Остаточно $v = \sqrt{G \frac{M}{R + h}}$.
35. **Відповідь: 50.** Сила тертя $F_{\text{тер}} = \mu N = \mu mg = ma \Rightarrow a = \mu g$. Тому гальмівний шлях $l = \frac{v^2}{2\mu g} = \frac{20^2}{2 \cdot 0,4 \cdot 10} = 50$ (м).
36. **Відповідь: 0,4.** Через те, що брусок рухається рівномірно, $F_{\text{тер}} = F_{\text{пруж}}$. Тому $\mu mg = kx$. Остаточно: $\mu = \frac{kx}{mg} = \frac{300 \cdot 0,08}{6 \cdot 10} = 0,4$.

Застосування законів динаміки

Варіант 1

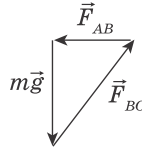
1. **Відповідь: В** Тіло рухається вниз рівноприскорено із збільшенням швидкості. Сила тертя не компенсує проекції сили тяжіння на похилу площину, тому тіло рухається вниз рівноприскорено із збільшенням швидкості.
2. **Відповідь: В** Під час рівномірного втягування тіла по гладенькій похилій площині $F = mg \sin \alpha$. Якщо тіло відпустити, то воно буде зісковзувати з прискоренням $a = g \sin \alpha$. Легко отримати $a = \frac{F}{m} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.
3. **Відповідь: В** Під час рівномірного втягування тіла по похилій площині $F = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$.
4. **Відповідь: А** Чисельне значення ваги тіла дорівнює сили натягу нитки. А ця сила однакова і для першого, і для другого вантажів.
5. **Відповідь: В** Перший брусок рухається під дією сили натягу нитки, що з'єднує бруски. Тому сила натягу нитки $T = m_1 a = 0,8 \text{ Н}$.
6. **Відповідь: Б** Збільшиться у $1 \frac{1}{3}$ рази. Якщо при незмінній силі F збільшити масу системи у 1,5 рази (до двох брусків додати третій такий самий), прискорення системи зменшиться у 1,5 рази. Сила натягу нитки, яка з'єднує бруски, буде забезпечувати нове прискорення першого бруска і бруска, який на нього поклали,—

$$T_1 = 2m \frac{a}{1,5} = \frac{4}{3} ma = \frac{4}{3} T.$$
7. **Відповідь: Г** Брусок 1 буде рухатися рівноприскорено вправо при будь-якому співвідношенні між m_1 і m_2 . Через те що стіл гладенький (тертя відсутнє), будь-яке значення сили натягу нитки, яка з'єднує бруски, буде викликати рівноприскорений рух системи.
8. **Відповідь: А** Перше тіло рухається вправо з прискоренням. Тому $m_1 a = T - \mu m_1 g$. Друге тіло опускається з тим же прискоренням $m_2 a = m_2 g - T$. Звідси для сили натягу отримуюємо $T = \frac{m_1 m_2 (1 + \mu) g}{m_1 + m_2} = 4,8 \text{ Н}$.
9. **Відповідь: Б** Автомобіль, який проходить середину опуклого моста, рухається з доцентровим прискоренням, яке спрямоване вниз. Під час руху тіла з прискоренням вага буде дорівнювати $\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$. Оскільки доцентрове прискорення автомобіля спрямоване вниз,

$$P = m(g - a_{\text{доц}}) = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right) = 2000 \cdot \left(10 - \frac{24^2}{144} \right) = 12 \text{ (кН)}.$$
10. **Відповідь: Г** Сила тертя спокою між шинами та поверхнею дороги.
11. **Відповідь: Б** Всередину велотреку; для зменшення кута відхилення велосипедиста від перпендикуляра до полотна. Нахил роблять в напрямку центру кола, частиною якого є поворот. Це призводить до появи горизонтальної проекції сили нормальної реакції полотна дороги, що, у свою чергу, зменшує силу тертя спокою між шинами та полотном і зменшує кут відхилення велосипедиста від перпендикуляра до полотна.

- 12. Відповідь: В** 27,4 км/год. Під час руху велосипедиста на повороті він рухається з доцентровим прискоренням, тому рівняння другого закону Ньютона в проекції на вісь, яка спрямована до центра повороту, має вигляд $ma_{\text{доц}} = N \sin \alpha = \frac{mg}{\cos \alpha} \sin \alpha = mg \operatorname{tg} \alpha$. З другого боку, доцентрове прискорення $a_{\text{доц}} = \frac{v^2}{R}$. Остаточно маємо: $\frac{v^2}{R} = g \operatorname{tg} \alpha \Rightarrow v = \sqrt{gR \operatorname{tg} \alpha} = 7,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.
- 13. Відповідь: Б** $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$. На перший циліндр діє найбільша сила Архімеда, на третій — найменша: сила Архімеда залежить від об'єму зануреної частини тіла. Якщо сили натягу ниток однакові, це означає, що перше тіло має найбільшу вагу, третє — найменшу. Об'єми циліндрів однакові, тому $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$.
- 14. Відповідь: В** У другій — найбільша, у першій — найменша. Виштовхувальна сила буде найбільшою в рідині, густина якої найбільша.
- 15. Відповідь: В** З правила моментів $M_{\text{лів}} + M_{\text{прав}} = 0$ отримуємо умову рівноваги важеля $\frac{F_{\text{лів}}}{F_{\text{прав}}} = \frac{l_{\text{прав}}}{l_{\text{лів}}}$. Остаточно $l_{\text{прав}} = l_{\text{лів}} \frac{F_{\text{лів}}}{F_{\text{прав}}} = 135 \text{ см}$.
- 16. Відповідь: А** 25 Н. З умови рівноваги важеля $\frac{mg}{F} = \frac{l_2}{l_1}$ отримуємо $F = mg \frac{l_1}{l_2}$. З рисунка бачимо $\frac{l_1}{l_2} = \frac{1}{4}$. Остаточно $F = \frac{1}{4} mg$.
- 17. Відповідь: А** З правила моментів $M_1 + M_2 + M_3 = 0$ і з урахуванням знаків моментів (проти руху годинникової стрілки — «+», за рухом годинникової стрілки — «-») отримуємо $F_1 l_1 + F_2 l_2 - F_3 l_3 = 0$ або $m_1 g l_1 + m_2 g l_2 - m_3 g l_3 = 0$. З рисунка бачимо $l_1 = l_3 = 4a, l_2 = a$. Остаточно:
- $$m_3 = \frac{4m_1 a + m_2 a}{4a} = \frac{4m_1 + m_2}{4} = 5 \text{ кг}.$$
- 18. Відповідь: В** Запишемо правило моментів для балки відносно краю, віддаленого від бочки $M_1 + M_2 + M_3 = 0$, де $M_1 = m_{\text{балки}} g \frac{1}{2} l_{\text{балки}}$ — момент сили тяжіння, що діє на балку, відносно обраної точки, $M_2 = m_{\text{бочки}} g l_{\text{бочки}}$ — момент сили тяжіння, що діє на бочку, відносно обраної точки, $l_{\text{бочки}}$ — плече сили тяжіння, що діє на бочку, відносно обраної точки, $M_3 = -N l_{\text{балки}}$ — момент сили реакції опори (з урахуванням знаку), що діє на балку, відносно обраної точки. Для сили реакції опори отримуємо:
- $$N = \frac{0,5 m_{\text{балки}} l_{\text{балки}} + m_{\text{бочки}} l_{\text{бочки}}}{l_{\text{балки}}} g = \frac{0,5 \cdot 50 \cdot 2 + 20 \cdot 1,5}{2} \cdot 10 = 400 \text{ (Н)}.$$
- 19. Відповідь: Г** Не дає програшу ні в силі, ні в переміщенні. Нерухомий блок тільки змінює напрям сили натягу мотузки, що через нього перекинута.
- 20. Відповідь: Г** 50 Н. Рухомий блок дає вигреш у силі у 2 рази, тому сила натягу мотузки буде вдвічі меншою за вагу вантажу.

21. **Відповідь: А** 150 г. У даному випадку рухомий блок використовується для отримання виграшу в 2 рази в переміщенні. Відповідно у силі програємо в 2 рази. Сила, яку показує динамометр, буде в 2 рази більшою за вагу кульки.
22. **Відповідь: А** AB — розтяг, BC — стиск.
23. **Відповідь: Б** $F_{AB} < mg$; $F_{BC} > mg$. Зобразимо сили, які діють на точку B (див. рисунок). Їхня сума дорівнює нулю. З рисунка видно, що $F_{AB} < mg$; $F_{BC} > mg$.



24. **Відповідь: В** Сила тяжіння F_T не змінюється, сила тертя $F_{тер}$ збільшується. Сила тертя спочоку збільшується й набуває свого максимального значення в момент початку ковзання драбини по підлозі.
25. **Відповідь: Г** $\vec{F}_T + \vec{N}_1 + \vec{F}_{тер} + \vec{N}_2 = 0$.
26. **Відповідь: Г** Униз, 25 м/с^2 . Треба перейти в неінерціальну систему відліку, яка рухається вгору з прискоренням 15 м/с^2 . Тоді всі вільні тіла в цій системі будуть рухатимуться з додатковим прискоренням вільного падіння 15 м/с^2 . Тобто нове прискорення вільного падіння становитиме 25 м/с^2 .

27. 1 — Д, 2 — В, 3 — Г, 4 — Б.

28. 1 — Г, 2 — В, 3 — Д, 4 — А.

29. 1 — Д, 2 — А, 3 — В, 4 — Б.

30. 1 — Б, 2 — В, 3 — Г, 4 — Д.

31. **Відповідь: 1,5.** Скористаємося другим законом Ньютона для бруска, який тягнуть із прискоренням вгору по похилій площині $ma = F - mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$. Звідси прискорення

$$a = \frac{F}{m} - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 0,15 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}.$$

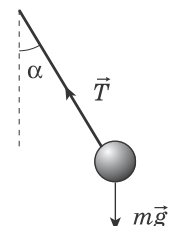
32. **Відповідь: 8.** Спочатку потрібно визначити прискорення системи:

$$a = \frac{F - F_{тер}}{m} = \frac{F - \mu mg}{m} = 5 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}.$$

Сила натягу нитки забезпечує рух першого бруска саме з цим прискоренням $m_1 a = T - F_{тер1} = T - \mu m_1 g$. Звідси отримуємо: $T = m_1 a + \mu m_1 g = 5 + 3 = 8 \text{ (Н)}$.

33. **Відповідь: 12,5.** Під час рівномірного руху по колу кулька рухається з доцентровим прискоренням $a_{доц}$. Це прискорення забезпечене горизонтальною проекцією сили натягу нитки $ma_{доц} = T \sin \alpha$ (див. рисунок). У свою чергу, вертикальна проекція сили натягу нитки дорівнює силі тяжіння, що діє на кульку, — $mg = T \cos \alpha$. Враховуючи, що $\cos \alpha = \frac{\sqrt{l^2 - R^2}}{l}$, остаточно отримуємо:

$$T = mg \frac{l}{\sqrt{l^2 - R^2}} = 1 \cdot 10 \cdot \frac{1}{0,8} = 12,5 \text{ (Н)}.$$



34. **Відповідь: 1,3.** Мінімальним значення маси m_2 вантажу, що висить, буде в разі, якщо вантаж m_1 втримується на похилій площині завдяки силі натягу нитки T і максимальній силі тертя спокою між першим вантажем і похилою площиною $\mu m_1 g \cos \alpha$, яка діє вгору вздовж площини. Ці дві сили врівноважують проекцію на похилу площину сили тяжіння, що діє на перший вантаж, $m_1 g \sin \alpha = T + \mu m_1 g \cos \alpha$. З другого боку, у стані спокою для другого вантажу $T = m_2 g$. Остаточно отримуємо:

$$m_2 = m_1 (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 2 \cdot (0,7 - 0,1 \cdot 0,7) = 1,26 \text{ (кг)} \approx 1,3 \text{ (кг)}.$$

35. **Відповідь: 60.** У стані рівноваги значення сили тяжіння, що діє на кульку, дорівнює вертикальній проекції сили пружності, що діє в стрижні BC $mg = F_{BC} \cos \alpha$. Для косинуса отримуємо $\cos \alpha = \frac{mg}{F_{BC}} = 0,5$, що відповідає куту 60° .
36. **Відповідь: 12.** Для того щоб піднімати вантаж 2 кг за допомогою рухомого блока масою 0,4 кг, треба, щоб сумарна сила натягу ниток, на яких висить блок, становила 24 Н. Тобто сила натягу однієї нитки — 12 Н.

Варіант 2

1. **Відповідь: Г** Тіло рухається вгору рівноприскорено зі збільшенням швидкості. Сили тертя немає. Сила, прикладена до тіла вздовж похилої площини вгору, більша за проекцію сили тяжіння на похилу площину, тому тіло рухається вгору рівноприскорено зі збільшенням швидкості.
2. **Відповідь: Б** Якщо тіло відпустити з гладенької похилої площини, то воно зісковзуватиме з прискоренням $a = g \sin \alpha$. Під час рівномірного витягування тіла по гладенькій похилій площині $F = mg \sin \alpha$. Легко отримати $F = ma = 35,5 \text{ Н}$.
3. **Відповідь: Б** Під час ковзання тіла похилою площиною його прискорення можна обчислити за формулою $a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 10 \cdot (0,7 - 0,4 \cdot 0,7) = 4,2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right)$.
4. **Відповідь: Г** Прискорення однакові.
5. **Відповідь: Г** Сила натягу нитки примушує перший брусок рухатися з прискоренням $a = \frac{T}{m_1} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. З цим прискоренням рухається вся система. Тому сила F дорівнює $F = m_1 a = (m_1 + m_2) a = 4 \text{ Н}$.
6. **Відповідь: А** Зменшиться в 1,5 рази. Якщо за незмінної сили F збільшити масу системи в 1,5 рази (до двох брусків додати третій такий самий), прискорення системи зменшиться в 1,5 рази. Сила натягу нитки, яка з'єднує бруски, забезпечуватиме нове прискорення першого бруска:
- $$T_1 = m \frac{a}{1,5} = \frac{1}{1,5} m a = \frac{1}{1,5} T.$$
7. **Відповідь: Б** Якщо $m_1 = 2m_2$, брусок 1 перебуватиме в стані спокою. Для того щоб перший брусок почав рухатися вправо з прискоренням, потрібно, щоб сила натягу нитки перевищувала максимальну силу тертя спокою між першим бруском і столом, тобто потрібно, щоб $m_2 > 0,25m_1$. В іншому разі система залишатиметься в спокої.

8. **Відповідь: А** Перший брусок рухається вправо з прискоренням. Тому $m_1 a = T - \mu m_1 g$. Другий опускається з тим самим прискоренням $m_2 a = m_2 g - T$. Звідси для прискорення отримуємо:

$$a = \frac{m_2 - \mu m_1}{m_1 + m_2} g = \frac{0,6 - 0,28}{1,6} \cdot 10 = 2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right).$$

9. **Відповідь: Б** Літак, який виходить із пікірування, рухається з доцентровим прискоренням, яке спрямоване вгору. Під час руху тіла з прискоренням вага дорівнюватиме $\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$. Оскільки доцентрове прискорення літака спрямоване вгору, $P = m(g + a_{\text{доц}}) = m \left(g + \frac{v^2}{R} \right)$. За умовою задачі льотчик відчуває трикратне перевантаження $P = 3P_0 = 3mg$. Звідси отримуємо $m \left(g + \frac{v^2}{R} \right) = 3mg$. Остаточо

$$v = \sqrt{2gR} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 500} = 100 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right) = 360 \left(\frac{\text{км}}{\text{год}} \right).$$

10. **Відповідь: А** Збільшити радіус повороту. Радіус повороту обмежений максимальною силою тертя спокою між шинами автомобіля й дорогою. Ця сила визначає максимальне доцентрове прискорення автомобіля на повороті $a_{\text{доц}} = \frac{v^2}{R}$. Щоб збільшити швидкість, потрібно збільшити радіус повороту.

11. **Відповідь: Б** Для збільшення максимальної швидкості під час проходження повороту. У разі нахилу полотна дороги з'являється горизонтальна проекція сили нормальної реакції дороги, що діє на автомобіль. Ця додаткова сила дозволяє збільшити доцентрове прискорення автомобіля на повороті, а це, у свою чергу, — збільшити швидкість проходження повороту.

12. **Відповідь: В** Під час руху ковзаняра на повороті він рухається з доцентровим прискоренням, тому рівняння другого закону Ньютона в проекції на вісь, спрямовану до центра повороту, має вигляд $ma_{\text{доц}} = N \sin \alpha = \frac{mg}{\cos \alpha} \sin \alpha = mg \operatorname{tg} \alpha$. З другого боку, доцентрове прискорення $a_{\text{доц}} = \frac{v^2}{R}$. Остаточо маємо:

$$\frac{v^2}{R} = g \operatorname{tg} \alpha \Rightarrow R = \frac{v^2}{g \operatorname{tg} \alpha} = 37 \text{ (м)}.$$

13. **Відповідь: В** $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$. За умовою плавання тіло плаває на поверхні рідини, якщо $\rho_{\text{т}} < \rho_{\text{рід}}$, тоне, якщо $\rho_{\text{т}} > \rho_{\text{рід}}$, і плаває в товщі рідини, якщо $\rho_{\text{т}} = \rho_{\text{рід}}$.

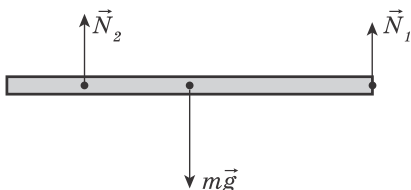
14. **Відповідь: А** Сила Архімеда визначається густиною рідини, прискоренням вільного падіння та об'ємом тіла. Тому сили однакові в усіх трьох випадках.

15. **Відповідь: А** 1 м 80 см. З правила моментів $M_{\text{лів}} + M_{\text{прав}} = 0$ отримуємо правило рівноваги важеля $\frac{F_{\text{лів}}}{F_{\text{прав}}} = \frac{l_{\text{прав}}}{l_{\text{лів}}}$. Остаточо $l_{\text{лів}} = l_{\text{прав}} \frac{F_{\text{прав}}}{F_{\text{лів}}} = 180 \text{ (см)}$.

16. **Відповідь: В** З правила рівноваги важеля $\frac{F}{mg} = \frac{l_2}{l_1}$ отримуємо $m = \frac{F}{g} \cdot \frac{l_1}{l_2}$. З рисунка бачимо $\frac{l_1}{l_2} = \frac{3}{4}$. Остаточню $m = \frac{3}{4} \cdot \frac{F}{g} = \frac{3}{4} \cdot \frac{120}{10} = 9$ (кг).

17. **Відповідь: Г** З умови рівноваги важеля $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$ і того, що $l = l_1 + l_2$, отримуємо:
- $$l_1 = l \frac{F_2}{F_1 + F_2} = l \frac{m_2}{m_1 + m_2} = 90 \cdot \frac{5}{4 + 5} = 50 \text{ (см)}.$$

18. **Відповідь: А** Запишемо правило моментів відносно точки O (див. рисунок) з урахуванням знаків $N_1(l_{\text{труби}} - \Delta l) - m_{\text{труби}}g \left(\frac{1}{2} l_{\text{труби}} - \Delta l \right) = 0$.

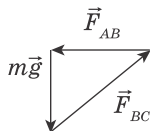


Для сили реакції рук першого робітника маємо:

$$N_1 = m_{\text{труби}}g \frac{\frac{1}{2} l_{\text{труби}} - \Delta l}{l_{\text{труби}} - \Delta l} = 30 \cdot 10 \cdot \frac{2-1}{4-1} = 100 \text{ (Н)}.$$

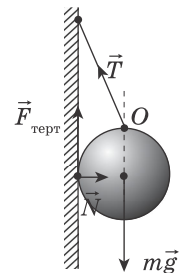
За третім законом Ньютона труба з тією самою силою тисне на першого робітника.

19. **Відповідь: А** Дає вигреш у силі у 2 рази.
20. **Відповідь: А** Угору на 20 см. Під час використання рухомого блока маємо програш у переміщенні в 2 рази.
21. **Відповідь: В** 400 г. Кулька втримується двома нитками, кожна з яких натягнута із силою 2 Н. Загальна вага кульки — 4 Н, її маса — 0,4 кг.
22. **Відповідь: Б** BC — розтяг, AB — стиск.
23. **Відповідь: Г** $F_{AB} > mg; F_{BC} > mg$. Зобразимо сили, які діють на точку B (див. рисунок). Їхня сума дорівнює нулю. З рисунка видно, що $F_{AB} > mg; F_{BC} > mg$.



24. **Відповідь: Б** Сила реакції підлоги N_1 не змінюється, сила реакції стінки N_2 збільшується. Сила реакції підлоги компенсує силу тяжіння, яка не змінюється. Сила реакції стіни компенсує силу тертя спокою, яка збільшується до максимального значення в міру збільшення кута між драбиною та стіною.
25. **Відповідь: Б** $M_{F_r} = 0; M_{N_1} = N_1 \cdot \frac{l}{2} \sin \alpha; M_{F_{\text{тер}}} = -F_{\text{тер}} \cdot \frac{l}{2} \sin \alpha; M_{N_2} = -N_2 \cdot \frac{l}{2} \cos \alpha$. Треба визначити плечі відповідних сил відносно центра драбини й помножити їх на значення сил.

- 26. Відповідь: А** Треба перейти в неінерціальну систему відліку, яка рухається вниз із прискоренням 15 м/с^2 . Тоді всі вільні тіла в цій системі рухатимуться з додатковим прискоренням вільного падіння 15 м/с^2 , яке буде спрямоване вгору. Тобто нове прискорення вільного падіння дорівнюватиме 5 м/с^2 і буде спрямоване вгору.
- 27. 1 — Г, 2 — В, 3 — Б, 4 — А.**
- 28. 1 — В, 2 — Г, 3 — Б, 4 — Д.**
- 29. 1 — Б, 2 — В, 3 — А, 4 — Г.**
- 30. 1 — Д, 2 — Г, 3 — Б, 4 — В.**
- 31. Відповідь: 0,3.** Для рівномірного витягування тіла по похилій площині до нього прикладають силу $F_1 = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$. Щоб рівномірно стягувати — силу $F_2 = mg(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$. Поділивши одне рівняння на інше, отримуємо $\frac{F_1}{F_2} = \frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{\mu \cos \alpha - \sin \alpha}$. Остаточо для коефіцієнта тертя отримуємо $\mu = \operatorname{tg} \alpha \frac{F_1 + F_2}{F_1 - F_2} = 0,3$.
- 32. Відповідь: 0,6.** Через те, що бруски зв'язані ниткою, значення прискорення в них однакове. Брусок, що висить, рухається вниз із прискоренням $m_2 a = m_2 g - T$. Брусок, який ковзає по поверхні стола, рухається вправо з прискоренням $m_1 a = T - \mu m_1 g$. Виключимо з цих формул T і знайдемо масу першого бруска: $m_1 = m_2 \frac{g - a}{a + \mu g} = 0,2 \cdot \frac{9}{3} = 0,6 \text{ (кг)}$.
- 33. Відповідь: 45.** Під час руху мотоцикліста на повороті він рухається з доцентровим прискоренням, тому рівняння другого закону Ньютона в проекції на вісь, спрямовану до центра повороту, має вигляд $m a_{\text{доц}} = N \sin \alpha = \frac{mg}{\cos \alpha} \sin \alpha = mg \operatorname{tg} \alpha$. З другого боку, доцентрове прискорення $a_{\text{доц}} = \frac{v^2}{R}$. Остаточо маємо: $\frac{v^2}{R} = g \operatorname{tg} \alpha \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{v^2}{gR} = \frac{20^2}{10 \cdot 40} = 1$. Це значення тангенса відповідає куту 45° .
- 34. Відповідь: 3,4.** Максимальне значення маси m_2 вантажу, що висить, буде в разі, коли вантаж m_1 втримується на похилій площині завдяки силі натягу нитки T . При цьому проекція на похилу площину сили тяжіння, що діє на вантаж, $m_1 g \sin \alpha$ і максимальна сила тертя спокою між другим вантажем і похилою площиною $\mu m_1 g \cos \alpha$, яка діє вниз, врівноважують силу натягу нитки $T = m_1 g \sin \alpha + \mu m_1 g \cos \alpha$. З другого боку, у стані спокою для другого вантажу $T = m_2 g$. Остаточо отримуємо: $m_2 = m_1 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 4 \cdot (0,5 + 0,4 \cdot 0,87) = 3,39 \text{ (кг)} \approx 3,4 \text{ (кг)}$.
- 35. Відповідь: 1.** Зобразимо сили, які діють на кулю (див. рисунок). Сила тертя спокою спрямована вгору й набула свого максимального значення $F_{\text{тер}} = \mu N$. Через те, що куля перебуває в стані спокою, для неї виконуються обидві умови рівноваги: векторна сума сил, що діють на кулю, дорівнює нулю й алгебраїчна сума моментів сил, що діють на кулю, відносно будь-якої точки також дорівнює нулю. Скористаємося другою умовою рівноваги й запишемо правило моментів відносно точки O : $M_1 + M_2 + M_3 + M_4 = 0$. Врахуємо при цьому, що плечі сили тяжіння й сили натягу нитки дорівнюватимуть нулю: лінії дії цих сил проходять через точку O .



Також врахуємо, що плечі сили реакції стіни й максимальної сили тертя спокою дорівнюють радіусу кулі. Тоді з урахуванням знаків $NR - F_{\text{тер}}R = 0 \Rightarrow NR - \mu NR = 0 \Rightarrow \mu = 1$.

36. **Відповідь: 16.** Через те, що другий вантаж має більшу масу, ніж перший, він з прискоренням рухатиметься вниз, а перший із таким самим за значенням прискоренням рухатиметься вгору. З другого закону Ньютона для першого й другого вантажів отримуємо $m_1 a = T - m_1 g, m_2 a = m_2 g - T$. З цих двох рівнянь, виключивши прискорення, знайдемо силу натягу нитки: $T = \frac{2m_2}{m_1 + m_2} m_1 g = \frac{2 \cdot 4}{1 + 4} \cdot 1 \cdot 10 = 16 \text{ (Н)}$.

Закони збереження

1. **Відповідь: В** Добуток маси тіла на швидкість руху тіла.
2. **Відповідь: Б** mv .
3. **Відповідь: В** $40\,000 \text{ кг} \cdot (\text{м/с})$.
4. **Відповідь: Б** $40 \text{ кг} \cdot (\text{м/с})$. Потрібно знайти швидкість тіла через 4 с після початку руху. Скористаємося загальним виглядом залежностей координати та проекції швидкості руху тіла від часу $x = x_0 + v_{x0}t + \frac{a_x t^2}{2}$, $v_x = v_{x0} + a_x t$ і запишемо рівняння швидкості для даного тіла $v_x = 4 - 3t$. Через 4 с після початку руху модуль швидкості буде 8 м/с .
5. **Відповідь: Г** $F \Delta t$.
6. **Відповідь: Б** $12,5 \text{ кН}$. Потрібно скористатися формулою другого закону Ньютона в імпульсній формі $F = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t}$.
7. **Відповідь: Г** За час дії сили швидкість тіла змінилася на 18 м/с (треба було зменшити швидкість від 12 м/с до 0 , а потім збільшити її до 6 м/с в протилежному напрямку). Тому зміна імпульсу становила $36 \text{ кг} \cdot (\text{м/с})$. З другого закону Ньютона в імпульсній формі маємо $F = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t F = \frac{\Delta(mv)}{F} = \frac{36}{6} = 6 \text{ (с)}$.
8. **Відповідь: В** III закон Ньютона.
9. **Відповідь: Б** Тіл, що складають замкнену систему й взаємодіють із будь-якими силами.
10. **Відповідь: Г** Протилежно до напрямку стрибка зі швидкістю $1,5 \text{ м/с}$. Із закону збереження імпульсу $\Sigma \vec{p}_i = \text{const}$ маємо $0 = m_{\text{люд}} \vec{v}_{\text{люд}} + m_{\text{тел}} \vec{v}_{\text{тел}}$ або $\vec{v}_{\text{тел}} = -\frac{m_{\text{люд}}}{m_{\text{тел}}} \vec{v}_{\text{люд}}$.
11. **Відповідь: В** Робота буде додатною, якщо у формулі для роботи $A = F s \cos \alpha$ значення $\cos \alpha$ буде додатним. А це справедливо для всіх кутів, менших за 90° .
12. **Відповідь: Г** $A_2 = A_1 = A_3$. Робота сили тяжіння залежить тільки від різниці висот вихідної й кінцевої точок траєкторії тіла.
13. **Відповідь: Б** 15 Дж . Мінімум роботи буде у випадку, якщо брусок рівномірно тягнути по столу. При цьому сила, яку потрібно прикладати до бруска, за значенням дорівнюватиме силі тертя ковзання $F = \mu mg$.
14. **Відповідь: Б** Зменшити час виконання роботи у 2 рази.

15. **Відповідь: В** 22,5 кВт. Треба скористатися формулою, в якій потужність можна обчислити через силу, яка діє на тіло, та швидкість руху тіла: $N = Fv = 3000 \cdot 7,5 = 22\,500$ (Вт).
16. **Відповідь: Б** 80 Дж. Треба скористатися формулою потенціальної енергії тіла в полі тяжіння Землі $W_{\text{п}} = mgh$.
17. **Відповідь: А** 0,16 Дж. Треба скористатися формулою потенціальної енергії пружно деформованого тіла $W_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}$.
18. **Відповідь: Г** Унаслідок притягання до Землі тіло розтягне пружину із силою $F = mg$. З другого боку, у пружині виникає сила пружності $F_{\text{пруж}} = kx$. Ці дві сили за значенням однакові, тому $x = \frac{mg}{k}$. Скористаємося формулою потенціальної енергії пружно деформованого тіла $W_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}$. Остаточного отримуємо: $W_{\text{п}} = \frac{m^2 g^2}{2k} = \frac{10^2 \cdot 10^2}{2 \cdot 1000} = 5$ (Дж).
19. **Відповідь: Г** Яке рухається з певною швидкістю.
20. **Відповідь: Б** 250 Дж. Треба скористатися формулою кінетичної енергії тіла $W_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}$.
21. **Відповідь: А** Тіл, що складають замкнену систему і взаємодіють тільки із силами тяжіння та пружності.
22. **Відповідь: Г** 10 м. Із закону збереження механічної енергії $W_{\text{п}} + W_{\text{к}} = \text{const}$ отримуємо $mgH = mgh + \frac{mv^2}{2}$. За умовою задачі $mgh = \frac{1}{2} \cdot \frac{mv^2}{2}$. Тому $mgH = mgh + 2mgh$. Остаточного $h = \frac{1}{3}H$.
23. **Відповідь: Г** Із закону збереження механічної енергії $W_{\text{п}} + W_{\text{к}} = \text{const}$ отримуємо $W_{\text{п}} = \frac{mv^2}{2}$. Остаточного $v = \sqrt{\frac{2W_{\text{п}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{0,1}} = 20 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$.
24. **Відповідь: В** 400 кг. Із «золотого» правила механіки випливає, що роботи, які виконуються на короткому та довгому плечах важеля, однакові $A_{\text{кор}} = A_{\text{довг}}$. Тому $A_{\text{кор}} = mgh$. Остаточного $m = \frac{A_{\text{кор}}}{gh} = \frac{2000}{10 \cdot 0,5} = 400$ (кг).
25. **Відповідь: Б** Корисна робота — збільшення потенціальної енергії вантажу $m_{\text{вант}}gh$, повна робота — збільшення потенціальної енергії вантажу разом із блоком $(m_{\text{вант}} + m_{\text{блок}})gh$. За визначенням ККД:
- $$\eta = \frac{m_{\text{вант}}gh}{(m_{\text{вант}} + m_{\text{блок}})gh} \cdot 100\% = \frac{45}{50} \cdot 100\% = 90\%.$$

26. **Відповідь: А** Під час підйому тіла похилою площиною корисна робота дорівнює збільшенню потенціальної енергії тіла mgh , повна робота — добутку сили, яку прикладають до тіла впродовж його підйому похилою площиною, і довжині похилої площини Fl . Слід урахувати, що в разі рівномірного втягування тіла похилою площиною сила, яка прикладена до тіла, дорівнює $F = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$. Враховуючи, що $\frac{h}{l} = \sin \alpha$, отримуємо для ККД:

$$\eta = \frac{mgh}{mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)l} \cdot 100\% = \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} \cdot 100\% = \frac{100\%}{\mu + \text{ctg} \alpha}.$$

27. 1 – В, 2 – А, 3 – Г, 4 – Б.

28. 1 – В, 2 – А, 3 – Д, 4 – Б.

29. 1 – А, 2 – В, 3 – Б, 4 – Д.

30. 1 – В, 2 – Д, 3 – А, 4 – Б.

31. **Відповідь: 1,6.** Із закону збереження імпульсу $\Sigma \vec{p}_i = \overrightarrow{\text{const}}$ маємо в проекції на горизонтальну вісь $m_{\text{ваг}} v_{\text{ваг}} = (m_{\text{ваг}} + m_{\text{міш}}) v'_{\text{ваг}}$ або $v'_{\text{ваг}} = \frac{m_{\text{ваг}}}{m_{\text{ваг}} + m_{\text{піску}}} v_{\text{ваг}} = \frac{20}{25} \cdot 2 = 1,6 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$.

32. **Відповідь: 50.** У разі абсолютно непружного зіткнення кульки почнуть рухатися, як одне тіло. Швидкість руху можна обчислити за законом збереження імпульсу $mv = 2mv' \Rightarrow v' = \frac{1}{2}v$. Кількість теплоти дорівнюватиме різниці кінетичних енергій кульок до й після зіткнення:

$$Q = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv'^2}{2} = \frac{mv^2}{2} - \frac{2m \left(\frac{1}{2}v \right)^2}{2} = \frac{mv^2}{4} = \frac{2 \cdot 10^2}{4} = 50 \text{ (Дж)}.$$

33. **Відповідь: 5.** Треба скористатися формулою, у якій потужність можна обчислити через силу, яка діє на тіло, та швидкість руху тіла $N = Fv$. Через те, що швидкість поїзда постійна, сила, яку локомотив прикладає до поїзда, дорівнює за значенню силі опору руху поїзда $F = \mu mg$. Остаточоно отримуємо: $N = \mu mgv = 0,005 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 20 = 5 \cdot 10^6 \text{ (Вт)}$.

34. **Відповідь: 0,3.** Кінетична енергія, якої набув автомобіль, дорівнює роботі сил, що на нього діють у горизонтальному напрямку $W_k = A$. За умовою задачі автомобіль рухається під дією сили $F_{\text{тяги}}$ і на нього діє сила опору $F_{\text{опору}} = \mu mg$. Тому рівнодійна цих сил $F = F_{\text{тяги}} - F_{\text{опору}} = F_{\text{тяги}} - \mu mg$. Остаточоно для кінетичної енергії маємо:

$$W_k = (F_{\text{тяги}} - \mu mg)l = (2000 - 0,1 \cdot 500 \cdot 10) \cdot 200 = 300\,000 \text{ (Дж)}.$$

35. **Відповідь: 30.** У нижній точці траєкторії кулька рухається з доцентровим прискоренням $a = \frac{v^2}{l}$ під дією двох сил: сили тяжіння mg і сили натягу нитки T . У нижній точці траєкторії рівнодійна цих сил становить $F = T - mg$. Згідно з другим законом Ньютона $T - mg = \frac{mv^2}{l}$. Із закону збереження енергії для початкового моменту й моменту, коли кулька знаходиться в нижній точці траєкторії, маємо:

$$mgl = \frac{mv^2}{2}. \text{ Остаточоно для сили натягу нитки маємо:}$$

$$T = mg + \frac{mv^2}{l} = mg + 2mg = 3mg = 3 \cdot 1 \cdot 10 = 30 \text{ (Н)}.$$

36. **Відповідь: 2.** Запишемо для зіткнення кульок закон збереження імпульсу в проекції на вісь, яка збігається з початковим напрямком руху легшої кульки $m_1 v_1 = -m_1 v'_1 + m_2 v'_2$. Оскільки зіткнення абсолютно пружне, кінетична енергія зберігається $\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v'^2_1}{2} + \frac{m_2 v'^2_2}{2}$. Виключимо з цих двох рівнянь швидкість першої кульки після зіткнення v'_1 . Із закону збереження імпульсу маємо

$m_1 v_1' = -m_1 v_1 + m_2 v_2'$, із закону збереження енергії — $m_1 v_1'^2 = m_1 v_1^2 - m_2 v_2'^2$. Перше рівняння піднесемо до квадрата $(m_1 v_1')^2 = (-m_1 v_1 + m_2 v_2')^2$, а друге — помножимо на m_1 : $(m_1 v_1')^2 = m_1^2 v_1^2 - m_1 m_2 v_2'^2$. Ліві частини рівнянь однакові, праві — теж: $m_1^2 v_1^2 - m_1 m_2 v_2'^2 = (-m_1 v_1 + m_2 v_2')^2$. Відкриваємо дужки й остаточно отримуємо для v_2' швидкості важчої кульки після зіткнення: $v_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1 = 2 \left(\frac{m}{c} \right)$.

МКТ ідеального газу

1. **Відповідь: А** В різних напрямках із різними за значенням швидкостями.
2. **Відповідь: Г** Кількість молекул у тілі.
3. **Відповідь: Б** Відносну молекулярну масу.
4. **Відповідь: Г** Кисень. Треба знайти молярну масу цього газу

$$M = m_0 N_A = 5,32 \cdot 10^{-26} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 32 \left(\frac{\text{г}}{\text{моль}} \right).$$

Це молярна маса кисню.

5. **Відповідь: А** Середньою квадратичною швидкістю, концентрацією молекул газу й тиском газу.
6. **Відповідь: Г** Збільшилася у $\sqrt{2}$ разу. Абсолютна температура є мірою середньої кінетичної енергій молекул газу, тому за підвищення температури вдвічі енергія також подівається вдвічі, а швидкість — у $\sqrt{2}$.
7. **Відповідь: А** Для обчислення концентрації молекул газу скористаємося формулою $p = nkT$. Якщо врахувати, що температура за шкалою Кельвіна буде 300 К, отримуємо:

$$n = \frac{p}{kT} = \frac{4,14 \cdot 10^{-4}}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300} = 1 \cdot 10^{17} \text{ (м}^{-3}\text{)}.$$

8. **Відповідь: В** Скористаємося залежністю між середньою кінетичною енергією молекул одноатомного ідеального газу і його абсолютною температурою $\frac{3}{2} kT = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$. Врахувавши, що $m_0 = \frac{M}{N_A}$, отримуємо: $\bar{v} = \sqrt{\frac{3kN_A T}{M}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = 967 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.
9. **Відповідь: В** Для маленької порошокинки, яка бере участь у броунівському русі, залежність середньої кінетичної енергії хаотичного руху від температури середовища така сама, як і для молекули одноатомного ідеального газу. Тому $W_k = \frac{3}{2} kT = 6,2 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$.
10. **Відповідь: В** $8 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Скористаємось рівнянням Менделєєва — Клапейрона $\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R$. Врахуємо, що $m_2 = 0,8m_1$, й отримуємо $\frac{p_2 V}{T} = \frac{m_2}{M} R = \frac{0,8m_1}{M} R = 0,8 \frac{p_1 V}{T}$. Остаточо $p_2 = 0,8p_1$.
11. **Відповідь: Б** У кімнаті менша в 1,2 разу. Знову скористаємося рівнянням Менделєєва — Клапейрона $\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R$. Густина газу $\rho = \frac{m}{V} = \frac{pM}{TR}$. Врахуємо, що $T_2 = 298 \text{ К}$, $T_1 = 248 \text{ К}$.

12. Відповідь: Г.

13. Відповідь: В $pV = \text{const}$.

14. Відповідь: В $T_1 > T_2 > T_3$. Чим більша температура газу, тим вище проходить відповідна ізотерма.

15. Відповідь: Б На 25 %. Скористаємося рівнянням Клапейрона $\frac{p_1 V_1}{T} = \frac{p_2 V_2}{T} = \frac{p_2 0,8 V_1}{T}$. Остаточно $p_2 = \frac{p_1}{0,8} = 1,25 p_1$.

16. Відповідь: Б

17. Відповідь: Б $\frac{V}{T} = \text{const}$.

18. Відповідь: В $p_3 > p_1 > p_2$. Чим менший об'єм газу, тим більший у нього тиск за тієї самої температури.

19. Відповідь: Г 627 °С. Це ізобарний процес, за якого висота поршня над дном циліндра, а значить, й об'єм газу зростають утричі. Це відбувається за рахунок зростання температури газу утричі: від 300 до 900 К.

20. Відповідь: Б

21. Відповідь: А $\frac{p}{T} = \text{const}$.

22. Відповідь: А $V_1 < V_2 < V_3$. Чим більший тиск газу, тим менший його об'єм за тієї самої температури.

23. Відповідь: А У 1,5 разу. Скористаємося рівнянням Клапейрона:

$$\frac{p_1 V}{T_1} = \frac{p_2 V}{T_2} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{450}{300} = 1,5.$$

24. Відповідь: Г Спочатку потрібно зобразити ізотерму 12, яка має вигляд гіперболи. Потрібно врахувати, що в ході процесу 12 тиск зменшується. Потім провести ізохору 31, за якої тиск зростає, та ізобару 23, за якої температура, а значить, і об'єм зменшуються.

25. Відповідь: В Скористаємося рівнянням Менделєєва — Клапейрона $\frac{pV}{T} = \nu R$. Тоді для двох станів газу маємо $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \nu_1 R$ і $\frac{p_2 V_2}{T_2} = \nu_2 R$. Звідси, враховуючи, що $V_1 = V_2$, легко отримати:

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{\nu_2}{\nu_1} = 1,05 \cdot 10^6 \cdot \frac{300}{350} \cdot \frac{2}{3} = 6 \cdot 10^5 \text{ (Па)}.$$

26. Відповідь: Г Скористаємося рівнянням Клапейрона $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$. За умовою задачі $\frac{V_1}{p_1} = \frac{V_2}{p_2}$, $p_2 = 2p_1$. Звідси випливає, що $V_2 = 2V_1$. Підставимо це в рівняння Клапейрона:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{2p_1 2V_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = 4T_1.$$

27. 1 — Б, 2 — А, 3 — В, 4 — Д.

28. 1 — В, 2 — Г, 3 — Б, 4 — Д.

29. 1 — Б, 2 — Д, 3 — А, 4 — Г.

30. 1 — Б, 2 — Д, 3 — В, 4 — А.

- 31. Відповідь: 5.** Кількість молекул легкої речовини, що потрапила в легені, можна обчислити за формулою $N_{\text{лег}} = nV_{\text{лег}}$, де n — концентрація молекул легкої речовини в приміщенні. Щоб обчислити концентрацію молекул легкої речовини в приміщенні, потрібно кількість молекул цієї речовини $N_{\text{реч}} = \frac{m_{\text{реч}}}{M_{\text{реч}}} N_A$ поділити на об'єм приміщення $V_{\text{прим}} = abh$. Остаточного отримуємо:

$$N_{\text{лег}} = \frac{m_{\text{реч}}}{M_{\text{реч}}} \cdot \frac{V_{\text{лег}}}{abh} \cdot N_A = \frac{0,32}{160} \cdot \frac{0,0025}{5 \cdot 4 \cdot 3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 5 \cdot 10^{16}.$$

- 32. Відповідь: 11.** На одну молекулу кисню припадає три атоми Гелію й це свідчить про те, що $v_{\text{гел}} = 3v_{\text{кисн}}$. Для того щоб обчислити молярну масу суміші, потрібно обчислити масу одного моля газу, у якому 1/4 становить кисень, 3/4 — гелій.

$$M_{\text{суміші}} = \frac{1}{4} m_{\text{окисня}} N_A + \frac{3}{4} m_{\text{огел}} N_A = \frac{1}{4} M_{\text{кисня}} + \frac{3}{4} M_{\text{гел}} = 11 \left(\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right).$$

- 33. Відповідь: 75.** Коли трубку встановлюють вертикально, повітря знизу стискується стовпчиком ртуті, отже, його об'єм стає меншим за попередній. Тиск повітря в початковому стані й після встановлення трубки вертикально в її нижній частині можна пов'язати за допомогою закону Бойля — Маріотта $p_{\text{атм}} l = p' l'$. Крім того, коли трубку встановили вертикально, тиск повітря в нижній частині трубки дорівнює $p' = p_{\text{атм}} + \rho gh$, де ρgh — тиск стовпчика ртуті. Звідси для атмосферного тиску отримуємо $p_{\text{атм}} = p_{\text{атм}} \frac{l}{l'} - \rho gh$ й остаточно

$$p_{\text{атм}} = \rho gh \frac{l}{l-l'} = 7,5 \cdot \frac{40}{4} = 75 \text{ (см. рт. ст.)}. \text{ Слід врахувати, що } \rho gh = 7,5 \text{ см. рт. ст.},$$

$$l = \frac{95,5 - 7,5}{2} = 44 \text{ (см)}, \quad l' = 40 \text{ см}, \quad l - l' = 4 \text{ см}.$$

- 34. Відповідь: 27.** Підйом поршня в циліндрі — це ізобарний процес. Тому скористаємося рівнянням ізобарного процесу $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$. Враховуючи зміну температури та об'єму, отримуємо $\frac{V_1}{T_1} = \frac{1,2V_1}{T_1 + \Delta T}$. Остаточного $T_1 = \frac{1}{1,2-1} \Delta T = \frac{\Delta T}{0,2} = 300 \text{ (К)}$.

- 35. Відповідь: 2.** Процес нагрівання газу в сталевому балоні — процес ізохорний. Тому скористаємося рівнянням ізохорного процесу $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$. Враховуючи зміну температури й тиску, отримуємо: $\frac{p_2 - \Delta p}{T_1} = \frac{p_2}{1,25T_1}$. Остаточного

$$p_1 = \frac{1,25}{1,25-1} \Delta p = \frac{1,25}{0,25} \Delta p = 2000 \text{ (кПа)}.$$

- 36. Відповідь: 50.** Запишемо рівняння Клапейрона — Менделєєва для повітря в шині до накачування $\frac{p_1 V_{\text{шини}}}{T} = \frac{m_1}{M} R$ та після накачування $\frac{p_2 V_{\text{шини}}}{T} = \frac{m_2}{M} R$. Маса повітря в шині збільшилася за рахунок повітря, яке захопив насос, $m_2 - m_1 = N \Delta m$, де N — кількість ходів поршня насоса. Масу Δm повітря, яке захоплює насос, також визначимо з рівняння Клапейрона — Менделєєва $\frac{p_{\text{атм}} V_{\text{насос}}}{T} = \frac{\Delta m}{M} R$. З формули

$$m_2 - m_1 = N \Delta m \text{ отримуємо } \frac{p_2 M V_{\text{шини}}}{TR} - \frac{p_1 M V_{\text{шини}}}{TR} = N \frac{p_{\text{атм}} M V_{\text{насос}}}{TR}. \text{ Остаточню}$$

$$N = \frac{p_2 V_{\text{шини}} - p_1 V_{\text{шини}}}{p_{\text{атм}} V_{\text{насос}}} = \frac{p_2 - p_1}{p_{\text{атм}}} \cdot \frac{V_{\text{шини}}}{V_{\text{насос}}} = \frac{1}{1} \cdot \frac{10}{0,2} = 50.$$

МКТ пари, рідин і твердих тіл

1. **Відповідь: Г** Нагрівання склянки.
2. **Відповідь: А** Охолоджується.
3. **Відповідь: Б** Густина рідини — зменшується, пари — збільшується.
4. **Відповідь: Б** Тиск насиченої пари зростає швидше, ніж температура, тому що під час зростання температури відбувається додаткове випаровування води й зростає концентрація молекул пари. Після того як вода випарилася, тиск зростає пропорційно до зростання температури.
5. **Відповідь: В** Не змінилася. Тиск, а значить, і концентрація молекул насиченої пари залежать тільки від температури.
6. **Відповідь: Г** Збільшився більш ніж на 10 %. Тиск насиченої пари зростає швидше, ніж зростає температура, тому що під час зростання температури відбувається додаткове випаровування води й зростає концентрація молекул пари.
7. **Відповідь: Б** Точка роси.
8. **Відповідь: В** Психрометр.
9. **Відповідь: В** $\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$.
10. **Відповідь: Г** Абсолютна вологість не змінюватиметься, відносна — зменшуватиметься. Абсолютна вологість повітря — це густина водяної пари. Вона не змінюватиметься. Відносна вологість — це відношення парціального тиску водяної пари в посудині до тиску насиченої пари за температури дослідів. Зі зростанням температури тиск насиченої пари зростає — відносна вологість зменшується.
11. **Відповідь: А** Якщо обидва термометри показують однакову температуру, це означає, що вода з вологого термометра не випаровується — у повітрі 100 % вологість.
12. **Відповідь: В** Не зміниться.
13. **Відповідь: Б** 18 °С. Треба скористатися психрометричною таблицею.
14. **Відповідь: А** 75 %. Треба скористатися формулою для обчислення відносної вологості $\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$.
15. **Відповідь: А** З таблиці залежності густини насиченої пари від температури та формули відносної вологості отримуємо $\rho = \rho_0 \frac{\varphi}{100\%} = 11,5 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$. Значить, кожен кубічний метр повітря містить 11,5 г водяної пари.
16. **Відповідь: Г** $F = 4\pi r$. Слід врахувати, що рідина торкається кільця і зовні, і зсередини.

17. **Відповідь: А** 2,6 мм. Якщо дротина втримується на поверхні води, це означає, що силу тяжіння, що діє на неї, компенсує сила поверхневого натягу, яка діє на дротину з боку води $F_{\text{пов}} = mg$. Силу поверхневого натягу можна обчислити за формулою $F_{\text{пов}} = 2\sigma l$. Слід ураховати, що вода торкається дротини з двох боків. Товщиною дротини у формулі для сили поверхневого натягу нехтуємо. З рівності сил отримуємо $mg = 2\sigma l \Rightarrow \rho_{\text{ал}} \pi \frac{d^2}{4} lg = 2\sigma l$. Остаточно
- $$d = \sqrt{\frac{8\sigma}{\pi \rho_{\text{ал}} g}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 0,073}{3,14 \cdot 2700 \cdot 10}} = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}.$$
18. **Відповідь: А** $h = \frac{2\sigma}{\rho gr}$.
19. **Відповідь: Б** Треба скористатися формулою висоти підняття рідини в капілярі $h = \frac{2\sigma}{\rho gr}$. Записавши висоти підняття $h_1 = \frac{2\sigma_1}{\rho gr_1}$ і $h_2 = \frac{2\sigma_2}{\rho gr_2} = \frac{2 \cdot 2\sigma_1}{\rho g \cdot 2r_1} = \frac{2\sigma_1}{\rho gr_1} = h_1$, маємо $h_1 = h_2$.
20. **Відповідь: Г** 2 см. Треба скористатися формулою висоти підняття рідини в капілярі $h = \frac{2\sigma}{\rho gr}$.
21. **Відповідь: В** Коли вода підніметься і її рух зупиниться, піднята по капіляру вода втримуватиметься силою поверхневого натягу $F_{\text{пов}} = mg$. Використавши формулу для сили поверхневого натягу в капілярі $F_{\text{пов}} = \pi \sigma d$, отримуємо:
- $$m = \frac{\pi \sigma d}{g} = \frac{3,14 \cdot 0,073 \cdot 0,0005}{10} = 1,15 \cdot 10^{-5} \text{ (кг)}.$$
22. **Відповідь: Б** Відношення сили пружності, що виникає в тілі, до площі перерізу тіла.
23. **Відповідь: А** $k = \frac{E \cdot S}{l_0}$.
24. **Відповідь: Г** Навіть невеликі деформації тіла не зникають після припинення дії зовнішніх сил.
25. **Відповідь: А** 1.
26. **Відповідь: Б** Із закону Гука в диференціальній формі $\sigma = E\varepsilon$ отримуємо силу натягу сталевий струни
- $$\frac{F}{S} = E \frac{\Delta l}{l} \Rightarrow F = E \frac{\Delta l}{l} S \Rightarrow F = E \frac{\Delta l}{l} \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 200 \cdot 10^9 \cdot \frac{0,001}{1} \cdot \frac{3,14 \cdot 0,001^2}{4} = 157 \text{ (Н)}.$$
27. 1 – Д, 2 – Г, 3 – В, 4 – Б.
28. 1 – Б, 2 – Д, 3 – В, 4 – А.
29. 1 – Д, 2 – В, 3 – Г, 4 – Б.
30. 1 – Б, 2 – А, 3 – Г, 4 – В.
31. **Відповідь: 10.** Для того щоб знайти точку роси, спочатку потрібно знайти густину водяної пари в атмосфері за 16 °С: $\rho = \rho_0 \frac{\varphi}{100\%} = 9,4 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$. За температури 10 °С ця пара стає насиченою — точка роси дорівнює 10 °С.
32. **Відповідь: 9,2.** З формули відносної вологості отримуємо для початкової густини водяної пари в кімнаті $\rho = \rho_0 \frac{\varphi}{100\%} = 9,2 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$. Це означає, що в повітрі в кімнаті міститься

$m = \rho V = 9,2 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 2,5 = 920$ (г) водяної пари. Для того щоб збільшити вологість повітря вдвічі, потрібно випарувати ще стільки ж води.

33. Відповідь: 19,2. Під час відриву кільця від поверхні води сила, яка діє на кільце з боку динамометра, врівноважує силу тяжіння й силу поверхневого натягу, які також діють на кільце $F_{\text{дин}} = mg + F_{\text{пов}}$. Враховуючи, що вода торкається кільця і всередині, і зовні, отримуємо для сили, яку показує мікродинамометр, — $F_{\text{дин}} = mg + 4\pi\sigma r = 0,001 \cdot 10 + 4 \cdot 3,14 \cdot 0,073 \cdot 0,01 = 0,0192$ (Н).

34. Відповідь: 30. Спочатку знайдемо вагу однієї краплі $P_{\text{кр}} = \frac{P}{N}$. З другого боку, ця вага в момент відриву краплі від піпетки врівноважується силою поверхневого натягу $P_{\text{кр}} = F_{\text{пов}}$. Враховуючи, що поверхня рідини торкається вихідного отвору піпетки по колу, отримуємо $\frac{P}{N} = \pi\sigma d \Rightarrow \sigma = \frac{P}{\pi d N} = \frac{0,00942}{3,14 \cdot 0,001 \cdot 100} = 0,03$ $\left(\frac{\text{Н}}{\text{м}}\right)$.

35. Відповідь: 6. Десятикратний запас міцності означає, що механічна напруга в тросі під час підйому менша за границю міцності у 10 разів $\sigma = \frac{\sigma_{\text{гран}}}{10}$. Запишемо рівняння для ваги вантажу, який рухається з прискоренням $P = m(g + a)$. Ця сила викликає в тросі механічну напругу $\sigma = \frac{P}{S} = \frac{m(g + a)}{S}$. Врахувавши табличне значення границі міцності для сталі $\sigma_{\text{гран}} = 500$ МПа, остаточно отримуємо для площі поперечного перерізу:

$$S = \frac{10m(g + a)}{\sigma_{\text{гран}}} = \frac{10 \cdot 2500 \cdot (10 + 2)}{500 \cdot 10^6} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ (м)}.$$

36. Відповідь: 5,4. Запишемо закон Гука для троса $\sigma = E\varepsilon$. Для механічної напруги маємо $\sigma = \frac{F}{S} = \frac{4F}{\pi d^2}$, для відносного видовження — $\varepsilon = \left|\frac{\Delta l}{l_0}\right| = \frac{\Delta l}{l_0}$. Сила F під час підйому мармурової колони у воді — це рівнодійна сили тяжіння та сили Архімеда $F = m_{\text{колони}}g - \rho_{\text{води}}gV_{\text{колони}}$. Об'єм колони пов'язаний із її масою: $V_{\text{колони}} = \frac{m_{\text{колони}}}{\rho_{\text{мармура}}}$. Остаточно для видовження троса Δl отримуємо:

$$\begin{aligned} \Delta l &= l_0\varepsilon = l_0 \frac{\sigma}{E} = l_0 \frac{4F}{\pi d^2 E} = l_0 \frac{4 \left(1 - \frac{\rho_{\text{води}}}{\rho_{\text{мармура}}}\right) m_{\text{колони}} g}{\pi d^2 E} = \\ &= 10 \cdot \frac{4 \cdot \frac{1700}{2700} \cdot 5400 \cdot 10}{3,14 \cdot 0,02^2 \cdot 200 \cdot 10^9} = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}. \end{aligned}$$

Термодинаміка

- Відповідь: В** Система перебуває в тепловій рівновазі.
- Відповідь: В** Ізотермічним розширенням.

- 3. Відповідь: А** Не змінюється. Внутрішня енергія ідеального газу залежить тільки від температури, а вона в ізотермічному процесі незмінна.
- 4. Відповідь: А** Робота в ізобарному процесі обчислюється за формулою $A = p\Delta V$. Звідси $\Delta V = \frac{A}{p} = \frac{40\,000}{200\,000} = 0,2(\text{м}^3)$.
- 5. Відповідь: Г** Внутрішню енергію ідеального одноатомного газу (а гелій — газ одноатомний) можна обчислити за формулою $U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} RT$. Тому зміна внутрішньої енергії дорівнюватиме:
- $$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} R\Delta T = \frac{3}{2} \cdot \frac{40}{4} \cdot 8,31 \cdot 20 = 2493(\text{Дж}) \approx 2,5(\text{кДж}).$$
- 6. Відповідь: В** 9 кДж. Під час ізохорного нагрівання не виконується робота. Тому за I законом термодинаміки вся кількість теплоти пішла на збільшення внутрішньої енергії газу.
- 7. Відповідь: Г** 831 Дж. За I законом термодинаміки $Q = \Delta U + A'$, де $A' = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T$ — робота, яку виконав газ. Остаточо маємо:
- $$Q = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} R\Delta T + \frac{m}{M} R\Delta T = \frac{5}{2} \cdot \frac{m}{M} R\Delta T = \frac{5}{2} \cdot \frac{0,04}{0,02} \cdot 8,31 \cdot 20 = 831(\text{Дж}).$$
- 8. Відповідь: А** Під час ізобарного нагрівання роботу, яку виконує газ, можна обчислити за формулою:
- $$A' = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T = \frac{0,64}{0,032} \cdot 8,31 \cdot 40 = 6648(\text{Дж}) \approx 6,6(\text{кДж}).$$
- 9. Відповідь: В** Під час ізобарного процесу $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$. Об'єм газу зріс в 1,5 разу, тому кінцева температура дорівнюватиме 450 К. Зміна внутрішньої енергії становить:
- $$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} R\Delta T = \frac{3}{2} \cdot \frac{80}{40} \cdot 8,31 \cdot (450 - 300) = 3739,5(\text{Дж}) \approx 3,7(\text{кДж}).$$
- 10. Відповідь: В** Під час ізобарного нагрівання роботу, яку виконує газ, можна обчислити за формулою $A' = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T$. Зміна внутрішньої енергії $\Delta U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} R\Delta T$. Легко помітити, що за ізобарного процесу $\Delta U = \frac{3}{2} A' = 36 \text{ кДж}$.
- 11. Відповідь: Б** Внутрішню енергію ідеального газу можна обчислювати за формулою $U = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} RT$, де i — кількість ступенів свободи молекули газу (значення нам не потрібне). Зміна внутрішньої енергії:
- $$\Delta U = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} R\Delta T = \frac{i}{2} \Delta(pV) = \frac{i}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{i}{2} (0,75 p_1 1,5 V_1 - p_1 V_1) = 0,125 \frac{i}{2} p_1 V_1.$$
- Як бачимо, збільшення внутрішньої енергії становить 0,125 від її первісного значення, тобто 12,5%.
- 12. Відповідь: В** Під час зіткнення свинцеві кулі зазнають непружного удару й за законом збереження імпульсу після удару зупиняються. Тобто вся кінетична енергія куль переходить у внутрішню енергію куль та навколишнього середовища. Якщо швидкості куль будуть меншими у 2 рази, їхня кінетична енергія буде меншою

в 4 рази. Це означає, що на нагрівання куль піде у 4 рази менше енергії і їхня температура підніметься не на 100 °С, а на 25 °С.

- 13. Відповідь: В** За умовою задачі отримуємо рівняння балансу механічної та внутрішньої енергії для двох краплинок:

$$0,5 \frac{2m_{\text{крапл}} v^2}{2} = c_{\text{води}} 2m_{\text{крапл}} (t_{\text{окропу}} - t_{\text{хол.води}}) + L 2m_{\text{крапл}}.$$

З нього легко отримати

$$v = \sqrt{4c_{\text{води}} (t_{\text{окропу}} - t_{\text{хол.води}}) + 4L} = 2\sqrt{4200 \cdot 80 + 2,3 \cdot 10^6} = 3247 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}} \right) = 3,25 \left(\frac{\text{км}}{\text{с}} \right).$$

- 14. Відповідь: В** 6 кг. З рівняння теплового балансу маємо

$$c_{\text{води}} m_{\text{окропу}} (t_{\text{окропу}} - t_{\text{кінцева}}) = c_{\text{води}} m_{\text{хол.води}} (t_{\text{кінцева}} - t_{\text{хол.води}}).$$

Для маси холодної води маємо

$$m_{\text{хол.води}} = m_{\text{окропу}} \frac{t_{\text{окропу}} - t_{\text{кінцева}}}{t_{\text{кінцева}} - t_{\text{хол.води}}} = 3 \cdot \frac{60}{30} = 6 \text{ (кг)}.$$

- 15. Відповідь: Б** Спочатку потрібно підрахувати, яку кількість теплоти потрібно передати льоду, щоб нагріти $Q_{\text{льоду нагрів}} = c_{\text{льоду}} m_{\text{льоду}} (t_{\text{плавлення льоду}} - t_{\text{льоду}}) = 2100 \cdot 0,08 \cdot 10 = 1680 \text{ (Дж)}$ і розплавити $Q_{\text{льоду плав}} = \lambda_{\text{льоду}} m_{\text{льоду}} = 330\,000 \cdot 0,08 = 26\,400 \text{ (Дж)}$. Потім порівняти з кількістю теплоти, яку може передати льоду вода під час остигання до температури плавлення льоду $Q_{\text{води}} = c_{\text{води}} m_{\text{води}} (t_{\text{води}} - t_{\text{плавлення льоду}}) = 4200 \cdot 0,2 \cdot 20 = 16\,800 \text{ (Дж)}$. Як бачимо, вода неспроможна розтопити лід $Q_{\text{льоду нагрів}} + Q_{\text{льоду плав}} > Q_{\text{води}}$. Лід нагріється до температури плавлення й частково розтане. Тобто температура в калориметрі буде 0 °С.

- 16. Відповідь: Г** 152 г. З рівняння теплового балансу маємо:

$$c_{\text{води}} m_{\text{води}} (t_{\text{кінцева}} - t_{\text{хол.води}}) = L m_{\text{пари}} + c_{\text{води}} m_{\text{пари}} (t_{\text{окропу}} - t_{\text{кінцева}}).$$

Для маси води в калориметрі маємо:

$$m_{\text{води}} = m_{\text{пари}} \frac{L + c_{\text{води}} (t_{\text{окропу}} - t_{\text{кінцева}})}{c_{\text{води}} (t_{\text{кінцева}} - t_{\text{хол.води}})} = 0,01 \cdot \frac{2,3 \cdot 10^6 + 4200 \cdot 60}{4200 \cdot 40} = 0,152 \text{ (кг)}.$$

- 17. Відповідь: Б** 4→1, 1→2. За I законом термодинаміки $Q = \Delta U + A'$. З графіка бачимо, що $Q > 0$ під час процесів 4→1 (процес ізохорний, тиск, а значить, і температура зростають, роботу газ не виконує) та 1→2 (процес ізобарний, об'єм, а значить, і температура зростають, газ виконує роботу). Під час інших процесів температура газу зменшується, а під час процесу 3→4 газ ще й виконує від'ємну роботу.

- 18. Відповідь: В** За I законом термодинаміки $Q = \Delta U + A'$. Процес 1→2 ізохорний. Під час ізохорного процесу робота не виконується, тому $Q = \Delta U$. З формули внутрішньої енергії ідеального одноатомного газу $U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} RT$ для кількості теплоти отримуємо:

$$\begin{aligned} Q = \Delta U &= \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T = \frac{3}{2} \Delta(pV) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \\ &= \frac{3}{2} (3 \cdot 10^5 \cdot 1,5 - 5 \cdot 10^4 \cdot 1,5) = 562,5 \text{ (кДж)}. \end{aligned}$$

19. **Відповідь: А** Процес 2→3 ізобарний, тому робота, яку виконує газ,

$$A' = p\Delta V = 3 \cdot 10^5 \cdot 4,5 = 1,35 \text{ (МДж)}.$$
20. **Відповідь: В** З формули внутрішньої енергії ідеального одноатомного газу

$$U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} RT = \frac{3}{2} \Delta(pV) \text{ отримуємо}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} (5 \cdot 10^4 \cdot 6 - 3 \cdot 10^5 \cdot 6) = -2,25 \text{ (МДж)}.$$
Знак «-» означає, що внутрішня енергія зменшується.
21. **Відповідь: А** $\frac{A_{41234}}{A_{4234}} = 2$. Робота, яку виконує газ за цикл, чисельно дорівнює площі фігури всередині графіка циклу в координатах p, V . З рисунка бачимо, що площа квадрата 41234 більша за площу трикутника 4234 у 2 рази.
22. **Відповідь: В** 750 кДж. Треба обчислити площу трикутника 123. Ця площа чисельно дорівнює роботі газу за цикл.
23. **Відповідь: В** $Q_2 = 0,75 Q_1$. Якщо ККД машини становить 25 %, холодильник отримує 75 % тепла, яке отримує робоче тіло від нагрівача.
24. **Відповідь: Г** Зменшити температуру холодильника, збільшити температуру нагрівача. Треба скористатися виразом для ККД ідеальної теплової машини $\eta = \frac{T_{\text{нагрів}} - T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагрів}}} \cdot 100 \%$.
25. **Відповідь: Б** Якщо з 400 МДж в навколишнє середовище витрачається 300 МДж тепла, корисна робота становить 100 МДж. Тобто ККД дорівнює $\frac{1}{4} \cdot 100 \%$, або 25 %.
26. **Відповідь: Б** Треба скористатися виразом для ККД ідеальної теплової машини $\eta = \frac{T_{\text{нагрів}} - T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагрів}}} \cdot 100 \%$ і врахувати, що температуру потрібно взяти за шкалою Кельвіна $\eta = \frac{570 - 300}{570} \cdot 100 \% = 47,4 \%$.
27. 1 — В, 2 — Г, 3 — А, 4 — Б.
28. 1 — Д, 2 — Б, 3 — Г, 4 — В.
29. 1 — Г, 2 — В, 3 — Б, 4 — Д.
30. 1 — Г, 2 — В, 3 — Д, 4 — Б.
31. **Відповідь: 36,9.** З рівняння теплового балансу маємо

$$c_{\text{води}} 8m(t_{\text{кінцева}} - t_{\text{хол.води}}) = c_{\text{води}} 5m(t_{\text{гар.води}} - t_{\text{кінцева}}).$$

Для кінцевої температури:

$$t_{\text{кінцева}} = \frac{5t_{\text{гар.води}} + 8t_{\text{хол.води}}}{13} = \frac{5 \cdot 80 + 8 \cdot 10}{13} = 37 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

32. **Відповідь: 81.** 50 % теплоти, що звільняється за згоряння гасу, іде на нагрівання та часткове випаровування води:

$$0,5qm_{\text{гасу}} = c_{\text{води}} m_{\text{води}} (t_{\text{окропу}} - t_{\text{хол.води}}) + Lm_{\text{окропу}}.$$

Врахуємо, що 1,5 л води мають масу 1,5 кг. Остаточо для окропу отримуємо:

$$m_{\text{окропу}} = \frac{0,5qm_{\text{гасу}} - c_{\text{води}}m_{\text{води}}(t_{\text{окропу}} - t_{\text{хол.води}})}{L} =$$

$$= \frac{0,5 \cdot 46 \cdot 10^6 \cdot 0,03 - 4200 \cdot 1,5 \cdot 80}{2,3 \cdot 10^6} = 0,081 \text{ (кг)}.$$

33. Відповідь: 13,6. З визначення ККД для теплової машини $\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{Q_{\text{загратчене}}} \cdot 100\%$ отримуємо:

$$m_{\text{пального}} = \frac{\mu m_{\text{поїзду}} gl}{\eta q} \cdot 100\% = \frac{0,008 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^5}{35\% \cdot 42 \cdot 10^6} \cdot 100\% = 13\,605 \text{ (кг)} = 13,6 \text{ (т)}.$$

34. Відповідь: 10,4. Під час нагрівання газу, який міститься в циліндрі під важким поршнем, відбувається ізобарний процес — тиск газу весь час сталий. За I законом термодинаміки $Q = \Delta U + A'$, де $A' = p\Delta V = \frac{m}{M}R\Delta T$ — робота, яку виконав газ під час ізобарного процесу. Остаточо маємо:

$$\Delta U = Q - A' = Q - \frac{m}{M}R\Delta T = 14\,550 - \frac{1,6}{0,032} \cdot 8,31 \cdot 10 = 10\,395 \text{ Дж} = 10,4 \text{ (кДж)}.$$

35. Відповідь: 4,5. За I законом термодинаміки $Q = \Delta U + A'$. Зміну внутрішньої енергії можна розрахувати як

$$\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R\Delta T = \frac{3}{2} \Delta(pV) = \frac{3}{2} (p_2V_2 - p_1V_1) = \frac{3}{2} (6 \cdot 10^5 \cdot 4 - 2 \cdot 10^5 \cdot 1) = 3,3 \text{ (МДж)}.$$

Робота чисельно дорівнює площі під графіком процесу в координатах p, V . Тому

$$A' = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{6 \cdot 10^5 + 2 \cdot 10^5}{2} (4 - 1) = 1,2 \text{ (МДж)}.$$

Остаточо $Q = \Delta U + A' = 4,5 \text{ МДж}$.

36. Відповідь: 24. Позначимо довжину ребра клітинки p_0 та V_0 . Корисна робота чисельно дорівнює площі всередині графіка циклу. Це 12 клітинок. Тому $A' = 12p_0V_0$. Теплоту газ отримує в ході процесів $4 \rightarrow 1$ та $1 \rightarrow 2$. За I законом термодинаміки $Q = \Delta U + A'$. Під час процесу $4 \rightarrow 1$ (процес ізохорний, тиск, а значить, і температура зростають, роботу газ не виконує):

$$Q_{41} = \Delta U_{41} = \frac{3}{2} (p_1V_1 - p_4V_4) = \frac{3}{2} (6p_0V_0 - 2p_0V_0) = 6p_0V_0.$$

Під час процесу $1 \rightarrow 2$ (процес ізобарний, об'єм, а значить, і температура зростають, роботу газ виконує):

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A'_{12} = \frac{3}{2} (p_2V_2 - p_1V_1) + p_1(V_2 - V_1) =$$

$$= \frac{3}{2} (6p_0 \cdot 4V_0 - 6p_0V_0) + 6p_0(4V_0 - V_0) = 45p_0V_0.$$

Остаточо для ККД отримуємо:

$$\eta = \frac{A'}{Q_{41} + Q_{12}} \cdot 100\% = \frac{12p_0V_0}{6p_0V_0 + 45p_0V_0} \cdot 100\% = 24\%.$$

Електростатика

1. **Відповідь: А** Якщо додати заряди з відповідними знаками, то отримаємо нуль.
2. **Відповідь: Б** Паличка — негативний, вовна — позитивний. Ебонітова паличка під час натирання вовною отримує електрони, а вовна — втрачає. Тому паличка заряджається негативно, а вовна — позитивно.
3. **Відповідь: В** Переходу певної кількості електронів із палички на ганчірку.
4. **Відповідь: В** Краплинки і пластина — негативний. Ультрафіолетове (рентгенівське) випромінювання вибиває з поверхні краплинок електрони, унаслідок чого вони втрачають частину негативного заряду. До опромінення рівновага кожної краплинки забезпечується кулонівським відштовхуванням від нижньої пластини. Тому нижня пластина теж має негативний заряд. Після втрати краплинкою частини заряду відштовхування зменшується, і краплинка починає падати вниз до негативної пластини.
5. **Відповідь: А** Не зміниться. Треба скористатися законом Кулона:

$$F_1 = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = k \frac{2q \cdot \frac{1}{2}q}{r^2} = k \frac{qq}{r^2} = F.$$

6. **Відповідь: В** Збільшиться в 4 рази. Знову треба скористатися законом Кулона:

$$F_1 = k \frac{q_1 q_2}{r_1^2} = k \frac{q_1 q_2}{\left(\frac{1}{2}r\right)^2} = k \frac{4qq}{r^2} = 4F.$$

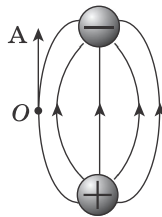
7. **Відповідь: Б** Зменшиться у 16/9 разів. Після доторкання кульок їхні заряди стануть $-3q$ кожен. Запишемо вирази для модулів сил взаємодії кульок до торкання й після торкання: $F_1 = k \frac{2q \cdot 8q}{r^2} = 16k \frac{qq}{r^2}$, $F_2 = k \frac{3q \cdot 3q}{r^2} = 9k \frac{qq}{r^2}$. Як бачимо, $\frac{F_1}{F_2} = \frac{16}{9}$.

8. **Відповідь: А** Зменшиться в 3 рази. Треба записати закон Кулона у вигляді $F = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$. Легко побачити, що в разі зростання діелектричної проникності середовища ϵ в 3 рази кулонівська сила зменшується в 3 рази.

9. **Відповідь: Б** 90 мкН.

10. **Відповідь: Г** 300 нКл. Із закону Кулона $F = k \frac{q^2}{r^2}$ отримуємо $q = \sqrt{\frac{Fr^2}{k}}$.

11. **Відповідь: А** Напрямок А. Лінії напруженості електричного поля для двох однакових за модулем зарядів протилежного знаку мають вигляд, зображений на рисунку.



12. **Відповідь: Б.**

13. **Відповідь: В** Перший та другий — негативні.

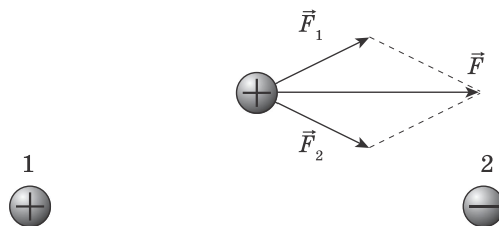
- 14. Відповідь: А** 25 В/м. З формули напруженості поля точкового заряду $E = k \frac{q}{r^2}$ випливає, що в разі збільшення відстані від точкового заряду вдвічі напруженість поля зменшується в 4 рази.
- 15. Відповідь: Г** 15 мкДж. Робота електричного поля з переміщення заряду не залежить від траєкторії, а визначається різницею потенціалів між вихідною й кінцевою точками і значенням заряду $A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$.
- 16. Відповідь: Б** $E_A < E_B$, $\varphi_A > \varphi_B$. Напруженість поля більша там, де густина ліній напруженості більша, потенціал поля зменшується під час переміщення вздовж лінії напруженості поля.
- 17. Відповідь: В** $A_{BL} = A_{BC} > A_{BD}$. Два концентричні кола є екіпотенціальними поверхнями електричного поля точкового заряду. Тому під час переміщення пробного заряду по екіпотенціальній поверхні робота не виконується: $A_{BD} = 0$. У разі переміщення заряду з однієї до іншої екіпотенціальної поверхні виконується додатна робота: $A_{BL} = A_{BC}$.
- 18. Відповідь: Б** 10 м/с². З другого закону Ньютона отримуємо:
- $$a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{2 \cdot 10^{-9} \cdot 1 \cdot 10^4}{2 \cdot 10^{-6}} = 10 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right).$$
- 19. Відповідь: В** Зменшується в 3 рази. Спочатку відстань від негативної пластини до заряду була $3a$, потім стала a . Потенціальна енергія — це робота, яку може виконати тіло. Під час переміщення заряду до негативної пластинки з першої і з другої точок сили, які діють на заряд, однакові, а переміщення відрізняються втричі. Потенціальні енергії заряду в цих точках також відрізняються втричі.
- 20. Відповідь: Б** $\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$.
- 21. Відповідь: Г** Збільшиться в 2 рази. Якщо конденсатор не відключати від джерела напруги, напруга на його обкладках залишається сталою. З формули ємності плоского конденсатора $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ й визначення ємності $C = \frac{q}{U}$ отримуємо $q = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} U$. У разі зменшення відстані d між обкладками заряд буде зростати. Можна міркувати в інший спосіб: у разі зменшення відстані d між обкладками зростатиме ємність конденсатора. Відповідно зростатиме заряд на його обкладках.
- 22. Відповідь: А** Не зміниться. Напруженість поля між обкладками конденсатора дорівнює $E = \frac{U}{d}$. Якщо не змінюються ні напруга, ні відстань між обкладками, напруженість також залишається сталою. Міркування щодо зменшення напруженості в діелектрику потрібно доповнити тим, що під час заповнення діелектриком ємність конденсатора зростає, відповідно зростає його заряд за фіксованої напруги.
- 23. Відповідь: А** Ємність батареї двох однакових, послідовно підключених конденсаторів обчислюється за формулою $\frac{1}{C_{\text{посл}}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} \Rightarrow C_{\text{посл}} = \frac{CC}{C+C} = \frac{C}{2}$. За паралельного з'єднання $C_{\text{парал}} = C + C = 2C$. Бачимо, що ємність зростає в 4 рази.

- 24. Відповідь: Б** Загальна ємність конденсаторів C_2 і C_3 становить $C_{23} = C_2 + C_3 = 25$ мкФ. Оскільки конденсатор C_1 і батарея конденсаторів C_{23} з'єднані послідовно, то під час підключення до джерела струму заряд конденсатора C_1 буде таким самим, як і батареї C_{23} : $q_1 = q_{23}$. З визначення ємності $C = \frac{q}{U}$ отримуємо $C_1 U_1 = C_{23} U_{23}$, де U_1 — напруга між обкладками першого конденсатора, U_{23} — напруга між обкладками другого або третього конденсаторів. Загальна напруга дорівнює $U = U_1 + U_{23}$. Тепер легко отримати: $U_{23} = \frac{C_1}{C_1 + C_{23}} U = 160 \cdot \frac{15}{15 + 25} = 60$ (В).
- 25. Відповідь: В** З формули енергії зарядженого конденсатора $W_E = \frac{CU^2}{2}$ видно, що в разі зростання напруги вдвічі, енергія зростає в 4 рази.
- 26. Відповідь: Б** Зменшиться в 3 рази. Під час паралельного приєднання двох розряджених конденсаторів до такого ж зарядженого загальна ємність батареї зростає в 3 рази, а заряд залишається незмінним (закон збереження електричного заряду). З формули енергії зарядженого конденсатора $W_E = \frac{q^2}{2C}$ бачимо, що енергія конденсаторів зменшилася в 3 рази. Окреме питання: куди поділася енергія? Під час приєднання конденсаторів відбувалися процеси перезарядки, які супроводжувалися випромінюванням звуку, електромагнітних хвиль, нагріванням провідників.
- 27. 1 — В, 2 — А, 3 — Д, 4 — Г.**
- 28. 1 — Б, 2 — Д, 3 — В, 4 — А.**
- 29. 1 — Г, 2 — А, 3 — Б, 4 — В.**
- 30. 1 — Д, 2 — А, 3 — Б, 4 — В.**
- 31. Відповідь: 35.** Для того щоб визначити силу кулонівської взаємодії між кульками, слід обчислити їхній заряд після перенесення електронів. Кожен атом алюмінію має 13 електронів. Загальна кількість електронів у кульці $N_{\text{ел}} = 13 \frac{m}{M_{\text{Al}}} N_A$. За умовою задачі одна кулька втрачає 10^{-5} % електронів, а інша отримує. Тому за модулем заряд кожної кульки $q = 13 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{m}{M_{\text{Al}}} N_A e$. Остаточню із закону Кулона впливає:
- $$F = k \frac{(13 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{m}{M_{\text{Al}}} N_A e)^2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(13 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{0,027}{27} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19})^2}{2^2} = 35 \text{ (Н)}.$$
- 32. Відповідь: 10.** Для того щоб скомпенсувати сили відштовхування від'ємних зарядів, на прямій між ними треба розташувати додатний заряд. Запишемо вираз для сил Кулона, які діятимуть на додатний заряд із боку від'ємних, — $F_1 = k \frac{q_1 Q}{(r - r_2)^2}$, $F_2 = k \frac{Q q_2}{r_2^2}$. Ці сили однакові, тому $k \frac{q_1 Q}{(r - r_2)^2} = k \frac{Q q_2}{r_2^2}$. Для відстаней від додатного заряду до від'ємних зарядів отримуємо $\frac{r_2^2}{(r - r_2)^2} = \frac{q_2}{q_1}$. Остаточню для r_2 маємо:

$$r_2 = r \frac{\sqrt{\frac{q_2}{q_1}}}{1 + \sqrt{\frac{q_2}{q_1}}} = 15 \cdot \frac{\sqrt{4}}{1 + \sqrt{4}} = 10 \text{ (см)}.$$

У проекції на вісь, яка спрямована від центру трикутника до третього заряду, маємо $E = k \frac{q_1}{r^2} \cos 60^\circ + k \frac{q_2}{r^2} \cos 60^\circ + k \frac{|q_3|}{r^2}$. Враховуючи $r = \frac{\sqrt{3}}{3} a$, де a — сторона трикутника. Остаточно $E = 3\sqrt{3} k \frac{q_1}{a^2} + 3k \frac{|q_3|}{a^2} = \frac{3k}{a^2} (\sqrt{3} q_1 + |q_3|) = 6000 \frac{\text{В}}{\text{м}}$.

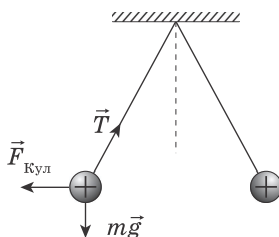
- 33. Відповідь: 0,132.** З рисунка бачимо, що пробний заряд розташований біля вершини рівнобедреного трикутника. Бічні сторони дорівнюють 15 см, а основа — 24 см. Сумарна сила \vec{F} , з якою заряди 1 і 2 діють на пробний заряд, є векторною сумою сил \vec{F}_1 і \vec{F}_2 . Ця сумарна сила за модулем більша за силу F_1 (або F_2) у стільки разів, у скільки основа трикутника більша за бічну сторону $F = \frac{24}{16} F_1$. За законом Кулона, $F_1 = k \frac{q_1 Q}{r^2}$, де r — відстань від зарядів 1 і 2 до пробного.



Остаточно маємо:

$$F = \frac{24}{16} \cdot k \frac{q_1 Q}{r^2} = \frac{24}{16} \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-7}}{0,16^2} = 0,132 \text{ (Н)}.$$

- 34. Відповідь: 56,8.** Нитки є бічними сторонами рівностороннього трикутника (див. рисунок) й утворюють із вертикаллю кут 30° .



Тому $mg = T \cos \alpha$, $F_{\text{Кул}} = T \sin \alpha$. Звідси отримуємо $\frac{F_{\text{Кул}}}{mg} = \text{tg } \alpha$. З другого боку,

$F_{\text{Кул}} = k \frac{q^2}{l^2}$. Для заряду одної кульки маємо $q = \sqrt{\frac{mgl^2 \text{tg } \alpha}{k}}$. Загальний заряд двох кульок такий:

$$q_{\text{заг}} = 2 \sqrt{\frac{mgl^2 \text{tg } \alpha}{k}} = 2 \sqrt{\frac{0,0005 \cdot 10 \cdot 0,5^2 \cdot 0,58}{9 \cdot 10^9}} = 5,68 \cdot 10^{-7} \text{ (Кл)}.$$

35. **Відповідь: 50.** Під час заповнення конденсатора діелектриком, його ємність зростає, тому через джерело струму проходить заряд, який дорівнює $\Delta q = U\Delta C$. Збільшення ємності конденсатора можна обчислити за формулою:

$$\Delta C = C' - C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} - \frac{\epsilon_0 S}{d} = \frac{\epsilon_0 S}{d} (\epsilon - 1) = \frac{\epsilon_0 \frac{1}{8} \pi D^2}{d} (\epsilon - 1).$$

Остаточно

$$\Delta q = U \frac{\epsilon_0 \frac{1}{8} \pi D^2}{d} (\epsilon - 1) = 120 \cdot \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{1}{8} \cdot 3,14 \cdot 0,1^2}{0,5 \cdot 10^{-3}} (7 - 1) = 5 \cdot 10^{-8} \text{ (Кл)}.$$

36. **Відповідь: 36.** З формули енергії зарядженого конденсатора $W_E = \frac{CU^2}{2}$ легко отримати $W_E = \frac{8 \cdot 10^{-4} \cdot 300^2}{2} = 36 \text{ (Дж)}$.

Закони постійного струму

Варіант 1

1. **Відповідь: Г** Напрузі на клеммах джерела.
2. **Відповідь: Б** $U = \frac{A}{q}$.
3. **Відповідь: Г** $Q = I^2 R \Delta t$.
4. **Відповідь: Б** Треба скористатися формулою для обчислення опору провідника:
- $$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{l}{\pi r^2} = 2,8 \cdot 10^{-8} \frac{1962,5}{3,14 \cdot (2,5 \cdot 10^{-3})^2} = 2,8 \text{ (Ом)}.$$
5. **Відповідь: Г** Треба скористатися формулою для обчислення опору провідника $R = \rho \frac{l}{S}$. Для довжини цієї дротини маємо: $l = \frac{SR}{\rho} = \frac{0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 500}{50 \cdot 10^{-8}} = 200 \text{ (м)}$.
6. **Відповідь: Б** З формул для підрахунку потужності струму $P = \frac{U^2}{R}$ та опору провідника $R = \rho \frac{l}{S}$ отримуємо: $\rho = \frac{SU^2}{lP} = \frac{0,21 \cdot 10^{-6} \cdot 220^2}{11 \cdot 2200} = 4,2 \cdot 10^{-7} \text{ (Ом} \cdot \text{м)}$.
7. **Відповідь: Б** Великий опір підключається до ділянки кола паралельно. Вольтметр вимірює напругу між двома точками електричного кола, тому підключається паралельно до цих точок. Для того щоб якнайменше впливати на розподіл струмів та напруг у колі, опір вольтметра має бути найбільшим.
8. **Відповідь: В** Якщо опір резистора великий (за умовою він співмірний опору вольтметра, а у вольтметра опір великий), то загальний опір послідовно підключених резистора й амперметра буде мало відрізнятися від опору одного резистора. Тому вольтметр, підключений паралельно до резистора й амперметра показуватиме напругу практично на одному резисторі. Амперметр буде показувати силу струму тільки через резистор.

9. **Відповідь: Б** Зменшив загальний опір та зменшив чутливість приладу. Під час виготовлення амперметра з гальванометра шунт до гальванометра потрібно підключати паралельно, для того щоб через нього проходив основний струм. Під час паралельного з'єднання провідників їхній загальний опір зменшується. Чутливість приладу також зменшується, тому що зростає ціна поділки — одній поділці на шкалі гальванометра відповідатиме більша сила струму.
10. **Відповідь: В** Збільшилася в $n+1$ разів. Під час підключення до гальванометра опором R послідовно додаткового резистора опором nR отримуємо вольтметр, опір якого дорівнює $R_{\text{вольт}} = R + nR = (1+n)R$. Збільшення опору приладу в $1+n$ разів приведе до такого ж зменшення сили струму через прилад у разі підключення до ділянки кола з певною напругою на кінцях. Для того щоб стрілка приладу відхилилася на всю шкалу, потрібна напруга, в $1+n$ разів більша: ціна поділки зросла в $1+n$ разів.
11. **Відповідь: Б** $U_1 = U_2$.
12. **Відповідь: Б** $R = R_1 + R_2 + \dots + R_N$.
13. **Відповідь: Б** Опір буде мінімальним, якщо резистори з'єднати паралельно:
- $$\frac{1}{R_{\text{парал}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{11}{60} \frac{1}{\text{Ом}} \Rightarrow R_{\text{парал}} \approx 5,5 (\text{Ом}).$$
14. **Відповідь: Г** Сили струму через резистори однакові, їхній загальний опір $R = R_1 + R_2 = 400 \text{ Ом}$. Із закону Ома отримуємо $U = IR = 0,024 \cdot 400 = 9,6 (\text{В})$.
15. **Відповідь: Б** З наданих схем у разі такого з'єднання резисторів їхній опір буде найменшим, отже, сила струму — найбільшою. Із закону Ома для замкненого кола $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ для напруги на клеммах джерела струму маємо $U = \mathcal{E} - Ir$. Як бачимо, у разі найбільшої сили струму падіння напруги на клеммах джерела струму буде найменшим.
16. **Відповідь: Г** Падіння напруги на внутрішньому опорі джерела збільшується. Під час короткого замикання опір зовнішнього кола наближається до нуля, напруга на клеммах джерела струму також наближається до нуля, сила струму в колі збільшується, падіння напруги на внутрішньому опорі джерела струму наближається до ЕРС джерела.
17. **Відповідь: А** Скористаємося законом Ома для замкненого кола
- $$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = \frac{3,6}{11,6+0,4} = 0,3 (\text{А}).$$
18. **Відповідь: В** Скористаємося законом Ома для замкненого кола $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$. Для ЕРС джерела струму маємо $\mathcal{E} = I(R+r) = 14 (\text{В})$.
19. **Відповідь: В** Скористаємось двічі законом Ома для замкненого кола і врахуємо зміну опору зовнішнього кола в разі підключення другого резистора $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$, $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{2R+r}$.
- З цих двох рівнянь для ЕРС можна отримати $\mathcal{E} = \frac{I_1 I_2}{I_1 - I_2} R = \frac{2 \cdot 1,2}{2 - 1,2} \cdot 8 = 24 (\text{В})$.
20. **Відповідь: В** 108 Вт. Для обчислення потужності струму треба використати формулу $P = IU$.

- 21. Відповідь: Б** З формули для обчислення потужності струму $P = \frac{U^2}{R}$ отримуємо:
- $$U = \sqrt{PR} = \sqrt{4400 \cdot 11} = 220 \text{ (В)}.$$
- 22. Відповідь: В** 99 кДж. Для обчислення роботи, яку виконав електричний струм, треба використати формулу $A = IU\tau$. Слід урахувати, що 5 хвилин дорівнюють 300 секундам.
- 23. Відповідь: А** 0,5 л. Під час протікання електричного струму через два чайники, які ввімкнені поспідовно, за той же час, що і в першому випадку, виділиться в 2 рази менше тепла:
- $$Q_2 = \frac{U^2}{R_2} \tau = \frac{U^2}{2R_1} \tau = \frac{Q_1}{2} = 0,5Q_1.$$
- Тобто нагріти води до тієї самої температури можна вдвічі менше.
- 24. Відповідь: А** Відношення напруги на клеммах джерела до його ЕРС. За визначенням ККД — це $\eta = \frac{A_{\text{зовн.колі}}}{A_{\text{джерела}}} \cdot 100\%$. Робота струму в зовнішньому колі можна обчислити за формулою $A_{\text{зовн.колі}} = IU_{\text{зовн.колі}}$, роботу джерела струму — за формулою $A_{\text{джерела}} = \mathcal{E}I$. Напруга на зовнішньому колі і є напругою на клеммах джерела струму. Тому ККД джерела буде $\eta = \frac{U_{\text{зовн.колі}}}{\mathcal{E}} \cdot 100\%$.
- 25. Відповідь: Б** Напруга на клеммах джерела зростає. Під час руху повзунка реостата вправо опір реостата зростає, зменшується сила струму в колі, зменшується падіння напруги на внутрішньому опорі джерела струму, збільшується напруга на клеммах джерела.
- 26. Відповідь: В** 20 м/с. Під час руху тролейбуса під дією сили тяги двигунів ці двигуни мають розвивати потужність $P = Fv$. З другого боку, $P = IU$. Враховуючи, що під час рівномірного руху $F = F_{\text{опору}} = \mu mg$, отримуємо для швидкості руху тролейбуса
- $$v = \frac{IU}{\mu mg} = \frac{400 \cdot 550}{0,1 \cdot 11 \cdot 1000 \cdot 10} = 20 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$
- 27. 1 — В, 2 — А, 3 — Б, 4 — Г.**
- 28. 1 — В, 2 — Г, 3 — Д, 4 — Б.**
- 29. 1 — В, 2 — Г, 3 — Д, 4 — Б.**
- 30. 1 — В, 2 — А, 3 — Д, 4 — Г.**
- 31. Відповідь: 90.** З формул для опору послідовного та паралельного з'єднання резисторів $R_{\text{посл}} = R_1 + R_2$, $R_{\text{парал}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ для опорів резисторів отримуємо квадратне рівняння $R_{1,2}^2 - R_{1,2} R_{\text{посл}} + R_{\text{парал}} R_{\text{посл}} = 0$. Його коренями є $R_{1,2} = \frac{R_{\text{посл}} \pm \sqrt{R_{\text{посл}}^2 - 4R_{\text{парал}} R_{\text{посл}}}}{2}$. Більшому опору відповідає знак «+»:
- $$R_{1,2} = \frac{R_{\text{посл}} + \sqrt{R_{\text{посл}}^2 - 4R_{\text{парал}} R_{\text{посл}}}}{2} = \frac{120 + \sqrt{120^2 - 4 \cdot 120 \cdot 22,5}}{2} = 90 \text{ (Ом)}.$$
- 32. Відповідь: 40.** З рисунка бачимо, що напруга на першому резисторі в 4 рази більша, ніж на другому. Резистори з'єднані послідовно, тому сила струму в них однакова. Тобто опір першого резистора більший за опір другого в 4 рази.

33. **Відповідь: 3,3.** Скористаємося двічі законом Ома для замкненого кола й врахуємо зміну опору зовнішнього кола в разі підключення другого резистора $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$, $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{0,5R+r}$.

З урахуванням того, що $I_1 = \frac{U_1}{R}$, $I_2 = \frac{U_2}{0,5R} = \frac{2U_2}{R}$, для ЕРС можна отримати:

$$\mathcal{E} = \frac{I_1 I_2}{I_2 - I_1} 0,5R = \frac{\frac{U_1}{R} \cdot \frac{2U_2}{R}}{\frac{2U_2}{R} - \frac{U_1}{R}} 0,5R = \frac{U_1 U_2}{2U_2 - U_1} = \frac{3 \cdot 2,75}{5,5 - 3} = 3,3 \text{ (В)}.$$

34. **Відповідь: 2,5.** Якщо продовжити графік до перетинання з віссю напруги на клеммах джерела струму, ми отримуємо напругу за сили струму, який дорівнює нулю. Це є шукана ЕРС. Вона дорівнює 3 В. Якщо продовжити графік до перетинання з віссю сили струму, ми отримуємо значення сили струму за нульової напруги — 1,2 А. Це струм короткого замикання. Тепер обчислити внутрішній опір дуже легко:

$$r = \frac{\mathcal{E}}{I_{\text{к.з.}}} = \frac{3}{1,2} = 2,5 \text{ (Ом)}.$$

35. **Відповідь: 3,5.** З визначення ККД випливає, що $0,5Q_{\text{чайника}} = Q_{\text{води}}$. Якщо врахувати, що $Q_{\text{чайника}} = \frac{U^2}{R} \tau$, $Q_{\text{води}} = cm\Delta t$, $R = \rho \frac{l}{S}$, $m = \rho_{\text{води}} V$, то для довжини дроту отримуємо:

$$l = 0,5 \frac{U^2 S}{\rho_{\text{ср}} V \Delta t} \tau = 0,5 \cdot \frac{220^2 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6}}{110 \cdot 10^{-8} \cdot 4200 \cdot 1000 \cdot 0,0015 \cdot 75} \cdot 300 \approx 3,5 \text{ (м)}.$$

36. **Відповідь: 56,8.** З визначення ККД випливає, що $0,8A_{\text{струму}} = A_{\text{підйому}}$. Роботу струму можна обчислити за формулою $A_{\text{струму}} = IU\tau$, роботу з підйому ліфта — за формулою $A_{\text{підйому}} = mgh = mgv\tau$. Остаточно маємо: $I = \frac{mgv\tau}{0,8U\tau} = \frac{mgv}{0,8U} = \frac{500 \cdot 10 \cdot 2}{0,8 \cdot 220} \approx 56,8 \text{ (А)}$.

Варіант 2

1. **Відповідь: В** $I = \frac{q}{t}$.
2. **Відповідь: Б** Силі струму через дріт.
3. **Відповідь: Б** $I = \frac{U}{R}$.
4. **Відповідь: В** 1 мм^2 . Треба скористатися формулою для обчислення опору провідника $R = \rho \frac{l}{S}$. Для площі перерізу цієї проволочки маємо: $S = \rho \frac{l}{R} = 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{200}{3,4} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^2\text{)}$.
5. **Відповідь: А** $2,4 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Треба скористатися формулою для обчислення опору провідника $R = \rho \frac{l}{S}$. Для питомого опору матеріалу цієї дротини маємо: $\rho = \frac{SR}{l} = \frac{0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 90}{150} = 2,4 \cdot 10^{-7} \text{ (Ом} \cdot \text{м)}$.
6. **Відповідь: Б** З формул для підрахунку потужності струму $P = I^2 R$ та опору провідника $R = \rho \frac{l}{S}$ отримуємо: $\rho = \frac{SP}{I^2} = \frac{0,12 \cdot 10^{-6} \cdot 1100}{24 \cdot 5^2} = 2,2 \cdot 10^{-7} \text{ (Ом} \cdot \text{м)}$.

- 7. Відповідь: А** Малий опір і підключається до ділянки кола послідовно. Амперметр вимірює силу струму через переріз провідника на даній ділянці кола, тому підключається в розрив кола, тобто послідовно. Опір амперметра має бути найменшим, щоб не впливати на опір кола і щоб якнайменше впливати на розподіл струмів та напруг у колі.
- 8. Відповідь: А** Якщо опір резистора малий (за умовою він співмірний опорі амперметра, а в амперметра опір малий), то в разі паралельного підключення резистора й вольтметра сила струму через резистор буде набагато більшою, ніж через вольтметр. Тому амперметр, підключений послідовно до резистора і вольтметра, показуватиме силу струму практично через один резистор. Вольтметр показуватиме напругу тільки на резисторі.
- 9. Відповідь: А** Збільшив загальний опір та зменшив чутливість приладу. Під час виготовлення вольтметра з гальванометра додатковий резистор до гальванометра потрібно підключати послідовно для того, щоб збільшити опір приладу й зменшити силу струму через нього, коли підключають до ділянки кола з певною напругою на кінцях. Чутливість приладу також зменшується, тому що зростає ціна поділки — одній поділці на шкалі гальванометра відповідатиме більша напруга.
- 10. Відповідь: Б** Збільшилася в $n+1$ разів. Під час підключення до гальванометра опором R паралельно шунта опором $\frac{R}{n}$ отримуємо амперметр, опір якого дорівнює $R_{\text{амп}} = \frac{R \frac{R}{n}}{R + \frac{R}{n}} = \frac{R}{1+n}$. Це означає, що за певної сили струму падіння напруги на амперметрі зменшується в $1+n$ разів. Тобто в разі підключення цього амперметра до того самого кола ми побачимо, що відхилення стрілки приладу зменшилося в $1+n$ разів. Для того щоб стрілка прилада знов відхилилася на той самий кут, потрібна сила струму, в $1+n$ разів більша: ціна поділки зросла в $1+n$ разів.
- 11. Відповідь: А** $I_1 = I_2$.
- 12. Відповідь: А** $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$.
- 13. Відповідь: В** Опір буде максимальним у разі послідовного з'єднання резисторів: $R_{\text{посл}} = R_1 + R_2 + R_3 = 12 \text{ (Ом)}$.
- 14. Відповідь: А** Напруги на резисторах однакові, їхній загальний опір $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{60 \cdot 90}{60 + 90} = 36 \text{ (Ом)}$.
Із закону Ома отримуємо $I = \frac{U}{R} = 0,5 \text{ (А)}$.
- 15. Відповідь: В** З наданих схемза такого з'єднання резисторів опір буде найбільшим, відтак сила струму — найменшою. Із закону Ома для замкненого кола $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ для напруги на клемі джерела струму маємо $U = \mathcal{E} - Ir$. Як бачимо, за найменшої сили струму падіння напруги на клемі джерела струму буде найбільшим.
- 16. Відповідь: Б** Напруга на затискачах джерела збільшується. У разі розмикання кола сила струму й падіння напруги на внутрішньому опорі джерела струму зменшуються до нуля, тому напруга на клемі джерела струму зростає до ЕРС джерела.

17. **Відповідь: В** 6,6 В. Скористаємося законом Ома для замкненого кола $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$. Для напруги на резисторі маємо: $U = \mathcal{E} - Ir = \mathcal{E} - \frac{\mathcal{E}}{R+r}r = 7,2 - \frac{7,2}{5,5+0,5} \cdot 0,5 = 7,2 - 0,6 = 6,6$ (В).
18. **Відповідь: Б** Скористаємося законом Ома для замкненого кола $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$. Для ЕРС джерела струму маємо: $\mathcal{E} = I(R+r) = \frac{U}{R}(R+r) = \frac{23,4}{11,7} \cdot (11,7+0,3) = 24$ (В).
19. **Відповідь: Б** Скористаємося двічі законом Ома для замкненого кола й врахуємо зміну опору зовнішнього кола під час підключення другого резистора: $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$, $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{0,5R+r}$. З цих двох рівнянь для внутрішнього опору можна отримати $r = \frac{I_1 - 0,5I_2}{I_2 - I_1}R = \frac{1 - 0,9}{1,8 - 1} \cdot 24 = 3$ (Ом).
20. **Відповідь: В** 2200 Вт. Для розрахунку потужності струму треба використати формулу $P = \frac{U^2}{R}$.
21. **Відповідь: Б** 2 А. З формули для обчислення потужності струму $P = IU$ отримуємо $I = \frac{P}{U} = 2$ А.
22. **Відповідь: В** 190 кДж. Для обчислення роботи, яку виконав електричний струм, треба використати формулу $A = IU\tau$.
23. **Відповідь: Г** 0,8 л. Якщо збільшити напругу вдвічі, за той самий час у чайнику виділиться в 4 рази більша кількість теплоти: $Q_2 = \frac{(2U)^2}{R}\tau = 4 \frac{U^2}{R}\tau = 4Q_1$. Тому й нагріти до тієї самої температури можна в 4 рази більше води.
24. **Відповідь: В** Добуток сили струму через джерело та внутрішнього опору джерела. Потужність втрат джерела струму — це добуток падіння напруги на внутрішньому опорі джерела струму $U_{\text{внутр}} = Ir$ на силу струму через джерело (тобто силу струму в зовнішньому колі I). Тобто $P_{\text{втрат}} = I^2r$.
25. **Відповідь: Г** Сила струму в зовнішньому колі зростає. Під час руху повзунка реостата вліво його опір зменшується. Це приводить до збільшення сили струму.
26. **Відповідь: В** Під час руху потяга метрополітену під дією сили тяги двигунів ці двигуни мають розвивати потужність $P = Fv$. З другого боку, $P = IU$. Враховуючи, що за рівномірного руху $F = F_{\text{опору}} = \mu mg$ і що $54 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, отримуємо для сили струму в обмотках електродвигунів потягу метрополітену $I = \frac{\mu mgv}{U} = \frac{0,05 \cdot 25\,000 \cdot 10 \cdot 15}{825} \approx 227$ (А).
27. 1 — Г, 2 — А, 3 — Б, 4 — В.
28. 1 — В, 2 — Г, 3 — Д, 4 — Б.
29. 1 — Б, 2 — В, 3 — Г, 4 — Д.
30. 1 — В, 2 — Д, 3 — А, 4 — Б.

- 31. Відповідь: 7,2.** З формул для опору послідовного та паралельного з'єднання резисторів $R_{\text{посл}} = R + 5R = 6R$, $R_{\text{парал}} = \frac{5RR}{R+5R} = \frac{5}{6}R$ отримуємо: $\frac{R_{\text{посл}}}{R_{\text{парал}}} = \frac{6R}{\frac{5}{6}R} = \frac{36}{5} = 7,2$.
- 32. Відповідь: 14.** Оскільки напруга на другому резисторі дорівнює 4 В, сила струму через цей резистор дорівнює 2 А. З рисунка бачимо, що резистори з'єднані послідовно. Тому загальна напруга дорівнює $U_{\text{заг}} = IR_{\text{заг}} = I(R_1 + R_2 + R_3) = 14 \text{ (В)}$.
- 33. Відповідь: 0,5.** Скористаємося двічі законом Ома для замкненого кола й врахуємо зміну опору зовнішнього кола в разі підключення другого резистора $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$, $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{2R+r}$. Для внутрішнього опору джерела струму можна отримати $r = \frac{2I_2 - I_1}{I_1 - I_2} R = \frac{2 - 1,75}{1,75 - 1} \cdot 1,5 = 0,5 \text{ (Ом)}$.
- 34. Відповідь: 3.** Якщо продовжити графік до перетинання з віссю напруги на клеммах джерела струму, ми отримуємо напругу за сили струму, яка дорівнює нулю. Це є шукана ЕРС. Вона дорівнює 3 В.
- 35. Відповідь: 3.** З визначення ККД випливає, що $0,75Q_{\text{нагрівача}} = Q_{\text{води}}$. Якщо врахувати, що $Q_{\text{нагрівача}} = \frac{U^2}{R} \tau$, $Q_{\text{води}} = cm\Delta t$, $R = \rho \frac{l}{S}$, то для маси води отримуємо: $m = 0,75 \frac{U^2 S}{\rho l c \Delta t} \tau = 0,75 \cdot \frac{220^2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}}{42 \cdot 10^{-8} \cdot 11 \cdot 4200 \cdot 50} \cdot 160 \approx 3 \text{ (кг)}$.
- 36. Відповідь: 75.** З визначення ККД випливає, що $\eta = \frac{A_{\text{підйому}}}{A_{\text{струму}}} 100 \%$. Аналогічно $\eta = \frac{P_{\text{підйому}}}{P_{\text{струму}}} 100 \%$. Потужність струму в обмотках електродвигуна підйомного крана можна обчислити за формулою $P_{\text{струму}} = IU$, потужність під час підйому елемента будівельної конструкції — за формулою $P_{\text{підйому}} = \frac{mgh}{\tau}$. Остаточного маємо: $\eta = \frac{mgh}{\tau IU} 100 \% = \frac{2000 \cdot 10 \cdot 25}{44,4 \cdot 39,5 \cdot 380} 100 \% \approx 75 \%$.

Магнітне поле. Електромагнітна індукція

- 1. Відповідь: Г** Сила всесвітнього тяжіння. На нерухомий заряд магнітне поле не діє. Сила всесвітнього тяжіння діє на всі тіла.
- 2. Відповідь: В** Ерстеда. Відомий дослід із відхилення магнітної стрілки біля провідника зі струмом.
- 3. Відповідь: Г** 180° . Щоб магнітне поле не діяло на заряд, що рухається, цей заряд має рухатися вздовж (у напрямку чи протилежно) ліній індукції магнітного поля.
- 4. Відповідь: Г** Треба використати правило лівої руки й врахувати, що лінії індукції виходять з північного полюса магніту (N) і входять у південний (S): долоню лівої руки треба розташувати так, щоб лінії індукції входили в долоню, а чотири пальці

вказували напрям струму. Тоді великий палець, відігнутий на 90° , вказуватиме напрям дії сили Ампера, тобто вниз.

- 5. Відповідь: В** Магнітна стрілка вказує своїм північним полюсом напрям ліній індукції магнітного поля. За правилом правого гвинта магнітне поле котушки буде спрямоване вліво. Тому стрілка залишиться нерухомою.
- 6. Відповідь: Г** Треба використати правило лівої руки й врахувати, що лінії індукції виходять з північного полюса магніту (N) і входять у південний (S). Також треба врахувати, що струм у провіднику тече від нас, якщо в перерізі провідника хрестик, і тече до нас, якщо в перерізі провідника точка.
- 7. Відповідь: Б** На провідник зі струмом магнітне поле не діє у випадку, коли провідник паралельний до ліній індукції.
- 8. Відповідь: В** Щоб магнітне поле не діяло на заряд, що рухається, цей заряд має рухатися вздовж (у напрямку чи протилежно) ліній індукції магнітного поля.
- 9. Відповідь: В** Треба використати правило лівої руки і врахувати, що лінії індукції виходять з північного полюса магніту (N) і входять у південний (S). Також треба врахувати, що струм у провіднику тече від нас, якщо в перерізі провідника хрестик, і тече до нас, якщо в перерізі провідника точка.
- 10. Відповідь: Б** Треба використати правило лівої руки й врахувати, що чотири пальці лівої руки повинні вказувати напрям руху позитивного заряду. У випадку електрона чотири пальці лівої руки треба спрямувати протилежно до напрямку руху електрона тому, що заряд електрона негативний.
- 11. Відповідь: Б** Магнітне поле називають однорідним, якщо вектор індукції всюди однаковий. Для такого поля лінії індукції являють собою паралельні прямі на однаковій відстані одна від одної.
- 12. Відповідь: Г** За рахунок магнітної взаємодії прямокутник намагатиметься набути форми кільця.
- 13. Відповідь: В** 200 мН. Скористаємося формулою для обчислення сили Ампера й врахуємо, що кут між вектором магнітної індукції і провідником дорівнює 90° :
- $$F_A = IlB \sin \alpha = IlB = 4 \cdot 0,5 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ (Н)}.$$
- 14. Відповідь: Б** 5 мТл. Скористаємось формулою для обчислення сили Ампера і врахуємо, що кут між вектором магнітної індукції й провідником дорівнює 90° :
- $$F_A = IlB \sin \alpha = IlB \Rightarrow B = \frac{F_A}{Il} = \frac{0,025}{50 \cdot 0,1} = 0,005 \text{ (Тл)}.$$
- 15. Відповідь: Б** Скористаємося формулою для обчислення сили Ампера й врахуємо, що кут між вектором магнітної індукції й провідником дорівнює 90° :
- $$F_A = IlB \sin \alpha = IlB \Rightarrow l = \frac{F}{IB} = \frac{2}{10 \cdot 0,25} = 0,8 \text{ (м)}.$$
- 16. Відповідь: Б** 0,8 мкН. Скористаємося формулою для обчислення сили Лоренца й врахуємо, що кут між вектором магнітної індукції й напрямком швидкості руху заряду дорівнює 90° :
- $$F_{\text{Л}} = qvB \sin \alpha = qvB = 2 \cdot 10^{-9} \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0,2 = 8 \cdot 10^{-7} \text{ (Н)}.$$

- 17. Відповідь: Г** 4 км/с. Скористаємося формулою для обчислення сили Лоренца й врахуємо, що кут між вектором магнітної індукції й напрямком швидкості руху заряду дорівнює 90° :
- $$F_{\text{л}} = qvB \sin \alpha = qvB \Rightarrow v = \frac{F_{\text{л}}}{qB} = \frac{20 \cdot 10^{-6}}{50 \cdot 10^{-9} \cdot 0,1} = 4 \cdot 10^3 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$
- 18. Відповідь: В** З визначення магнітного потоку і з урахуванням того, що лінії індукції перпендикулярні до площини контуру, маємо $\Phi = BS \cos \alpha = BS \Rightarrow B = \frac{\Phi}{S} = 2 \text{ Тл}$, де α — кут між нормаллю до площини контуру й лініями індукції магнітного поля.
- 19. Відповідь: Б** За правилом Ленца напрям індукційного струму завжди такий, щоб магнітний потік цього струму через переріз контуру компенсував зміну магнітного потоку, яка спричинила появу індукційного струму. Це означає, що якщо записати вектор магнітної індукції зовнішнього магнітного поля всередині котушки як $\vec{B} = \vec{B}_0 + \Delta\vec{B}$, магнітне поле індукційного струму \vec{B}_i завжди протилежне до зміни зовнішнього магнітного поля $\Delta\vec{B}$. Якщо дивитися на котушку зліва, то індукційний струм у ній спрямований проти руху годинникової стрілки. Тому поле індукційного струму \vec{B}_i спрямоване вліво, а зміна зовнішнього магнітного поля $\Delta\vec{B}$ — вправо. Оскільки сам стрічковий магніт розташований південним полюсом до котушки, то його поле \vec{B}_0 усередині котушки спрямоване вліво. Оскільки \vec{B}_0 і $\Delta\vec{B}$ спрямовані протилежно, магніт потрібно рухати так, щоб усередині котушки його поле зменшувалося, тобто вліво.
- 20. Відповідь: В** Угору. Для визначення напрямку руху провідника треба скористатися правилом лівої руки: провідник треба рухати так, щоб лінії індукції входили в долоню, чотири пальці вказували напрям руху провідника, а великий палець, якій відігнутий на 90° , вказував на позитивно заряджений кінець провідника.
- 21. Відповідь: А** За законом електромагнітної індукції $\mathcal{E} = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$ для часу зміни магнітного потоку отримуємо $\Delta t = \left| \frac{\Delta\Phi}{\mathcal{E}} \right| = 0,5 \text{ (с)}$.
- 22. Відповідь: А** 4 мГн. З формули залежності магнітного потоку від індуктивності котушки й сили струму в ній $\Phi = LI$ для індуктивності котушки отримуємо: $L = \frac{\Delta\Phi}{\Delta I} = \frac{0,04}{15-5} = 0,004 \text{ (Гн)}$.
- 23. Відповідь: В** Для визначення ЕРС індукції в рухомому провіднику слугує формула $\mathcal{E} = lvB \sin \alpha$. Вектор швидкості стрижня утворює кут 90° із самим стрижнем та лініями індукції магнітного поля $\sin \alpha = \sin 90^\circ = 1$. З урахуванням цього для швидкості руху стрижня маємо $v = \frac{\mathcal{E}}{lB} = \frac{0,2}{2 \cdot 0,02} = 5 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$.
- 24. Відповідь: А** Літак рухається в магнітному полі Землі, і тому на кінцях його крил виникає різниця потенціалів, обумовлена ЕРС електромагнітної індукції, що виникає в провіднику, який рухається в магнітному полі.

$$U = \mathcal{E} = lvB \sin \alpha = 10 \cdot 250 \cdot 50 \cdot 10^{-6} \cdot \sin(90^\circ - 30^\circ) = 0,0625 \text{ (В)}.$$

25. **Відповідь: Б** З формули залежності магнітного потоку від індуктивності котушки й сили струму в ній $\Phi = LI$ та закону електромагнітної індукції $\mathcal{E} = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$ отримуємо:

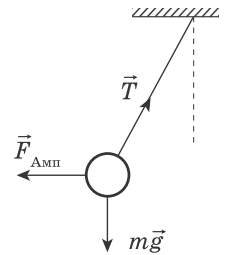
$$\mathcal{E} = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = L \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| \Rightarrow L = \mathcal{E} \left| \frac{\Delta t}{\Delta I} \right| = 20 \cdot \frac{0,25}{15-10} = 1 (\text{Гн}).$$

26. **Відповідь: В** Енергію магнітного поля котушки можна обчислити за формулою $W_B = \frac{LI^2}{2}$.

$$\text{Тому сила струму в котушці } I = \sqrt{\frac{2W_B}{L}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 14,4}{0,2}} = 12 (\text{А}).$$

27. 1 – В, 2 – Б, 3 – Г, 4 – Д.
 28. 1 – Б, 2 – Д, 3 – А, 4 – В.
 29. 1 – Г, 2 – А, 3 – Б, 4 – В.
 30. 1 – Б, 2 – В, 3 – Д, 4 – А.

31. **Відповідь: 45.** Якщо на горизонтальний провідник зі струмом діє вертикальне магнітне поле, то виникає горизонтальна сила Ампера, перпендикулярна до провідника. Її дія на провідник приводить до відхилення дротів, на яких підвішений провідник, від вертикалі (див. рисунок). Легко побачити, що в стані рівноваги $mg = T \cos \alpha$, $F_A = T \sin \alpha$. Звідси отримуємо $\frac{F_A}{mg} = \text{tg } \alpha$. З другого боку, $F_A = IlB$ (врахуємо, що провідник перпендикулярний до ліній індукції магнітного поля). Остаточнo отримуємо: $\text{tg } \alpha = \frac{IlB}{mg} = \frac{4 \cdot 0,25 \cdot 0,2}{0,02 \cdot 10} = 1$. Як відомо, таке значення тангенса відповідає куту 45° .



32. **Відповідь: 2,9.** Якщо протон влітає в магнітне поле перпендикулярно до ліній індукції, він починає рухатися по колу — сила Лоренца весь час буде перпендикулярною до напрямку швидкості руху протона з доцентровим прискоренням. Запишемо рівняння другого закону Ньютона для руху протона $F_L = ma \Rightarrow qvB = m \frac{v^2}{R}$. З урахуванням

того, що протон, пройшовши прискорюючу різницю потенціалів, має швидкість $qU = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$, отримуємо значення радіуса траєкторії протона:

$$R = m \frac{v}{qB} = m \frac{\sqrt{\frac{2qU}{m}}}{qB} = \sqrt{\frac{2mU}{qB^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 1 \cdot 10^4}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,5^2}} \approx 0,029 (\text{м}).$$

33. **Відповідь: 80.** Оскільки котушка містить 1000 витків, загальний магнітний потік, що перетинає площину котушки, дорівнює $\Phi = 1000BS$. У разі вимкнення поля зміна магнітного потоку дорівнює за модулем його первинному значенню. Тому ЕРС електромагнітної індукції

$$\mathcal{E} = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \frac{1000BS}{\Delta t} = \frac{1000 \cdot 0,1 \cdot 20 \cdot 10^{-4}}{0,25 \cdot 10^{-3}} = 800 (\text{В}).$$

34. **Відповідь: 5.** За законом електромагнітної індукції ЕРС самоіндукції дорівнює

$$\mathcal{E} = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = L \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = 0,25 \cdot \frac{10}{5 \cdot 10^{-3}} = 500 \text{ (В)}.$$

35. **Відповідь: 50.** Густина енергії магнітного поля можна обчислити за формулою

$$w_B = \frac{W_B}{V} = \frac{LI^2}{2V} = \frac{0,6 \cdot 5^2}{2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4}} = 50\,000 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3} \right).$$

36. **Відповідь: 2.** Енергія магнітного поля котушки обчислюється за формулою $W_B = \frac{LI^2}{2}$. Тому сила струму $I = \sqrt{\frac{2W_B}{L}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4}{2}} = 2 \text{ (А)}$.

Струм у різних середовищах

1. **Відповідь: Г** За визначенням сила струму — це $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$. У металевому провіднику вільними носіями заряду є електрони, тому $\Delta q = Ne$, де N — кількість електронів, що пройшла через переріз провідника за час Δt , e — заряд електрона. Враховуючи це, маємо:

$$I = \frac{Ne}{\Delta t} \Rightarrow N = \frac{I\Delta t}{e} = \frac{3,2 \cdot 1}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2 \cdot 10^{19}.$$

2. **Відповідь: А** У першому вдвічі більша за другий. Провідники з'єднані послідовно, тому сила струму в них однакова: $I_1 = I_2$. З другого боку, сила струму в провіднику пов'язана з площею поперечного перерізу, концентрацією й середньою швидкістю упорядкованого руху електронів провідності співвідношенням $I = nSev$. Враховуючи те, що провідники виготовлені з однакового металу, тобто $n_1 = n_2$, остаточно отримуємо $nS_1ev_1 = nS_2ev_2 \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1} = 2$. Довжина провідника за певної сили струму не впливає на середню швидкість упорядкованого руху електронів.

3. **Відповідь: В** У другому вдвічі більша за перший. Оскільки провідники підключені до батареї гальванічних елементів паралельно, вони перебувають під однаковою напругою. Тому силу струму в провідниках буде визначати їхній опір. Із закону Ома отримуємо $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$. Враховуючи, що $R = \rho \frac{l}{S}$, легко отримати $\frac{R_2}{R_1} = \frac{l_2 S_1}{S_2 l_1} \Rightarrow R_1 = 4R_2$. Для сили струму в провідниках $I_2 = 4I_1$. Враховуючи те, що провідники виготовлені з однакового металу, тобто $n_1 = n_2$, остаточно отримуємо:

$$nS_2ev_2 = 4nS_1ev_1 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = 4 \frac{S_1}{S_2} = 2.$$

4. **Відповідь: Б** З формули для сили струму в металевому провіднику $I = nSev$ отримуємо для швидкості:

$$v = \frac{I}{nSe} = \frac{10}{8 \cdot 10^{28} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,9 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

5. **Відповідь: В** Температурна залежність опору металевого провідника задається формулою $R = R_0(1 + \alpha t)$, де R_0 — опір провідника за температури 0°C , α — температурний коефіцієнт опору алюмінію. За умовою задачі $R = 2R_0$. Тому $1 + \alpha t = 2 \Rightarrow t = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{0,0042} = 238^\circ\text{C}$.
6. **Відповідь: Б** Температурна залежність опору металевого провідника задається формулою $R = R_0(1 + \alpha t)$, де R_0 — опір провідника за температури 0°C , α — температурний коефіцієнт опору алюмінію. За даними на цоколі можна визначити опір нитки розжарення лампи в робочому стані $R = \frac{U^2}{P}$. Звідси:
- $$\frac{U^2}{P} = R_0(1 + \alpha t) \Rightarrow t = \frac{U^2 - R_0 P}{\alpha R_0 P} = \frac{220^2 - 62 \cdot 60}{0,0048 \cdot 62 \cdot 60} = 2502^\circ\text{C}.$$
7. **Відповідь: Г** У холодному стані опір нитки малий, і під час вмикання сила струму занадто велика.
8. **Відповідь: Г** $T_1 < T_2 > T_3$. Якщо температуру напівпровідникового терморезистора збільшити, його опір зменшиться. Тому за тієї самої напруги сила струму через терморезистор буде більшою. Проведіть на рисунку вольт-амперних характеристик терморезисторів вертикальну лінію, яка відповідає однаковій напрузі. Як бачимо, найменший опір, тобто найбільшу температуру має другий терморезистор.
9. **Відповідь: В** Електронно-діркову.
10. **Відповідь: А** Дірки. Кремній — елемент IV групи і має 4 валентні електрони. У чистому кристалі кремнію кожен атом кремнію утворює із сусідніми атомами кремнію чотири ковалентні зв'язки. Індій — елемент III групи, тому в нього 3 валентні електрони. Ці три валентні електрони атома Індію утворюють три, а не чотири ковалентні зв'язки із сусідніми атомами Кремнію. Один зв'язок не утворений. Але внаслідок теплового руху це вакантне місце може рухатися по напівпровідниковому кристалу за рахунок переходу валентних електронів із сусідніх зв'язків. Створюється враження, що по кристалу рухається вільний носій заряду із зарядом, який дорівнює заряду електрона, але має протилежний знак.
11. **Відповідь: В** Те, що кожен атом домішки дає електрон провідності, означає $n_{\text{миш}} = n_{\text{ел.пров}} = 4 \cdot 10^{20}$. Щоб визначити, скільки в середньому атомів германію припадає на один атом миш'яку, потрібно визначити відношення $\frac{n_{\text{герм}}}{n_{\text{миш}}} = \frac{n_{\text{герм}}}{n_{\text{ел.пров}}}$. Концентрацію атомів германію можна легко визначити через густину германію $n_{\text{герм}} = \frac{\rho_{\text{герм}} N_A}{M_{\text{герм}}}$. Тоді остаточно маємо:
- $$\frac{n_{\text{герм}}}{n_{\text{миш}}} = \frac{\rho_{\text{герм}} N_A}{n_{\text{ел.пров}} M_{\text{герм}}} = \frac{5300 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{4 \cdot 10^{20} \cdot 0,073} = 1,1 \cdot 10^8.$$
12. **Відповідь: В** У першій і другій ванні йони міді двовалентні, а в третій — одновалентні. Під час протікання через ванни однакового заряду (ванни з'єднанні послідовно) у третій ванні на катоді виділиться удвічі більше міді, ніж у першій і другій.
13. **Відповідь: В** Маса речовини, яка виділилася на електроді електролітичної ванни, пропорційна заряду, який пройшов через ванну $m = k \Delta q = k I \Delta t$ (закон електролізу). Коефіцієнт пропорційності k (електрохімічний еквівалент речовини) можна обчислити, виходячи з простих міркувань:

$$k = \frac{m}{\Delta q} = \frac{m_0 N}{\Delta q} = \frac{m_0 \frac{\Delta q}{ne}}{\Delta q} = \frac{m_0}{ne} = \frac{M}{N_A ne},$$

ne — заряд йона (добуток валентності на заряд електрона), який нейтралізується на електроді. Остаточно для заряду отримуємо: $\Delta q = \frac{m N_A ne}{M}$. Враховуючи те, що залізо в сполучі FeCl одновалентне, маємо:

$$\Delta q = \frac{0,56 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{56} = 960 \text{ (Кл)}.$$

14. Відповідь: В Із закону електролізу $m = k I \Delta t = \frac{M}{N_A ne} I \Delta t$ отримуємо:

$$e = k I \Delta t = \frac{M}{(m_2 - m_1) N_A n} I \Delta t = \frac{64}{3,2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 2} \cdot 10 \cdot 1080 = 1,8 \cdot 10^{-19} \text{ (Кл)}.$$

15. Відповідь: Б 1,93 МДж. Витрачена енергія дорівнює роботі електричного струму $A = IU\tau$. Добуток сили струму на час електролізу отримуємо із закону електролізу $I \Delta t = \frac{m}{k} = \frac{m N_A ne}{M}$. Остаточно

$$A = \frac{m N_A ne U}{M} = \frac{128 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5}{64} \approx 1,93 \cdot 10^6 \text{ (Дж)}.$$

16. Відповідь: В У розчині плавикової кислоти фтор має валентність 1. Тому

$$k = \frac{M}{N_A ne} = \frac{0,019}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,97 \cdot 10^{-7} \approx 2 \cdot 10^{-7} \left(\frac{\text{кг}}{\text{Кл}} \right).$$

17. Відповідь: Б Робота електричного поля $A = eU$ йде на придбання електронами кінетичної енергії $W_e = \frac{m_e v^2}{2}$. Оскільки $A = W_e$, для швидкості електронів отримуємо:

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 25 \cdot 10^3}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 9,4 \cdot 10^7 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

18. Відповідь: Б 2,5 нс. Під дією електричного поля електрон рухається рівноприскорено, тому $\tau = \sqrt{\frac{2d}{a}}$. Прискорення визначимо з другого закону Ньютона $a = \frac{F}{m_e} = \frac{eE}{m_e} = \frac{eU}{m_e d}$. Остаточно

$$\tau = d \sqrt{\frac{2m_e}{eU}} = 8 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 120}} \approx 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ (с)}.$$

19. Відповідь: В У горизонтальному напрямку електричне поле на електрон не діє, у вертикальному — діє зі сталою силою вгору. Тому траєкторія електрона нагадуватиме траєкторію руху тіла, яке кинули горизонтально, тільки воно буде «падати» не вниз, а вгору.

20. Відповідь: Г За час польоту крізь конденсатор $\tau = \frac{l}{v_0}$ електрон зміститься перпендикулярно до пластин на відстань $h = \frac{a\tau^2}{2}$. Визначивши прискорення з другого закону Ньютона $a = \frac{F}{m_e} = \frac{eE}{m_e} = \frac{eU}{m_e d}$, для напруги на пластинах конденсатора отримуємо:

$$U = \frac{2hm_e dv_0^2}{eI^2} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \cdot 10^{14}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 25 \cdot 10^{-4}} = 9,1 \text{ (В)}.$$

21. **Відповідь: В** Визначимо прискорення з другого закону Ньютона:

$$a = \frac{F}{m_e} = \frac{eE}{m_e} = \frac{eU}{m_e d} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 200}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 1,8 \cdot 10^{15} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right).$$

22. **Відповідь: А** Люмінесцентна лампа.

23. **Відповідь: А** Поблизу зарядженого вістря напруженість електричного поля дуже висока, і повітря йонізується. Напруженість електричного поля біля вістря можна оцінити за формулою $E = k \frac{q}{r^2}$, де r — радіус загострення. Тобто чим гостріші деталі зарядженого тіла є на його поверхні, тим більша напруженість електричного поля спостерігається біля їхнього вістря. За умови достатньої напруженості поля в повітрі починається коронний розряд.

24. **Відповідь: А** Електричне зварювання.

25. **Відповідь: Б** Не зміниться. Струм насичення залежить від концентрації вільних носіїв зарядів, а концентрація визначається дією йонізатора, яка залишається незмінною.

26. **Відповідь: В** 6 кВ. У разі самостійного розряду електричне поле надає вільним електронам достатньої кінетичної енергії, щоб йонізувати нейтральні атоми газу $A_E = W_e = A_i$. На відстані вільного пробігу робота електричного поля дорівнює $A_E = eU_{\text{вільн}} = eE\lambda = e \frac{U}{d} \lambda$, де d — відстань між електродами, λ — довжина вільного пробігу електрона. Робота з йонізації нейтрального атома $A_i = eU_i$, де U_i — потенціал йонізації атомів криптону. Остаточоно отримуємо:

$$e \frac{U}{d} \lambda = eU_i \Rightarrow U = \frac{d}{\lambda} U_i = \frac{4,3 \cdot 10^{-2}}{1 \cdot 10^{-4}} \cdot 13,99 = 6 \, 017 \text{ (В)}.$$

27. 1 — В, 2 — Д, 3 — Б, 4 — А.

28. 1 — В, 2 — А, 3 — Г, 4 — Б.

29. 1 — В, 2 — Г, 3 — Д, 4 — А.

30. 1 — Б, 2 — Г, 3 — А, 4 — Д.

31. **Відповідь: 0,15.** З формули для сили струму в металевому провіднику $I = nSev$ і з урахуванням того, що кожен атом міді дає 2 електрони провідності $n_e = 2n_{\text{ат}} = 2 \frac{N}{V} = 2 \frac{mN_A}{MV} = 2\rho \frac{N_A}{M}$, отримуємо для швидкості:

$$v = \frac{IM}{2\rho N_A eS} = \frac{1 \cdot 0,064}{2 \cdot 8900 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,25 \cdot 10^{-6}} = 1,49 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

32. **Відповідь: 2.** За час польоту крізь конденсатор $\tau = \frac{l}{v_0}$ електрон зміститься перпендикулярно до пластин на відстань $h = \frac{a\tau^2}{2}$. Швидкість v_0 , з якою електрон влітає в простір між пластинами, визначимо через прискорюючу напругу $eU = \frac{m_e v_0^2}{2} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}$.

Прискорення, з яким рухається електрон в напрямку, перпендикулярному до пластин, визначимо з другого закону Ньютона $a = \frac{F}{m_e} = \frac{eE_{\text{конд}}}{m_e} = \frac{eU_{\text{конд}}}{m_e d}$. Для зміщення остаточно отримуємо:

$$h = \frac{\frac{eU_{\text{конд}}}{m_e d} \cdot m_e l^2}{2} = \frac{U_{\text{конд}}}{d} \frac{l^2}{4U} = \frac{20}{10} \frac{200^2}{4 \cdot 10000} = 2 \text{ (мм)}.$$

- 33. Відповідь: 0,3.** Сила струму насичення — це сила струму, за якої всі вільні носії зарядів беруть участь у створенні струму. З формули для сили струму $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ і з урахуванням того, що $\Delta q = Ne = nVe = nlSe$, отримуємо відповідь:

$$I = \frac{nlSe}{\Delta t} = \frac{2,1 \cdot 10^9 \cdot 45 \cdot 20 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ (А)}.$$

Зауважимо, що довжину трубки та площу перерізу у формулу слід підставляти у см та см² відповідно (концентрація пар йонів надана в см⁻³).

- 34. Відповідь: 3,9.** Масу бору можна підрахувати, якщо знати кількість атомів та масу одного атома $m_{\text{бору}} = N_{\text{бору}} m_{0\text{бору}} = N_{\text{бору}} \frac{M_{\text{бору}}}{N_A}$. За умовою задачі концентрація домішки бору в кремнієвому кристалі має становити 10^{-5} . Це означає, що $N_{\text{бору}} = 10^{-5} N_{\text{кремнію}}$. Оскільки відома маса кремнію, для кількості атомів Кремнію маємо $N_{\text{кремнію}} = \frac{m_{\text{кремнію}}}{m_{0\text{кремнію}}} = \frac{m_{\text{кремнію}} N_A}{M_{\text{кремнію}}}$. Остаточно для шуканої маси маємо:

$$m_{\text{бору}} = 10^{-5} \frac{m_{\text{кремнію}} N_A}{M_{\text{кремнію}}} \frac{M_{\text{бору}}}{N_A} = 10^{-5} \frac{m_{\text{кремнію}} M_{\text{бору}}}{M_{\text{кремнію}}} \approx 3,9 \cdot 10^{-5} \text{ кг}.$$

- 35. Відповідь: 1.** Скористаємося законом електролізу $m = kI\Delta t = \frac{M}{N_A ne} I\Delta t$. З другого боку, $m = \rho V = \rho dS$, де d — товщина шару хрому, а S — площа поверхні деталі. Далі отримуємо: $\frac{M}{N_A ne} I\Delta t = \rho dS$. З урахуванням того, що $j = \frac{I}{S}$ — це густина струму, остаточно маємо:

$$\Delta t = \frac{\rho d N_A ne}{Mj} = \frac{7200 \cdot 36 \cdot 10^{-6} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{0,052 \cdot 400} = 3600 \text{ (с)}.$$

- 36. Відповідь: 2,2.** Для того щоб заповнити аеростат об'ємом 520 м³ за нормальних умов, потрібна маса водню $m = \frac{pVM}{RT}$. З другого боку, цю масу водню можна визначити із закону електролізу $m = k\Delta q = \frac{M}{N_A ne} \Delta q$. Для заряду, який потрібно пропустити скрізь розчин кислоти для отримання потрібної маси водню, маємо $\Delta q = \frac{pVN_A ne}{RT}$. Враховуючи тиск і температуру, які відповідають нормальним умовам, і те, що іони водню одновалентні, маємо:

$$\Delta q = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 520 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{8,31 \cdot 273} = 2,2 \cdot 10^9 \text{ (Кл)}.$$

Механічні коливання та хвилі

1. **Відповідь: Б** Рівнодійної сил тяжіння та натягу нитки.
2. **Відповідь: А** Прямо пропорційно.
3. **Відповідь: В** π с. Слід врахувати залежність $\omega = \frac{2\pi}{T}$.
4. **Відповідь: В** 128 см. За один період тіло проходить шлях, який дорівнює 4 амплітудам.
5. **Відповідь: Б** 8 см; 0,4 с; 2,5 Гц. Амплітуда — це максимальне зміщення з положення рівноваги 8 см, період — це час одного повного коливання 0,4 с, а частота — це величина, яка обернена до періоду: $\nu = \frac{1}{T} = 2,5$ Гц.
6. **Відповідь: Г** 25 см; 0,04 с; 25 Гц. Треба скористатися загальним виглядом рівняння гармонічних коливань $x = A \cos 2\pi t$ або $x = A \sin 2\pi t$.
7. **Відповідь: Б** $v_x = 3\pi \cos 20\pi t$. Проекція швидкості руху тіла v_x — це перша похідна координати x за часом $v_x = x' = (A \sin \omega t)' = \omega A \cos \omega t$.
8. **Відповідь: А** Запишемо рівняння проекції швидкості руху тіла $v_x = -0,01\pi \sin 0,4\pi t$. У момент часу 6,25 с після початку коливань проекція швидкості дорівнюватиме $v_x = -0,01\pi \sin 0,4\pi \cdot 6,25 = -0,01\pi \sin 2,5\pi = 0$. Оскільки в цей момент швидкість руху тіла дорівнює нулю, кінетична енергія також дорівнює нулю.
9. **Відповідь: Г** $x = 0,1 \cos(10\pi t - \pi)$. Треба спочатку скористатися загальним виглядом рівняння проекції швидкості тіла, яке здійснює гармонічні коливання $v_x = \omega A \sin \omega t = \frac{2\pi}{T} A \sin \frac{2\pi}{T} t = 3,14 \sin 10\pi t$. Відповідне рівняння координати гармонічних коливань матиме вигляд $x = -A \cos \frac{2\pi}{T} t$. Враховуючи, що $\frac{2\pi}{T} A = v_{x,\max}$ і $-\cos \alpha = \cos(\alpha - \pi)$, остаточно отримуємо: $x = 0,1 \cos(10\pi t - \pi)$.
10. **Відповідь: В** З формули періоду математичного маятника $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ отримуємо:

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}} \Rightarrow T_2 = T_1 \sqrt{\frac{l_2}{l_1}} = 2 \text{ с.}$$
11. **Відповідь: А** З формули періоду математичного маятника $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ отримуємо:

$$l = \frac{gT^2}{4\pi^2} = 0,25 \text{ м.}$$
12. **Відповідь: В** Ліфт, який рухається з прискоренням вгору, є неінерціальною системою відліку, у якій нове прискорення вільного падіння $g' = g + a$. Тому для періоду коливань математичного маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g'}} = 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{1}{12}} = 1,8 \text{ с.}$$
13. **Відповідь: Г** Якщо між 1 та 2 спалахами минає 0,1 с, то період коливань можна визначити з таких простих міркувань: за 0,1 с маятник змістився в точку з координатою $x = \frac{A}{2}$. З другого боку,

$$x = A \sin \frac{2\pi}{T} t = A \sin \frac{0,2\pi}{T} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{0,2\pi}{T} = \frac{\pi}{6} \Rightarrow T = 1,2 \text{ с.}$$

- 14. Відповідь: В** Зменшиться у 2 рази. Треба скористатися формулою періоду пружинного маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.
- 15. Відповідь: Б** 1 с. Треба скористатися формулою періоду коливань пружинного маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ і врахувати, що коефіцієнт жорсткості гумового джгута, після того як його склали навпіл, збільшиться у 4 рази.
- $$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_1}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{4k}} = \frac{1}{2} 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{1}{2} T.$$
- 16. Відповідь: Б** З формули періоду коливань пружинного маятника можна визначити жорсткість пружини $k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$. Період легко обчислити: $T = \frac{\tau}{N}$. Остаточоно:
- $$k = \frac{4\pi^2 m N^2}{\tau^2} = \frac{4 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 40^2}{60^2} = 35,6 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right).$$
- 17. Відповідь: Б** З показів динамометра отримуємо значення маси тіла $m = 0,6$ кг, а за допомогою лінійки визначаємо жорсткість пружини $k = 40 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$. Для частоти коливань пружинного маятника маємо: $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{40}{0,6}} = 1,3$ (Гц).
- 18. Відповідь: В** Максимальна потенціальна енергія пружини $W_{\text{п}} = \frac{kA^2}{2}$. Жорсткість пружини можна визначити з частоти та маси: $k = 4\pi^2 \nu^2 m$. Остаточоно
- $$W_{\text{п}} = \frac{4\pi^2 \nu^2 mA^2}{2} = \frac{4 \cdot 10 \cdot 6,4^2 \cdot 2 \cdot 0,1^2}{2} = 16,4 \text{ (Дж)}.$$
- 19. Відповідь: В** Швидкість хвилі $v = \frac{\lambda}{T}$ визначається її довжиною й періодом. Період легко визначити: $T = \frac{\tau}{N}$. Тому $v = \frac{N\lambda}{\tau} = \frac{10 \cdot 3}{30} = 1$ $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$.
- 20. Відповідь: Г** Змінити довжину маятника. Для того щоб спостерігався резонанс, потрібно змінити власну частоту маятника, а із запропонованих варіантів це можна здійснити, змінивши тільки довжину маятника.
- 21. Відповідь: Б** З формули швидкості хвилі $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \nu$ легко отримати $\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{4}{1,25} = 3,2$ (м).
- 22. Відповідь: Г** З формули швидкості хвилі $v = \lambda \nu$ легко отримати $\nu = \frac{v}{\lambda} = \frac{4}{0,5} = 8$ (Гц).
- 23. Відповідь: А** А — вниз, В — не рухається, С — вгору. Поперечна хвиля рухається по джгуту за рахунок поперечних коливань точок джгута. Добре видно, що точка В знаходиться в крайній точці траєкторії свого коливання, тобто вона в даний момент не рухається, точки А і С рухаються, тому що в даний момент вони проходять положення рівноваги. Для того щоб хвиля рухалася вліво, потрібно, щоб точка А рухалася вниз, а точка С — вгору.

24. Відповідь: В Частота не змінюється, довжина хвилі зменшується. Згідно з принципом Гюйгенса, частота коливань у наступній точці середовища визначається частотою коливань у попередній. Тому частота звуку під час переходу з води в повітря не змінюється. Довжина хвилі зменшується, тому що зменшується швидкість звуку.

25. Відповідь: Б Частотний діапазон скрипки лежить у межах від $\nu_1 = \frac{v_{зв}}{\lambda_1} = \frac{340}{1,3} = 261,5$ (Гц) до $\nu_2 = \frac{v_{зв}}{\lambda_2} = \frac{340}{0,023} = 14\,782,6$ (Гц). З наведених варіантів відповідей тільки 1800 Гц належить цьому діапазону.

26. Відповідь: А Шуканий час τ складається з двох проміжків часу: $\tau_{\text{снаряда}} = \frac{L}{v_{\text{снаряда}}}$ — часу польоту снаряда до цілі і $\tau_{\text{звуку}} = \frac{L}{v_{\text{звуку}}}$ — часу розповсюдження звуку від місця вибуху до вихідної точки:

$$\tau = \frac{L}{v_{\text{снаряда}}} + \frac{L}{v_{\text{звуку}}} = \frac{10\,200}{510} + \frac{10\,200}{340} = 50 \text{ (с)}.$$

27. 1 — Г, 2 — А, 3 — Д, 4 — В.

28. 1 — Д, 2 — Б, 3 — А, 4 — В.

29. 1 — Г, 2 — В, 3 — Д, 4 — Б.

30. 1 — Г, 2 — А, 3 — Б, 4 — Д.

31. Відповідь: 10. Швидкість, яку надали вантажу, що висить на нитці, є максимальною, яку він матиме під час коливань. Тобто це амплітудне значення швидкості. З формули залежності координати та швидкості руху тіла, яке здійснює коливання на нитці, $v_{x\text{max}} = \omega A$ і враховуючи, що $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$, отримуємо для амплітуди коливань $A = v_{x\text{max}} \sqrt{\frac{l}{g}} = 0,2 \sqrt{\frac{2,5}{10}} = 0,1$ (м).

32. Відповідь: 36. Запишемо формулу періоду коливань пружинного маятника для першого $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{k}}$ і для другого дослідів $T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{m_2}{k}}$. Знайдемо відносне зменшення маси відерця $\frac{m_1 - m_2}{m_1}$. Враховуючи, що $m_1 = \frac{kT_1^2}{4\pi^2}$, $m_2 = \frac{kT_2^2}{4\pi^2}$, отримуємо для відносного зменшення маси відерця:

$$\frac{\frac{kT_1^2}{4\pi^2} - \frac{kT_2^2}{4\pi^2}}{\frac{kT_1^2}{4\pi^2}} = \frac{T_1^2 - T_2^2}{T_1^2} = \frac{(T_1 - T_2)(T_1 + T_2)}{T_1^2} = \frac{0,4 \cdot 3,6}{4} = 0,36.$$

33. Відповідь: 14,4. Якщо за той самий час кулька здійснює менше коливань, період коливань зростає.

Згідно з формулою періоду коливань математичного маятника $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, можна побачити, що це може статися завдяки збільшенню довжини маятника. Запишемо формулу періоду коливань математичного маятника для першого $\left(\frac{\tau}{N_1} = 2\pi \sqrt{\frac{l_1}{g}} \right)$

і для другого $\left(\frac{\tau}{N_2} = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}}\right)$ дослідів. Для відношення $\frac{l_2}{l_1}$ отримуємо $\frac{l_2}{l_1} = \frac{N_1^2}{N_2^2}$.

Враховуючи, що $l_2 = l_1 + \Delta l$, знаходимо первинну довжину нитки:

$$l_1 = \Delta l \frac{N_2^2}{N_1^2 - N_2^2} = 2,5 \frac{144}{25} = 14,4 \text{ (см)}.$$

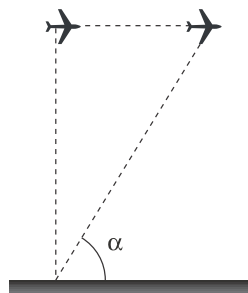
- 34. Відповідь: 86,4.** У горах маятниковий годинник запізнюватиметься, тому що за рахунок зменшення прискорення вільного падіння зростає період коливань маятника $\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{g}{g'}}$. За добу запізнення становитиме

$$\Delta\tau = \tau_{\text{доба}} \frac{\Delta T}{T} = \tau_{\text{доба}} \frac{T' - T}{T} = \tau_{\text{доба}} \left(\frac{T'}{T} - 1\right) = \tau_{\text{доба}} \left(\sqrt{\frac{g}{g'}} - 1\right).$$

Враховуючи $g = G \frac{M}{R^2}$, $g' = G \frac{M}{(R+h)^2}$, отримуємо:

$$\Delta\tau = \tau_{\text{доба}} \left(\frac{R+h}{R} - 1\right) = \tau_{\text{доба}} \frac{h}{R} = 24 \cdot 3600 \cdot \frac{6,4}{6400} = 86,4 \text{ (с)}.$$

- 35. Відповідь: 0,1.** За умовою задачі звук від двигунів літака прийшов до спостерігача з точки траєкторії, розташованої над ним, коли літак вже знаходиться в точці траєкторії, яку спостерігач бачить на висоті $73,6^\circ$ над горизонтом. За той час, поки звук ішов до спостерігача з точки, розташованої над ним, літак перемістився в точку, у якій його бачить спостерігач (див. рисунок).



Тобто час розповсюдження звуку $\tau_{\text{звуку}} = \frac{h}{v_{\text{звуку}}}$ дорівнює часу руху літака до точки

спостереження $\tau_{\text{літака}} = \frac{L}{v_{\text{літака}}}$. Тобто $\frac{h}{L} = \frac{v_{\text{звуку}}}{v_{\text{літака}}}$. З рисунка видно, що

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{L} = \frac{v_{\text{звуку}}}{v_{\text{літака}}} \Rightarrow v_{\text{літака}} = \frac{v_{\text{звуку}}}{\operatorname{tg} \alpha} = 100 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

- 36. Відповідь: 15.** Для того щоб дельфін «почув» перешкоду, ультразвуковий імпульс, який випустив дельфін, має встигнути дійти до перешкоди і повернутися назад за час між двома послідовними імпульсами $T_{\text{імпульс}}$. Тобто $\frac{2L}{v_{\text{ультразвук}}} = T_{\text{імпульс}}$. Звідси $L = 0,5 T_{\text{імпульс}} v_{\text{ультразвук}} = 0,5 \cdot 0,2 \cdot 1500 = 150 \text{ (м)}$.

Електромагнітні коливання

1. **Відповідь: Б** Котушки індуктивності та конденсатора.

2. **Відповідь: Б** $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

3. **Відповідь: Б** 100 Гц. Згідно з формулою $\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, маємо:

$$\nu_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot 4C}} = \frac{1}{2 \cdot 2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2} \nu.$$

4. **Відповідь: В** 6,28 мкс. Згідно з формулою $\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, маємо:

$$T = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{5 \cdot 10^{-9} \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}} = 2\pi \cdot 10^{-6} \text{ (с)}.$$

5. **Відповідь: Г** Збільшиться в 3 рази. Згідно з формулою $\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, маємо:

$$\nu_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1,5 \cdot \frac{C}{9}}} = \frac{3}{2\pi\sqrt{LC}} = 3\nu.$$

6. **Відповідь: Б** $T/6$. Оскільки спочатку сила струму в контурі зростає, рівняння струму в коливальному контурі має вигляд $i = I_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t$. Запишемо значення сили струму для моменту часу t_1 , коли сила струму дорівнювала половині від максимальної — $\frac{I_{\max}}{2} = I_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t_1$, і для моменту часу t_2 , коли сила струму стала максимальною — $I_{\max} = I_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t_2$. Легко бачити, що $\frac{1}{2} = \sin \frac{2\pi}{T} t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{T}{12}$, $1 = \sin \frac{2\pi}{T} t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{T}{4}$. Шуканий проміжок часу $\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{T}{4} - \frac{T}{12} = \frac{T}{6}$.

7. **Відповідь: Б** 17,4 нФ. Згідно з формулою $\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, маємо:

$$C = \frac{1}{4\pi^2 \nu^2 L} = \frac{1}{4 \cdot 10 \cdot (1,2 \cdot 10^6)^2 \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = 1,74 \cdot 10^{-8} \text{ (Ф)}.$$

8. **Відповідь: Г** $i = -0,15\pi \sin 10^4 \pi t$. Треба скористатися рівняннями заряду й струму в коливальному контурі в загальному вигляді $q = q_{\max} \cos\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi_0\right)$, $i = -I_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi_0\right)$. Слід урахувати, що $q_{\max} = CU_{\max}$, $I_{\max} = \frac{2\pi}{T} q_{\max} = \frac{2\pi}{T} CU_{\max}$. Також із графіка легко отримати $\varphi_0 = 0$. Остаточно:

$$i = -\frac{2\pi}{T} CU_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t = -\frac{2\pi}{0,2 \cdot 10^{-3}} 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 150 \sin \frac{2\pi}{0,2 \cdot 10^{-3}} t = -0,15\pi \sin 10^4 \pi t.$$

9. **Відповідь: Г** Підключити контур до джерела змінної напруги.
10. **Відповідь: В** Із закону збереження енергії отримуємо рівність максимальної енергії електричного поля конденсатора (коли струм у контурі відсутній) максимальній енергії магнітного поля котушки (коли заряд конденсатора дорівнює нулю):
- $$W_{E_{\max}} = W_{B_{\max}} \Rightarrow \frac{CU_{\max}^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2} \Rightarrow I_{\max} = \sqrt{\frac{C}{L}} U_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-6}}{0,05 \cdot 10^{-3}}} 100 = 20 \text{ (А)}.$$
11. **Відповідь: А** Не зміниться. Амплітуда магнітного потоку $\Phi_{\max} = BS$ і не залежить від частоти обертання.
12. **Відповідь: В** Збільшиться у 2 рази. Із закону електромагнітної індукції випливає: $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\Phi'$. Враховуючи, що $\Phi = BS \cos \omega t$, отримуємо $\mathcal{E} = -\Phi' = \omega BS \sin \omega t$. Як бачимо, амплітуда ЕРС електромагнітної індукції, що виникає в рамці $\mathcal{E}_{\max} = \omega BS$, прямо пропорційна частоті обертання. Тому під час зростання частоти обертання вдвічі ЕРС також збільшиться вдвічі.
13. **Відповідь: Г** 6,28 кВ. Враховуючи, що $\Phi = NBS \cos \omega t$, отримуємо $\mathcal{E} = -\Phi' = \omega NBS \sin \omega t$. Амплітуда ЕРС електромагнітної індукції, що виникає в рамці:
- $$\mathcal{E}_{\max} = \omega NBS = 2\pi\nu NBS = 6,28 \cdot 10^3 \text{ В}.$$
14. **Відповідь: А** Загальний вигляд рівняння змінного струму $i = I_{\max} \cos 2\pi\nu t$, або $i = I_{\max} \sin 2\pi\nu t$. Враховуючи, що $I_{\max} = \frac{U_{\max}}{X_C} = \sqrt{2} U \omega C = 2\sqrt{2} \pi \nu U C = 0,39 \text{ А}$, отримуємо:
- $$i = 0,39 \cos 200\pi t, \text{ або } i = 0,39 \sin 200\pi t.$$
15. **Відповідь: А** 6,2 мКл. Для того щоб обчислити максимальний заряд, скористаємося формулою $q_{\max} = CU_{\max}$. Враховуючи, що $U_{\max} = \sqrt{2} U$, отримуємо $q_{\max} = \sqrt{2} CU = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$.
16. **Відповідь: В** 698 мГн. Із закону Ома для змінного струму $I_{\max} = \frac{U_{\max}}{X_L} = \frac{U_{\max}}{2\pi\nu L} = \frac{\sqrt{2} U}{2\pi\nu L}$ отримуємо для індуктивності котушки $L = \frac{\sqrt{2} U}{2\pi\nu I_{\max}} = 6,98 \cdot 10^{-1} \text{ Гн}$.
17. **Відповідь: Б** 8 В. Під час протікання струму через послідовно під'єднані конденсатор і котушку напруга на цих елементах здійснює коливання в протифазі: напруга на конденсаторі відстає від струму на $\frac{\pi}{2}$, а на котушці — випереджає струм на $\frac{\pi}{2}$. Тобто зсув фаз між напругами на конденсаторі та котушці становить π .
18. **Відповідь: Г** Від 0 до $\sqrt{2}$ А. Амперметр у мережі змінного струму показує дієве значення сили струму I . Тому струм змінюється від нуля до $I_{\max} = \sqrt{2} I$.
19. **Відповідь: В** 800 Гц. Неонова лампочка світитиметься, коли напруга в мережі (незважаючи на полярність) перевищуватиме напругу загорання лампочки. Це відбувається двічі за період. Тому частота спалахів лампочки вдвічі перевищує частоту струму.
20. **Відповідь: В**

21. Відповідь: А Різким зростанням сили струму. У послідовному коливальному контурі резонанс ($X_L = X_C$) супроводжується значним зменшенням опору контуру $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2}$ і відповідним зростанням сили струму.

22. Відповідь: В 15,9 кГц. Для обчислення резонансної частоти треба скористатися формулою

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{0,01 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6}}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{0,01 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6}}} = 15\,924 \text{ (Гц)}.$$

23. Відповідь: В Для обчислення частоти струму, який виробляє цей генератор, треба врахувати, що однополюсний генератор виробляє струм, частота якого дорівнює частоті обертання. Якщо пар полюсів більше, то, відповідно, буде більшою й частота струму — $\nu_{\text{струму}} = n_{\text{пар полюсів}} \nu_{\text{генератора}}$. За умовою задачі генератор робить один оберт за секунду. Отже, частота струму дорівнює 60 Гц.

24. Відповідь: Г Коливання пластин осердя трансформатора.

25. Відповідь: В Зменшує в 5 разів. З елементарної теорії роботи трансформатора випливає

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2}.$$

$$U_2 = U_1 \frac{n_2}{n_1} = U_1 \frac{400}{2000} = \frac{U_1}{5}.$$

26. Відповідь: В Втратами електроенергії за рахунок йонізації повітря. Після досягнення значення напруженості електричного поля біля заряджених елементів ліній електропередач певного значення, за якого починається йонізація молекул повітря, різко зростають втрати електроенергії на коронний розряд.

27. 1 — Д, 2 — Г, 3 — А, 4 — Б.

28. 1 — Г, 2 — Д, 3 — В, 4 — Б.

29. 1 — В, 2 — Г, 3 — А, 4 — Б.

30. 1 — Д, 2 — Г, 3 — Б, 4 — В.

31. Відповідь: 40. Із закону збереження енергії отримуємо:

$$W_{E_{\max}} = W_{B_{\max}} \Rightarrow \frac{q_{\max}^2}{2C} = \frac{LI_{\max}^2}{2} \Rightarrow \sqrt{LC} = \frac{q_{\max}}{I_{\max}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = 2\pi \frac{q_{\max}}{I_{\max}} = 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{40 \cdot 10^{-9}}{6,28 \cdot 10^{-3}} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ (с)}.$$

32. Відповідь: 0,3. Енергія коливань зменшується за рахунок втрат на нагрівання дротів. Якщо втрати невеликі, протягом періоду можна вважати коливання струму в контурі гармонічними. Тоді, за законом Джоуля — Ленца, теплові втрати за період складають $Q = I^2 RT$. Загальну енергію струму в контурі можна обчислити як енергію магнітного поля котушки в момент досягнення струмом максимального значення $W_B = \frac{LI_{\max}^2}{2}$. Враховуючи $I^2 = \frac{I_{\max}^2}{2}$, $T = 2\pi\sqrt{LC}$ для відносних втрат енергії, отримуємо: $\frac{Q}{W_B} = \frac{2I^2 RT}{LI_{\max}^2} = \frac{RT}{L} = 2\pi R \sqrt{\frac{C}{L}} = 3 \cdot 10^{-3}$. У відсотках 0,3 %.

- 33. Відповідь: 400.** Із закону електромагнітної індукції для рамки, яка має N витків, $\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\Phi'$ і залежності магнітного потоку через виток від часу $\Phi = BS \cos \omega t$, маємо $\mathcal{E} = \omega NBS \sin \omega t$. Для кількості витків у рамці маємо $N = \frac{\mathcal{E}_{\max}}{\omega BS} = 400$.

- 34. Відповідь: 5.** Із закону збереження енергії отримуємо:

$$W_{E_{\max}} = W_{B_{\max}} \Rightarrow \frac{CU_{\max}^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2} \Rightarrow C = L \frac{I_{\max}^2}{U_{\max}^2}.$$

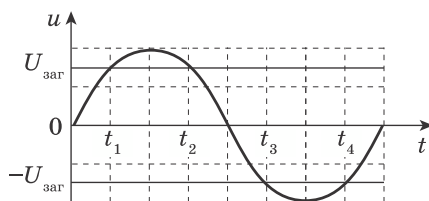
Треба врахувати, що $T = 2\pi\sqrt{LC}$. Остаточнo маємо:

$$C = \frac{TI_{\max}}{2\pi U_{\max}} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 314}{2 \cdot 3,14 \cdot 20} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ (Ф)}.$$

- 35. Відповідь: 1,6.** Загальний опір послідовного коливального контуру дорівнює $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$. Струм буде максимальним, коли опір контуру буде мінімальним. А це відбудеться за умови $X_L = X_C$. Тобто $2\pi\nu L = \frac{1}{2\pi\nu C}$, або $\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. Підставивши значення індуктивності та ємності, отримуємо:

$$\nu = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \sqrt{5 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = 1592 \text{ (Гц)}.$$

- 36. Відповідь: 71.** Лампа горітиме, коли напруга в мережі перевищуватиме напругу загоряння лампи (див. рисунок). Тобто лампочка загорятиметься та гаснути в моменти часу t_1, t_2, t_3, t_4 .



Для того щоб лампочка горіла половину періоду, треба, щоб ці моменти часу були $t_1 = \frac{T}{8}$, $t_2 = \frac{3T}{8}$, $t_3 = \frac{5T}{8}$, $t_4 = \frac{7T}{8}$. Тоді час горіння лампи:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = (t_2 - t_1) + (t_4 - t_3) = \left(\frac{3T}{8} - \frac{T}{8}\right) + \left(\frac{7T}{8} - \frac{5T}{8}\right) = \frac{T}{2}.$$

Уперше напруга в мережі $u = U_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t$ досягає $U_{\text{зар}}$ у момент часу $t_1 = \frac{T}{8}$. Тому

$$U_{\text{зар}} = U_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{8} = U_{\max} \sin \frac{\pi}{4}. \text{ Враховуючи, що } U_{\max} = \sqrt{2} U, \sin \frac{\pi}{4} = \frac{\sqrt{2}}{2}, \text{ для}$$

напруги в мережі змінного струму U отримуємо: $U_{\text{зар}} = U_{\max} \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2} U \frac{\sqrt{2}}{2} = U$.

Дієва напруга в мережі становить 71 В.

Електромагнітні хвилі

1. **Відповідь: Б** Заряд, який рухається з прискоренням.
2. **Відповідь: Г** Перпендикулярний до напрямку коливань магнітного поля хвилі.
3. **Відповідь: А** Швидкість зберігає напрям та значення.
4. **Відповідь: Г** Ультракороткі хвилі.
5. **Відповідь: В** Відстань, яку проходить хвиля за один період.
6. **Відповідь: Б** Модуляція.
7. **Відповідь: А** Антена.
8. **Відповідь: А** $2\pi\sqrt{LC}$.
9. **Відповідь: Б** Інтерференції хвиль. Коли металевий лист пересувається під час досліду, умова складання хвиль, які прийшли до приймача, весь час змінюється: виконується то умова максимуму, то умова мінімуму. Це приводить до періодичного послаблення прийнятого сигналу.
10. **Відповідь: Г** Якщо індукція магнітного поля змінилася від нуля до максимального значення, пройшов час, який дорівнює чверті періоду: $T = 4\tau$. Для довжини хвилі отримуємо $\lambda = cT = 4\tau c = 600 \text{ м}$.
11. **Відповідь: Г** 20 МГц. Частота та довжина хвилі пов'язані співвідношенням $\lambda = \frac{c}{\nu}$. Звідси $\nu = \frac{c}{\lambda} = 2 \cdot 10^7 \text{ Гц}$.
12. **Відповідь: В** Частота та довжина хвилі пов'язані співвідношенням $\lambda = \frac{c}{\nu} = 10 \text{ (м)}$.
13. **Відповідь: В** 1 МГц. З формули Томсона маємо діапазон частот, у якому працює радіоприймач:

$$\text{від } \nu_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \sqrt{1 \cdot 10^{-10} \cdot 1 \cdot 10^{-4}}} = 1,6 \text{ (МГц)}$$

$$\text{до } \nu_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_2}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L4C_1}} = 0,8 \text{ МГц.}$$
14. **Відповідь: А** 1,6 пФ. З формули Томсона $\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ маємо:

$$C = \frac{1}{4\pi^2\nu^2 L} = \frac{1}{4 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 10^{16} \cdot 4 \cdot 10^{-7}} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ (Ф)}$$
15. **Відповідь: В** Із закону збереження енергії отримуємо:

$$W_{E_{\max}} = W_{B_{\max}} \Rightarrow \frac{q_{\max}^2}{2C} = \frac{LI_{\max}^2}{2} \Rightarrow \sqrt{LC} = \frac{q_{\max}}{I_{\max}} \Rightarrow T = 2\pi \frac{q_{\max}}{I_{\max}}$$

$$\lambda = cT = 2\pi c \frac{q_{\max}}{I_{\max}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6}}{31,4} = 300 \text{ (м)}$$
16. **Відповідь: Б** 0,3 мГц. З формули Томсона $\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ маємо:

$$L = \frac{1}{4\pi^2 \nu^2 C} = \frac{1}{4 \cdot 10^8 \cdot 1,69 \cdot 10^{12} \cdot 50 \cdot 10^{-12}} = 2,96 \cdot 10^{-4} \text{ (Гн)} \approx 3 \cdot 10^{-4} \text{ (Гн)}.$$

17. **Відповідь: В** Збільшилася в $\sqrt{2}$ разу. Під час підключення другої котушки загальна індуктивність контуру збільшується вдвічі: $\lambda_1 = 2\pi c \sqrt{L_1 C} = 2\pi c \sqrt{2LC} = 2\pi c \sqrt{LC} \sqrt{2} = \lambda \sqrt{2}$.

18. **Відповідь: В** Згідно з формулою, $\lambda = 2\pi c \sqrt{LC} = 2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8 \sqrt{2 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^{-9}} \approx 380 \text{ (м)}$.

19. **Відповідь: А** 14 мкГн. Згідно з формулою $\lambda = 2\pi c \sqrt{LC}$, маємо:

$$L = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 C} = \frac{100^2}{4 \cdot 10^8 \cdot 9 \cdot 10^{16} \cdot 2 \cdot 10^{-10}} \approx 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ (Гн)}.$$

20. **Відповідь: Б** 8,7 пФ. Згідно з формулою $\lambda = 2\pi c \sqrt{LC}$, маємо:

$$C = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 L} = \frac{25^2}{4 \cdot 10^8 \cdot 9 \cdot 10^{16} \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = 8,7 \cdot 10^{-12} \text{ (Ф)}.$$

21. **Відповідь: В** Поширюватися в межах прямого бачення.

22. **Відповідь: Г** Зменшити тривалість кожного імпульсу радіолокатора. Поки триває імпульс, локатор не може почати прийом відбитого від цілі радіосигналу. Тому для зменшення мінімальної відстані потрібно зменшити тривалість імпульсу.

23. **Відповідь: Б** За час між двома імпульсами радіохвилі мають встигнути дійти до цілі й повернутися назад $\tau = \frac{2L_{\max}}{c}$. Тому частота проходження імпульсів становить $\nu = \frac{c}{2L_{\max}} = 2500 \text{ (с}^{-1}\text{)}$.

24. **Відповідь: Г** Ультракороткохвильового діапазону.

25. **Відповідь: В** Радіохвилі, які використовують у телебаченні, поширюються в межах прямого бачення. У разі збільшення висоти прийомної антени дальність прийому телевізійних передач зростає.

26. **Відповідь: А** Треба скористатися формулою густини потоку випромінювання, яке проходить через антену $J_{\text{ант}} = \frac{\Delta W_{\text{ант}}}{S \Delta t}$. З другого боку, густина потоку випромінювання телецентру на відстані R від нього дорівнює $J_{\text{центр}} = \frac{\Delta W_{\text{центр}}}{4\pi R^2 \Delta t}$. Однак це та сама густина потоку випромінювання:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta W_{\text{ант}}}{S \Delta t} &= \frac{\Delta W_{\text{центр}}}{4\pi R^2 \Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta W_{\text{ант}}}{\Delta t} = \frac{\Delta W_{\text{центр}}}{\Delta t} \cdot \frac{S}{4\pi R^2} = \\ &= 100\,000 \cdot \frac{0,05}{4 \cdot 3,14 \cdot 10\,000^2} = 3,98 \cdot 10^{-6} \text{ (Вт)} \approx 4 \cdot 10^{-6} \text{ (Вт)}. \end{aligned}$$

27. 1 — Д, 2 — Г, 3 — Б, 4 — В.

28. 1 — В, 2 — А, 3 — Г, 4 — Б.

29. 1 — В, 2 — А, 3 — Г, 4 — Д.

30. 1 — В, 2 — Б, 3 — А, 4 — Д.

31. **Відповідь: 20.** Із закону збереження енергії отримуємо рівність максимальної енергії електричного поля конденсатора (коли струм у контурі відсутній) максимальній енергії магнітного поля котушки (коли заряд конденсатора дорівнює нулю):

$$W_{E_{\max}} = W_{B_{\max}} \Rightarrow \frac{CU_{\max}^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2} \Rightarrow U_{\max} = \sqrt{\frac{L}{C}} I_{\max} = \sqrt{\frac{0,4 \cdot 10^{-3}}{0,01 \cdot 10^{-6}}} 100 = 2 \cdot 10^4 \text{ (В)}.$$

32. Відповідь: 0,3. Із закону збереження енергії отримуємо:

$$W_{E_{\max}} = W_{B_{\max}} \Rightarrow \frac{CU_{\max}^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2} \Rightarrow L = C \frac{U_{\max}^2}{I_{\max}^2}.$$

Треба врахувати, що $\lambda = 2\pi c \sqrt{LC}$. Остаточного маємо

$$L = \frac{\lambda U_{\max}}{2\pi c I_{\max}} = \frac{62,8 \cdot 1,8}{2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ Гн}.$$

33. Відповідь: 87,5. З формули $\lambda = 2\pi c \sqrt{LC}$ випливає $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$. Якщо паралельно до конденсатора змінної ємності додати $C_{\text{дод}}$, то $\frac{\lambda'_2}{\lambda'_1} = \sqrt{\frac{C_2 + C_{\text{дод}}}{C_1 + C_{\text{дод}}}}$. За умовою задачі

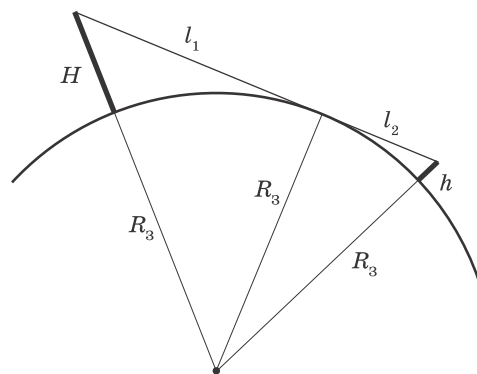
$$\frac{\lambda'_2}{\lambda'_1} = \sqrt{\frac{C_2 + C_{\text{дод}}}{C_1 + C_{\text{дод}}}} = 3. \text{ Остаточного отримуємо:}$$

$$\frac{C_2 + C_{\text{дод}}}{C_1 + C_{\text{дод}}} = 9 \Rightarrow C_2 + C_{\text{дод}} = 9C_1 + 9C_{\text{дод}} \Rightarrow C_{\text{дод}} = \frac{C_2 - 9C_1}{8} = 87,5 \text{ пФ}.$$

34. Відповідь: 12. Якщо локатор працює на довжині хвилі 4,5 см, то період високочастотних коливань становить $T = \frac{\lambda}{c} = \frac{0,045}{3 \cdot 10^8} = 1,5 \cdot 10^{-10}$ (с). Кількість високочастотних коливань в одному імпульсі тепер легко обчислити: $N = \frac{\tau}{T} = \frac{1,8 \cdot 10^{-6}}{1,5 \cdot 10^{-10}} = 12 \text{ 000}$.

35. Відповідь: 0,6. Поки випромінюється імпульс, радіолокатор неспроможний прийняти відбитий від цілі сигнал. Тому проміжок часу між двома імпульсами $\Delta t = \frac{2L_{\min}}{c}$. Найменша відстань буде $L_{\min} = \frac{c\Delta t}{2} = 600 \text{ м}$.

36. Відповідь: 7. Якщо схематично зобразити передавальну H та прийомну h антени на максимальній відстані, на якій ще можна приймати телепередачі, то отримаємо такий рисунок, де R_3 — радіус Землі.



Для двох прямокутних трикутників маємо:

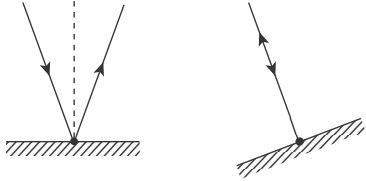
$$L = l_1 + l_2, \quad l_1 = \sqrt{(R_3 + H)^2 - R_3^2} = \sqrt{2R_3H + H^2} \approx \sqrt{2R_3H} \quad (H^2 \ll 2R_3H),$$

$$l_2 \approx \sqrt{2R_3h} \quad (h^2 \ll 2R_3h).$$

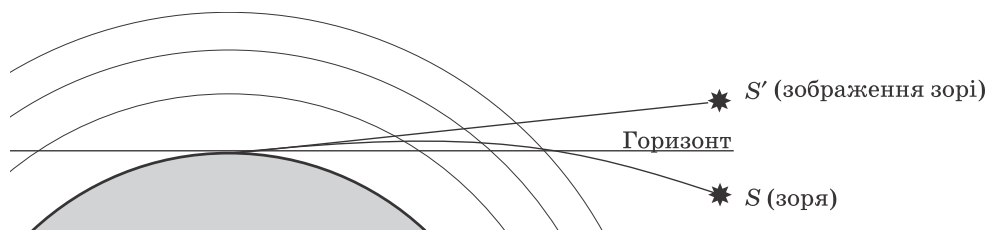
І остаточно:

$$h = \frac{(L - \sqrt{2R_3H})^2}{2R_3} = \frac{(6,6 \cdot 10^4 - \sqrt{2 \cdot 6,4 \cdot 10^6 \cdot 250})^2}{2 \cdot 6,4 \cdot 10^6} = 6,95 \text{ (м)} \approx 7 \text{ (м)}.$$

Геометрична оптика

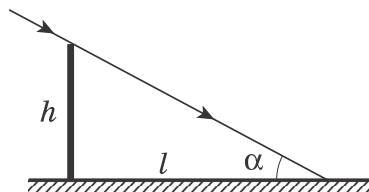
1. **Відповідь: В** Уявне й того самого розміру, що й об'єкт. Вітрина відіграє роль плоского дзеркала.
2. **Відповідь: А** З усіх наданих лінз ця лінза — єдина розсіювальна. Відомо, що розсіювальні лінзи не дають дійсного зображення світних точок.
3. **Відповідь: Г** Діоптрія.
4. **Відповідь: В** Прямолінійного поширення світла.
5. **Відповідь: Б** Відстань між зображенням точки й самою точкою скоротилася на 10 см. Якщо відстань від точки до дзеркала скоротилася на 5 см, то відстань від зображення до дзеркала скоротилася на 5 см. Отже, зображення наблизилося до самої точки на 10 см.
6. **Відповідь: А** 0° . Якщо повернути дзеркало на кут 20° навколо осі, що перпендикулярна до площини рисунку і проходить через точку падіння світлового променя, то перпендикуляр, проведений до поверхні дзеркала в точці падіння, також повернеться на кут 20° і збігатиметься з падаючим променем. За законом відбивання світловий промінь відіб'ється сам у себе, і шуканий кут становитиме 0° (див. рисунок).
 
7. **Відповідь: Г** Відбивається й заломлюється в склі. У разі падіння на границю прозорого середовища з більшою оптичною густиною світлові промені частково відбиваються, а частково заломлюються. Повного відбивання в цьому випадку не може бути, тому що це явище може спостерігатися тільки під час падіння світлового променя на границю прозорого середовища з меншою оптичною густиною, наприклад при переході зі скла в повітря.
8. **Відповідь: А** Середовище 1 має більшу оптичну густину, ніж середовище 2. Відомо, що при переході світлового променя з прозорого середовища з однією оптичною густиною в прозоре середовище з іншою густиною змінюється кут між променем і перпендикуляром, проведеним до границі середовищ у точці заломлення: якщо кут зростає, оптична густина зменшується.
9. **Відповідь: Г** Під час переходу світлового променя з прозорого середовища з більшою оптичною густиною в прозоре середовище з меншою густиною кут між променем і перпендикуляром зростає. На рисунку кут падіння променя на границю двох середовищ відповідає явищу повного відбивання: формально промінь 4 повинен поширюватися вздовж границі, але насправді все світло відбивається назад у перше середовище.

10. **Відповідь: Б** Схід був би пізніше, а захід раніше. За рахунок рефракції світла в атмосфері біля горизонту ми бачимо зорі, які ще не зійшли, або ті, що вже зайшли (див. рисунок).

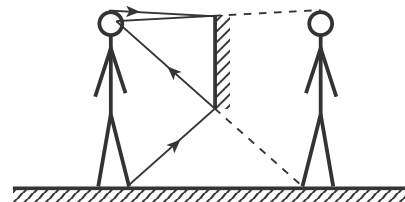


11. **Відповідь: Б** Уявне та зменшене. Зображення будь-яких реальних предметів у розсіювальній лінзі буде уявним та зменшеним.

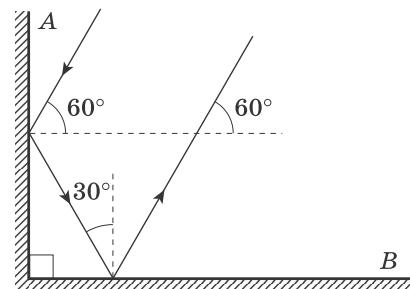
12. **Відповідь: Г** З рисунка бачимо, що $h = l \operatorname{tg} \alpha \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l} = \frac{2}{1,5} = 1,33 \Rightarrow \alpha = 53^\circ$.



13. **Відповідь: А** 95 см. Людині перед дзеркалом буде здаватиметься, що вона бачить своє зображення в натуральний зріст «крізь» дзеркало. Унаслідок того, що дзеркало розташовано на половині відстані між зображенням та людиною, воно відіграє роль середньої лінії для трикутника, основою якого є зображення людини. Тобто мінімальна висота дзеркала може бути в половину зросту людини (див. рисунок).



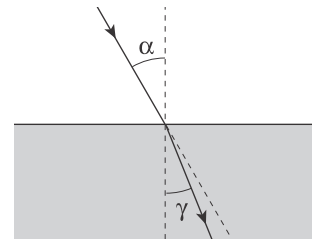
14. **Відповідь: Б** Перше дзеркало змінить напрям поширення світлового променя на кут 120° , і він впаде на друге дзеркало під кутом 30° . Друге дзеркало змінить напрям поширення променя ще на 60° . Тобто промінь змінить напрям поширення на протилежний (див. рисунок). Того ж результату можна досягти в інший спосіб. Якщо розкласти швидкість світла на дві складові: горизонтальну та вертикальну, то легко помітити, що вертикальне дзеркало змінить на протилежний напрям горизонтальної складової швидкості світла. Аналогічно горизонтальне дзеркало змінює на протилежний напрям вертикальної складової швидкості світла. Дві послідовні зміни напрямку складових швидкості на протилежні призводить до зміни напрямку власне швидкості на протилежний.



- 15. Відповідь: В** Знаходячись між двома дзеркалами, можна побачити зображення, утворені променями, що відбиваються від дзеркал або один раз, або двічі. Це означає, що кожне дзеркало дає одне зображення за рахунок однократного відбиття променів від світної точки S і ще одне зображення за рахунок двократного відбиття променів. Тобто дзеркала дають 4 зображення, але побачити можна 3 тому, що два зображення, які утворилися за рахунок двократного відбиття променів від дзеркал, зливаються в одне. Це легко продемонструвати, якщо накреслити відповідні промені.

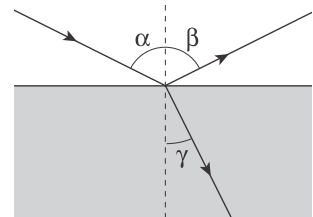
- 16. Відповідь: Б** Згідно із законом заломлення, $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n \Rightarrow \sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{n} = 0,58 \Rightarrow \gamma = 35^\circ$.

- 17. Відповідь: А** Згідно із законом заломлення, $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n \Rightarrow \sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{n} = 0,37 \Rightarrow \gamma = 22^\circ$. Як бачимо, кут між променем і перпендикуляром став 22° , тобто змінився на 8° (див. рисунок).



- 18. Відповідь: Г** Із закону заломлення $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$ і враховуючи $\beta + \gamma = 90^\circ \Rightarrow \alpha + \gamma = 90^\circ \Rightarrow \gamma = 90^\circ - \alpha$ (див. рисунок), отримуємо:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{\sin \alpha}{\sin(90^\circ - \alpha)} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha = 1,33 \Rightarrow \alpha = 53^\circ.$$



- 19. Відповідь: Г** Світлу круглї плями на поверхні басейну утворювати- муть промені, які вийшли з води у повітря. Границя плями відповідатиме променям, які у воді мають кут $\alpha_{\text{повн.відб}}$ падіння на границю з повітрям, що дорівнює куту повного відбиття (див. рисунок). Із закону заломлення світла отримуємо значення кута повного відбиття для води

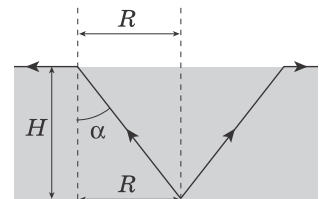
$$\sin \alpha_{\text{повн.відб}} = \frac{1}{n} = \frac{3}{4} \Rightarrow \alpha_{\text{повн.відб}} = 48,6^\circ.$$

Легко бачити, що

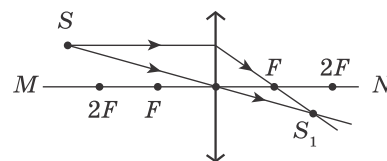
$$R = H \operatorname{tg} \alpha_{\text{повн.відб}} = 2 \operatorname{tg} 48,6^\circ = 2,27 \text{ (м)}.$$

Остаточно для діаметра світлої плями отримуємо

$$D = 2R = 4,5 \text{ м}.$$



20. **Відповідь: Г** Для того щоб побудувати зображення світної точки, використаємо «зручні» промені (див. рисунок).



21. **Відповідь: А** На збиральну лінзу падає світловий промінь, який утворює кут із головною оптичною віссю збиральної лінзи. Тому він заломлюється в лінзі й перетинає головну оптичну вісь у точці, яка розташована між лінзою й головним фокусом. Якби цей промінь був паралельний до головної оптичної осі, він перетинав би її після заломлення в лінзі саме в головному фокусі.
22. **Відповідь: Б** Відомо, що промінь світла, який падає на розсіювальну лінзу паралельно до головної оптичної осі, після заломлення йде так, як виходив би з уявного фокуса лінзи.
23. **Відповідь: В** Розміри зображення менші у 20 разів. З формули збільшення тонкої лінзи отримуємо $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{0,15}{3} = \frac{1}{20}$.

24. **Відповідь: Г** Скористаємося формулою тонкої лінзи

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{0,6} + \frac{1}{0,12} = \frac{6}{0,6} = 10 \text{ (дптр)}.$$

25. **Відповідь: Б** $-12,5$ см. Скористаємося формулою тонкої лінзи $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ і з урахуванням того, що розсіювальна лінза дає уявне зображення реального предмета $f = -0,1$ м, отримуємо:

$$F = \frac{df}{d+f} = \frac{0,5 \cdot (-0,1)}{0,5 - 0,1} = -0,125 \text{ (м)}.$$

26. **Відповідь: В** Для визначення оптичної сили лінзи скористаємося формулою $D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$. З формули збільшення тонкої лінзи отримуємо $f = \Gamma d$. Остаточно:

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{\Gamma d} = \frac{1}{d} \left(1 + \frac{1}{\Gamma} \right) = \frac{1}{0,25} \left(1 + \frac{1}{0,25} \right) = 20 \text{ (дптр)}.$$

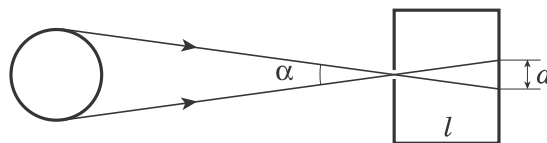
27. 1 – В, 2 – Д, 3 – Г, 4 – Б.

28. 1 – В, 2 – Б, 3 – А, 4 – Г.

29. 1 – Г, 2 – Б, 3 – Д, 4 – А.

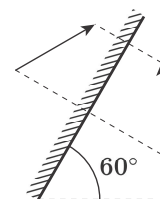
30. 1 – В, 2 – А, 3 – Д, 4 – Г.

31. **Відповідь: 1,4.** У камері-обскури зображення формується за рахунок проходження світлових променів через невеликий отвір (див. рисунок). З рисунка легко отримати залежність діаметра зображення Сонця на задній стінці камери-обскури від відстані до задньої стінки камери $d = l \operatorname{tg} \alpha$. Оскільки кут α дуже малий, можна провести заміну $\operatorname{tg} \alpha = \alpha$, якщо кут узяти в радіанах.

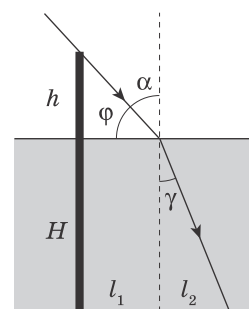


$$\text{Остаточно маємо } \alpha = 0,5^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = \frac{\pi}{360} \text{ рад}.$$

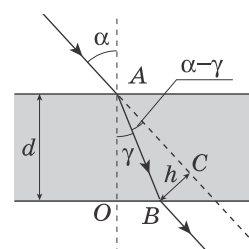
32. **Відповідь: 30.** Зображення в дзеркалі буде розташоване так, як зображено на рисунку. Стрілка утворює з дзеркалом кут 30° . Це означає, що й зображення стрілки утворює кут 30° до дзеркала. Тобто кут між стрілкою та її зображенням — 60° . Оскільки стрілка лежить на перпендикулярі до горизонту, зображення буде розташоване під кутом $90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$ до горизонту.



33. **Відповідь: 22,5.** Довжина тіні l від опори моста на дні озера (див. рисунок) складається з довжини на поверхні води тіні від виступаючої над водою частини опори $l_1 = h \operatorname{tg} \alpha = h \operatorname{tg} (90^\circ - \varphi) = 1$ (м) і довжини тіні на дні озера від зануреної у воду частини опори $l_2 = H \operatorname{tg} \gamma$. Враховуючи, що γ із закону заломлення $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{\sin(90^\circ - \varphi)}{\sin \gamma} = n \Rightarrow \sin \gamma = \frac{\sin(90^\circ - \varphi)}{1,33} = 0,53 \Rightarrow \gamma = 32^\circ$, для l_2 отримуємо $l_2 = 2 \operatorname{tg} 32^\circ = 1,25$ м. Отже $l = l_1 + l_2 = 2,25$ м.



34. **Відповідь: 12.** З трикутника AOB (див. рисунок) товщина пластинки становить $d = AB \cos \gamma$. Для визначення AB треба розглянути трикутник ACB . З цього трикутника для AB отримуємо $AB = \frac{h}{\sin(\alpha - \gamma)}$. Тоді $d = \frac{\cos \gamma}{\sin(\alpha - \gamma)} h$. Кути α і γ пов'язані законом заломлення світла

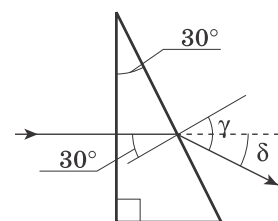


$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n \Rightarrow \sin \gamma = 0,47 \Rightarrow \gamma = 28^\circ.$$

Отже

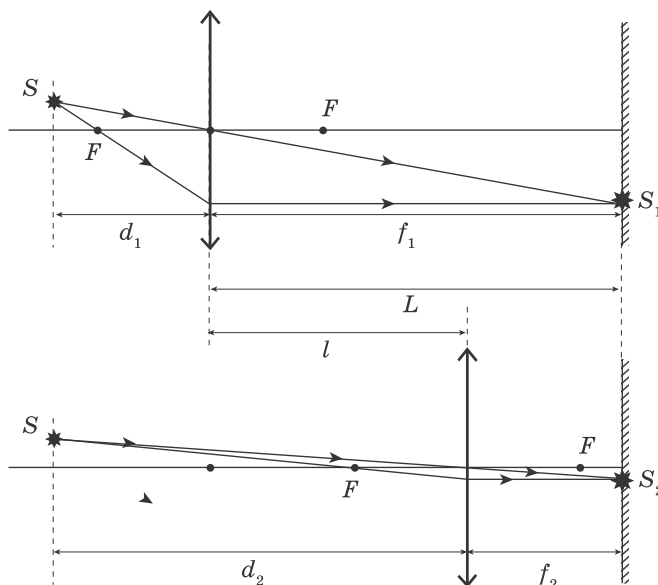
$$d = \frac{\cos 28^\circ}{\sin(45^\circ - 28^\circ)} \cdot 4 = 12 \text{ (мм)}.$$

35. **Відповідь: 18,6.** Оскільки промінь світла падає на бічну поверхню призми перпендикулярно до її площини, то він проходить її, не змінюючи напрямку (див. рисунок), і падає на другу бічну поверхню призми під кутом 30° . Цей кут менший за кут повного відбивання під час падіння світла на поверхню скло — повітря $\sin \alpha_{\text{повн.відб}} = \frac{1}{n} = \frac{2}{3} \Rightarrow \alpha_{\text{повн.відб}} = 41,8^\circ$ і тому



промінь заломлюється й виходить із призми під кутом $\frac{\sin 30^\circ}{\sin \gamma} = \frac{1}{n} \Rightarrow \sin \gamma = 0,75 \Rightarrow \gamma = 48,6^\circ$, до перпендикуляра, проведеного в точку виходу променя. З рисунка бачимо, що кут, на який відхилився промінь від первинного напрямку, дорівнює $\delta = 48,6^\circ - 30^\circ = 18,6^\circ$.

36. **Відповідь: 37,5.** Якщо зобразити на рисунку два положення лінзи, за яких на екрані утворюються два дійсні зображення (див. рисунок), то можна легко зрозуміти (з принципу оберненості світлових променів), що $d_1 = f_2$, $d_2 = f_1$. Скористаємося цим і запишемо формулу тонкої лінзи $\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}$. Крім того, $L = d_1 + d_2$, $l = d_2 - d_1$. Звідси $d_1 = \frac{L-l}{2}$, $d_2 = \frac{L+l}{2}$. Підставляємо це у формулу тонкої лінзи $\frac{1}{F} = \frac{2}{L-l} + \frac{2}{L+l}$ й остаточно отримуємо $F = \frac{L^2 - l^2}{2Ll} = \frac{4-1}{8} = 0,375$ (м).



Хвильова оптика

1. **Відповідь: Б** Видимого світла. До видимого світла належать електромагнітні хвилі в діапазоні від 400 до 780 нм.
2. **Відповідь: Б** Більша за довжину хвилі рентгенівського випромінювання.
3. **Відповідь: В** Дисперсії світла.
4. **Відповідь: Г** Інтерференції світла. Це приклад інтерференції в тонких плівках.
5. **Відповідь: В** Частота не змінюється, довжина хвилі зменшується. Згідно з принципом Гюйгенса — Френеля, кожна точка середовища, до якої дійшла хвиля, стає джерелом вторинних хвиль. З цього випливає, що кожна послідовна точка на шляху поширення хвилі здійснює коливання з частотою падаючої хвилі. Отже, частоти хвилі не змінюються. Довжина хвилі змінюється за рахунок зміни швидкості поширення хвилі.
6. **Відповідь: В** Інтерференції світла. На екрані відбувається додавання когерентних коливань: для одних точок екрана справедливим є умова мінімуму, а для інших — умова максимуму, тому на екрані спостерігається стійка інтерференційна картина.

7. **Відповідь: А** Для спостереження дифракції на шляху світла потрібно розмістити досить маленьку перешкоду.
8. **Відповідь: Б** У людському оці три типи кольорових світлових рецепторів. Весь багатокольоровий світ ми бачимо завдяки тому, що людське око містить три типи кольорових рецепторів. Ці рецептори мають максимуми чутливості для частот, які відповідають червоному, зеленому та блакитному кольорам.
9. **Відповідь: Г** Якщо падаюче світло спектрально чисте, це означає, що в ньому наявні коливання тільки однієї частоти (або коливання, які лежать у досить вузькій смузі поблизу певної частоти). Аркуш паперу здається нам синім тому, що він відбиває світло, частота якого відповідає синьому кольору. Світло з іншими частотами цей аркуш практично повністю поглинає. Тобто світло з частотою, яка відповідає жовтому світлу, цей аркуш поглинає і здаватиметься чорним за освітлення цим світлом.
10. **Відповідь: В** $6 \cdot 10^{14}$ Гц. До видимого світла належать електромагнітні хвилі в діапазоні від 400 до 780 нм у вакуумі. Це відповідає частотам від $3,8 \cdot 10^{14}$ до $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц.
11. **Відповідь: Б** Когерентними.
12. **Відповідь: А** Утворення тіні. Розміри кульки досить великі порівняно з довжиною хвилі видимого світла, тому дифракція не спостерігатиметься — діятимуть закони геометричної оптики. Більш жорстка умова полягає в тому, що навіть у теорії дифракції Френеля розміри кульки великі, оскільки дифракція спостерігатиметься, якщо розміри кульки будуть $\sqrt{\lambda R} \sim 10^{-3}$ м.
13. **Відповідь: В** Зменшується в 1,5 разу. Згідно з принципом Гюйгенса — Френеля, кожна точка середовища, до якої дійшла світлова хвиля, стає джерелом вторинних світлових хвиль. З цього випливає, що кожна послідовна точка на шляху поширення світлової хвилі здійснює коливання з частотою падаючої світлової хвилі. Отже, частота світла при переході з вакууму у скло не змінюється. Довжина світлової хвилі зменшується в 1,5 разу за рахунок зменшення швидкості поширення світла в 1,5 разу.
14. **Відповідь: Б** Не змінюється. Згідно з принципом Гюйгенса — Френеля, кожна точка середовища, до якої дійшла світлова хвиля, стає джерелом вторинних світлових хвиль. З цього випливає, що кожна послідовна точка на шляху поширення світлової хвилі здійснює коливання з частотою падаючої світлової хвилі. Отже, частота світла при переході з бензолу в повітря не змінюється.
15. **Відповідь: Г** На екрані в певному порядку чергуються темні та світлі ділянки, у центрі екрана — світла пляма. На екрані відбувається додавання когерентних коливань: для одних точок екрана справедливою є умова мінімуму, а для інших — умова максимуму, тому на екрані спостерігається стійка інтерференційна картина: у певному порядку чергуються темні та світлі ділянки. Для центральної точки екрана, який розташовано на однаковій відстані від джерел світла, виконується умова максимуму, тому в центрі екрана спостерігається світла пляма.
16. **Відповідь: А** Хвилі приходять у дану точку в протифазі. Якщо різниця ходу двох когерентних хвиль з однаковою початковою фазою дорівнює довжині хвилі, то різниця фаз коливань у точці спостереження дорівнює 2π . Тобто в разі різниці ходу в півтори довжини хвилі різниця фаз коливань дорівнює 3π , що рівнозначно різниці фаз π . Якщо різниця фаз двох коливань дорівнює π , такі коливання називають протифазними.

- 17. Відповідь: В** Якщо в даній точці простору спостерігається інтерференційний мінімум, це означає, що різниця ходу двох хвиль до точки спостереження дорівнює $\Delta = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$. Відповідно довжина хвилі може бути $\lambda = \frac{2 \cdot \Delta}{2k+1} = 4900 \text{ нм}, 1633 \text{ нм}, 980 \text{ нм}, 700 \text{ нм}, 544 \text{ нм}, 445 \text{ нм}$. З наведених варіантів цій умові відповідає тільки $\lambda = 700 \text{ нм}$.
- 18. Відповідь: В** Фази хвиль у даній точці збігаються. Якби початкові фази хвиль були однакові, у точці спостереження за рахунок різниці ходу в половину довжини хвилі різниця фаз коливань була б π . До цієї різниці треба додати різницю початкових фаз (також π), й остаточна різниця становить 2π , що відповідає сінфазним коливанням (тобто коливанням, які здійснюються в одній фазі).
- 19. Відповідь: Г** Якщо в даній точці простору спостерігається інтерференційний максимум, це означає, що різниця ходу двох хвиль до точки спостереження дорівнює $\Delta = k\lambda$. Відповідно різниця ходу може бути $\Delta = k\lambda = 0, 500 \text{ нм}, 1000 \text{ нм}, 1500 \text{ нм}$. З наведених варіантів цій умові відповідає тільки $\Delta = 1000 \text{ нм}$.
- 20. Відповідь: Б.** Умовою мінімуму інтерференційної картини є вираз $\Delta = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$. Мінімальним значення різниці ходу буде за $k = 0$. Тобто $\Delta = \frac{\lambda}{2}$. Враховуючи, що довжина хвилі в склі менша за довжину хвилі у вакуумі в n разів, де n — показник заломлення скла, отримуємо:

$$\Delta = \frac{c}{2nv} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 1,5 \cdot 4 \cdot 10^{14}} = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ (м)}.$$

- 21. Відповідь: В** Зменшити коефіцієнт відбиття для певної довжини хвилі видимого світла. За рахунок інтерференції в тонкій плівці інтенсивність відбитого світла на довжині хвилі близько 550 нм зменшується практично до нуля. Відповідно на цій довжині хвилі зростає інтенсивність світла, яке проходить крізь лінзу. Завдяки цьому у відбитих променях просвітлена оптика здається бузковою.
- 22. Відповідь: Б** Інтерферометр.
- 23. Відповідь: Г** Інтерференції світлових хвиль, відбитих від нижньої поверхні лінзи й плоскої поверхні скла. Уперше це явище спостерігав та описав І. Ньютон, тому ці концентричні темні та світлі кола отримали назву «кільця Ньютона».
- 24. Відповідь: В** Умова максимумів для дифракційної ґратки має вигляд $d \sin \varphi = k\lambda$. З умови максимуму для дифракційної ґратки (для $k = 2$) отримуємо

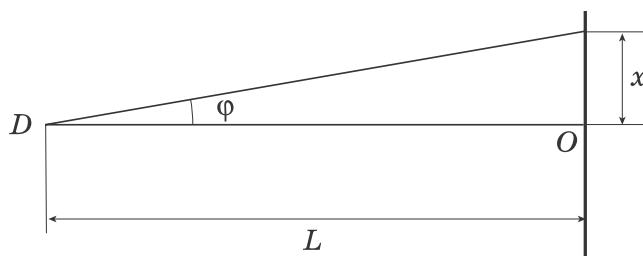
$$\sin \varphi = \frac{2\lambda}{d} = 0,1 \Rightarrow \varphi = 5,7^\circ.$$

- 25. Відповідь: Б** 40 штрихів. Коли на дифракційну ґратку падає вузький пучок монохроматичного світла, то в разі проходження крізь ґратку він утворює систему максимумів 0-го, 1-го, 2-го та більш високих порядків (див. рисунок, на якому зображені світлові пучки, які йдуть від решітки на екран й утворюють максимум 0-го та 1-го порядків, для спрощення на рисунку зображено тільки один пучок 1-го порядку). Умова максимумів для дифракційної ґратки має вигляд $d \sin \varphi = k\lambda$. Оскільки кут φ малий, $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi$. З рисунка бачимо, що

$\operatorname{tg} \varphi = \frac{x}{L}$. З умови максимуму для дифракційної ґратки (для $k=1$) отримуємо

$$d = \frac{\lambda L}{x} = \frac{5 \cdot 10^{-7} \cdot 2}{0,04} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ (м)}.$$

Цей результат означає, що на 1 м решітки міститься 40 000 штрихів, або 40 штрихів на 1 мм.



26. Відповідь: Г 6 см. Умова максимумів для дифракційної ґратки має вигляд $d \sin \varphi = k \lambda$. Оскільки кут φ малий, $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi$. З рисунка (див. попередню задачу) бачимо,

що $\operatorname{tg} \varphi = \frac{x}{L}$. З умови максимуму для дифракційної ґратки (для $k=1$) отримуємо:

$$x = \frac{\lambda L}{d} = \frac{6 \cdot 10^{-7} \cdot 1}{1 \cdot 10^{-5}} = 0,06 \text{ (м)}.$$

27. 1 – Б, 2 – А, 3 – Г, 4 – Д.

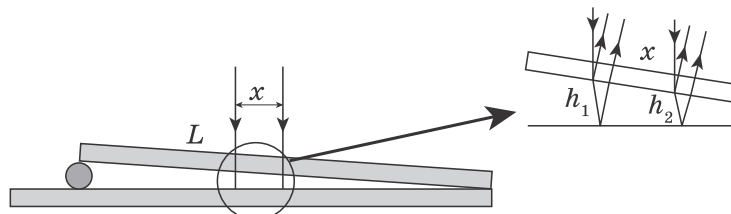
28. 1 – Д, 2 – Г, 3 – В, 4 – Б.

29. 1 – Д, 2 – Б, 3 – В, 4 – А.

30. 1 – Б, 2 – В, 3 – Д, 4 – Г.

31. Відповідь: 0,125. Різниця ходу для світлових хвиль, які відбилися від верхньої та нижньої поверхонь плівки, під час її висихання зменшується. Щоб мінімум (чорна поверхня) змінився на максимум (червона поверхня), потрібно змінити різницю ходу світлових хвиль мінімум на половину довжини хвилі $\Delta = \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2nv}$. З урахуванням того, що світло проходить прозору плівку рідини двічі (вниз і вгору), отримуємо мінімальну висоту $\Delta h = \frac{\Delta}{2} = \frac{c}{4nv} = 1,25 \cdot 10^{-7} \text{ м}.$

32. Відповідь: 50. Світло падає на тонкий повітряний клин між двома пластинками (див. рисунок).



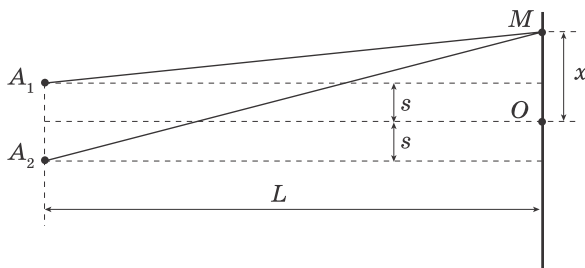
У кожній точці пластинки дві світлові хвилі, відбиті від нижньої поверхні верхньої пластинки та поверхні нижньої пластинки, додаються одна до одної і внаслідок інтерференції підсилюють або послаблюють одна одну. Максимум і мінімум будуть визначатися товщиною повітряного клину в точці спостереження. Треба

тільки врахувати, що світло проходить повітряний клин двічі: вниз і вгору. Якщо позначити товщину повітряного клину в сусідніх точках, де проходять світлі смужки (тобто спостерігаються максимуми), то для різниці висот у цих точках можна отримати таке співвідношення: $2h_2 - 2h_1 = \lambda \Rightarrow \Delta h = \frac{\lambda}{2}$. З другого боку, відношення $\frac{\Delta h}{x}$ дорівнює тангенсу кута при вершині клина $\frac{D}{L}$. Отже, остаточно отримуємо: $D = \frac{\lambda}{2x} L = \frac{5 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,1 = 5 \cdot 10^{-5}$ (м).

33. Відповідь: 6.

У точці O буде інтерференційний максимум освітленості (різниця ходу світлових променів дорівнює нулю). У точці M наступного максимуму (див. рисунок) різниця ходу світлових хвиль дорівнює довжині хвилі λ . Ця умова приводить до рівняння $\sqrt{L^2 + (x+s)^2} - \sqrt{L^2 + (x-s)^2} = \lambda$, де $s = A_1 A_2 / 2$. Скориставшись малістю x і s порівняно з L , можна спростити останнє рівняння. Помноживши та розділивши його ліву частину на вираз $\sqrt{L^2 + (x+s)^2} + \sqrt{L^2 + (x-s)^2}$, який приблизно дорівнює $\sqrt{L^2 + (x+s)^2} + \sqrt{L^2 + (x-s)^2} \approx \sqrt{L^2} + \sqrt{L^2} = 2L$, визначаємо:

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{(\sqrt{L^2 + (x+s)^2} - \sqrt{L^2 + (x-s)^2})(\sqrt{L^2 + (x+s)^2} + \sqrt{L^2 + (x-s)^2})}{\sqrt{L^2 + (x+s)^2} + \sqrt{L^2 + (x-s)^2}} = \\ &= \frac{(L^2 + (x+s)^2) - (L^2 + (x-s)^2)}{2L} = \frac{(x+s)^2 - (x-s)^2}{2L} = \frac{2x \cdot 2s}{2L} = \frac{2xs}{L}. \end{aligned}$$

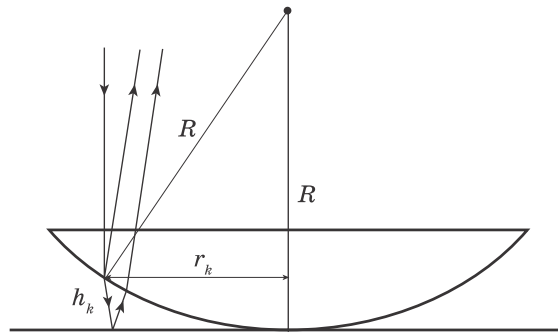


Отже, остаточно:

$$x = \frac{\lambda L}{2s} = \frac{\lambda L}{A_1 A_2} = \frac{6 \cdot 10^{-7} \cdot 5}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}.$$

34. Відповідь: 50.

Світлова хвиля, яка відбивається від зовнішньої (верхньої) поверхні тонкого шару повітря між випуклою лінзою та плоским дзеркалом (тобто від границі скло — повітря), не втрачає $\frac{\lambda}{2}$, а хвиля, яка відбивається від плоского дзеркала (тобто від границі повітря — скло), втрачає $\frac{\lambda}{2}$. Різницею ходу для світла, яке відбивається від границь шару повітря, буде $\Delta = 2h + \frac{\lambda}{2}$. З другого боку, умова мінімуму (темне кільце) — $\Delta = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$. Для товщини шару повітря в місці, де проходить k -те темне кільце, маємо: $2h_k + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \Rightarrow h_k = k\frac{\lambda}{2}$ (див. рисунок).

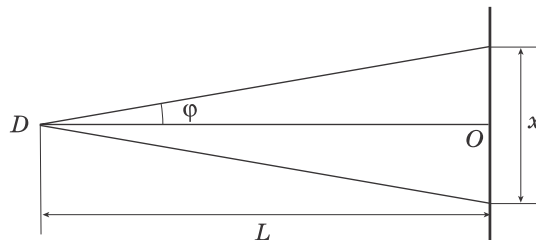


Товщина шару також входить у формулу для обчислення радіуса k -го темного кільця

$$r_k^2 = R^2 - (R - h_k)^2 = 2Rh_k + h_k^2 \approx 2Rh_k = kR\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{r_k^2}{kR} = \frac{0,003^2}{3 \cdot 6} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ (м)}.$$

35. Відповідь: 4. З умови максимумів для дифракційної ґратки $d \sin \varphi = k\lambda$ можна отримати вираз для номера максимуму $k = \frac{d \sin \varphi}{\lambda}$. Для максимального номеру максимуму кут відхилення дорівнює $\varphi = 90^\circ \Rightarrow \sin 90^\circ = 1$. Остаточоно: $k = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,0024}{0,0006} = 4$.

36. Відповідь: 50. З умови максимумів для дифракційної ґратки $d \sin \varphi = k\lambda$ маємо $\lambda = \frac{d \sin \varphi}{k}$. Оскільки для максимуму першого порядку кут відхилення φ малий, $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi$. З рисунка бачимо, що $\operatorname{tg} \varphi = \frac{x}{2L}$.



$$\text{Остаточоно: } \lambda = \frac{dx}{2L} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{50} \cdot 0,1 = \frac{1 \cdot 10^{-4}}{200} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ (м)}.$$

СТВ, квантова оптика, атомна та ядерна фізика

- Відповідь: В** У будь-якій інерціальній системі відліку швидкість світла дорівнює c .
- Відповідь: Б** За релятивістським законом додавання швидкостей тіл, що рухаються вздовж однієї прямої, отримуємо:

$$v_{\text{снаряд-Земля}} = \frac{v_{\text{снаряд-ракета}} + v_{\text{снаряд-Земля}}}{1 + \frac{v_{\text{снаряд-ракета}} \cdot v_{\text{снаряд-Земля}}}{c^2}} = \frac{0,5c + 0,8c}{1 + \frac{0,5c \cdot 0,8c}{c^2}} = 0,93c.$$

3. **Відповідь: Г** Менша в 2 рази. Повна енергія тіла складається з кінетичної та енергії спокою $W = W_k + W_0$. За умовою задачі $W = 1,5W_0$. Тобто

$$1,5W_0 = W_k + W_0 \Rightarrow \frac{W_0}{W_k} = \frac{W_0}{0,5W_0} = 2.$$

4. **Відповідь: Б** Повна енергія тіла, яке рухається зі швидкістю v , дорівнює $W = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

і складається з кінетичної енергії та енергії спокою $W = W_k + W_0$. За умовою задачі $W_k = 4W_0$. Тому

$$\frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 4mc^2 + mc^2 \Rightarrow \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{5} \Rightarrow v = \frac{\sqrt{24}}{5}c = 0,98c.$$

5. **Відповідь: В** В електричному полі електрон набув кінетичної енергії $W_k = eU$. З другого боку, кінетична енергія тіла $W_k = W - W_0 = \frac{m_e c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_e c^2$. Для швидкості руху елек-

трона в частках швидкості світла звідси отримуємо:

$$\frac{m_e c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_e c^2 = eU \Rightarrow \frac{v}{c} = \sqrt{1 - \left(\frac{m_e c^2}{eU + m_e c^2} \right)^2}.$$

Для того щоб легше було обчислювати швидкість, окремо обчислимо енергію спокою електрона в еВ: $W_0 = m_e c^2 = 0,000\,55 \cdot 931,5 = 0,5$ (МеВ). З урахуванням

цього $v = c \sqrt{1 - \left(\frac{0,5}{1 + 0,5} \right)^2} = 0,94c$.

6. **Відповідь: А** $2,6 \cdot 10^8$ т. З формули $W = mc^2$ випливає, що

$$m = \frac{Pt}{c^2} = \frac{3,85 \cdot 10^{26} \cdot 60}{9 \cdot 10^{16}} = 2,57 \cdot 10^{11} \text{ (кг)}.$$

7. **Відповідь: В** Під час руху всі тіла в напрямку руху скорочуються внаслідок релятивістських ефектів $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. За умовою задачі $\frac{l_0}{l} = 1,5$. Звідси швидкість руху ракети:

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{2}{3} \Rightarrow v = \frac{\sqrt{5}}{3}c \approx 0,75c.$$

8. **Відповідь: В** 1,7. У рухомій системі відліку тривалість будь-яких процесів збільшується

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \text{ Тому } \frac{\tau}{\tau_0} = \frac{c}{\sqrt{c^2 - v^2}} = \frac{c}{\sqrt{c^2 - 0,64c^2}} \approx 1,7.$$

9. **Відповідь: В** Фотоефекті.
10. **Відповідь: В** $h\nu$. Електромагнітна енергія може поглинатися тільки квантами $W = h\nu$.
11. **Відповідь: Б** Імпульс фотона обчислюється за формулою:

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{5 \cdot 10^{-7}} \approx 1,3 \cdot 10^{-27} \left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \right).$$

12. **Відповідь: Г** Енергія $W = P\tau$, яку випромінює лазер, складається з енергій квантів електромагнітної енергії — фотонів: $W = N h\nu = N \frac{hc}{\lambda}$. Отримуємо для кількості фотонів, що випромінюються щосекунди:

$$N_{\tau} = \frac{N}{\tau} = \frac{\lambda P}{hc} = \frac{6,5 \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 10^{-2}}{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} \approx 3,3 \cdot 10^{16} (\text{с}^{-1}).$$

13. **Відповідь: В** Під час падіння й поглинання фотона поверхнею тіла, за законом збереження імпульсу, тілу буде передано весь імпульс фотона

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{6 \cdot 10^{-7}} \approx 1,1 \cdot 10^{-27} \left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \right).$$

14. **Відповідь: В** Довжини хвилі світла.

15. **Відповідь: Б** За рівнянням Ейнштейна для фотоефекту маємо $W_e = h\nu - A_i = 2,5 (\text{еВ})$.

16. **Відповідь: В** За рівнянням Ейнштейна для фотоефекту $h\nu = W_e + A_i$. З рисунка бачимо, що $A_i = 2 \text{ еВ}$ (роботу виходу можна визначити в разі перетинання графіком частоти осі затримувальної напруги). Тому $h\nu = 3 \text{ еВ}$. Слід врахувати, що $1 \text{ еВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$, тобто

$$\nu = \frac{3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,626 \cdot 10^{-34}} = 7,2 \cdot 10^{14} (\text{Гц}).$$

17. **Відповідь: А** За рівнянням Ейнштейна для фотоефекту $h\nu = \frac{m_e v_e^2}{2} + h\nu_{\text{гран}} = \frac{m_e v_e^2}{2} + \frac{hc}{\lambda_{\text{гран}}}$ для максимальної швидкості фотоелектронів v_e отримуємо:

$$v_e = \sqrt{\frac{2h(\nu - \frac{c}{\lambda_{\text{гран}}})}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,626 \cdot 10^{-34} (7,5 \cdot 10^{14} - \frac{3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{-7}})}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 4,7 \cdot 10^5 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

18. **Відповідь: В** Випромінювання фотона з найменшою енергією — 3; поглинання фотона з найбільшою енергією — 2. Якщо електрон переходить з нижнього на верхній рівень, квант електромагнітної енергії поглинається, якщо з верхньої на нижній — випромінюється. Енергія кванта пропорційна «відстані» між рівнями.

19. **Відповідь: Б** 1 — накачка, 2 — перехід на метастабільний рівень, 3 — перехід на основний рівень.

20. **Відповідь: Г** Пучок 1 — α -випромінювання, пучок 2 — γ -випромінювання, пучок 3 — β -випромінювання. У магнітному полі на заряджені частинки, що рухаються перпендикулярно до ліній індукції, діє сила Лоренца. З рисунка видно, що пучок 2 не відчуває дії магнітного поля, — це нейтральне γ -випромінювання. На-

прям дії сили Лоренца можна визначити за правилом лівої руки, яку потрібно розташувати так, щоб чотири пальці вказували напрям руху частинок, а лінії індукції магнітного поля входили в долоню. Великий палець лівої руки, відігнутий на 90° , вказуватиме напрям дії сили на позитивні частинки. З рисунка ми бачимо, що це пучок 1 — α -випромінювання. Напрямок сили Лоренца, що діє на пучок 3, протилежний напрямку, який вказує великий палець лівої руки, — частинки цього пучка мають негативний заряд, тобто це β -випромінювання.

21. **Відповідь: А** $0,1\%$. За законом радіоактивного розпаду $N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}$ для умови задачі отримуємо $\frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{t}{T}} = 2^{-\frac{300}{30}} = 2^{-10} = \frac{1}{1024} \approx 0,001$. Це число у відсотках становить $0,1\%$.
22. **Відповідь: В** 234. Нейтрон — це один із нуклонів. Випромінювання одного нуклона ядром призводить до відповідного зменшення кількості нуклонів у ядрі.
23. **Відповідь: Б** ${}^{239}_{93}\text{Np}$. Реакція відбулася за схемою ${}^{238}_{92}\text{U} + {}^1_0n \rightarrow {}^{239}_{93}\text{Np} + {}^0_{-1}e$. Під час реакції мають зберігатися масове число (кількість нуклонів) та загальний заряд частинок.
24. **Відповідь: Б** ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0n \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$. Під час реакції мають зберігатися масове число (кількість нуклонів) та загальний заряд частинок.
25. **Відповідь: В** Було поглинуто $9,31 \text{ MeV}$. З формули $W = mc^2$ випливає, що в разі збільшення маси частинок, які беруть участь у реакції, енергія поглиналась. Треба тільки врахувати, під час підстановки у формулу маси, що зросла, в а.о.м. $c^2 = 931,5 \text{ MeV}$.
26. **Відповідь: Б** Нейтрони поглинаються переважно ядрами Урану-238 без подальшого поділу ядер.
27. 1 — Г, 2 — В, 3 — Д, 4 — А.
28. 1 — В, 2 — Г, 3 — Д, 4 — Б.
29. 1 — Г, 2 — Б, 3 — Д, 4 — В.
30. 1 — В, 2 — Б, 3 — А, 4 — Г.
31. **Відповідь: 2.** Під час відбивання фотона від дзеркальної поверхні, згідно із законом збереження імпульсу, фотон передає дзеркалу імпульс, вдвічі більший за імпульс фотона $p_{\text{дз}} = 2p_{\text{фотона}}$. Для обчислення сили, з якою випромінювання діє на дзеркало, скористаємося другим законом Ньютона в імпульсній формі:
- $$F = \frac{\Delta p_{\text{дз}}}{\Delta t} = \frac{N p_{\text{дз}}}{\Delta t} = 2 \frac{N p_{\text{фотона}}}{\Delta t} = 2 \frac{N \frac{h}{\lambda}}{\Delta t} = 2 \frac{Nh}{\lambda \Delta t}.$$
- З урахуванням $P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{N W_{\text{фотона}}}{\Delta t} = \frac{N h \nu}{\Delta t} = \frac{N h c}{\lambda \Delta t} \Rightarrow \frac{Nh}{\lambda \Delta t} = \frac{P}{c}$ отримуємо:
- $$F = 2 \frac{P}{c} = 2 \cdot \frac{0,3}{3 \cdot 10^8} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ (Н)}.$$
32. **Відповідь: 0,62.** З вольт-амперної характеристики можна визначити силу струму насичення фотоелемента $I_{\text{насич}} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{N_e e}{\Delta t}$. Це дасть нам кількість електронів, які досягають

анода фотоелемента щосекунди $N_e = \frac{I_{\text{нас}} \Delta t}{e}$. Кількість фотонів, які падають на катод, за умовою задачі у 100 більше $N_{\text{фот}} = 100 \frac{I_{\text{нас}} \Delta t}{e}$. Якщо щосекунди лазер випромінює таку кількість фотонів, то його потужність становить:

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{N_{\text{фот}} h\nu}{\Delta t} = \frac{N_{\text{фот}} hc}{\lambda \Delta t} = 100 \frac{I_{\text{нас}} hc}{\lambda e} =$$

$$= 100 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{-7} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 6,2 \cdot 10^{-4} \text{ (Вт)}.$$

33. Відповідь: 11,4. За рахунок радіоактивного розпаду кількість радіоактивного вуглецю зменшилася в 4 рази. Із закону радіоактивного розпаду випливає, що зменшення кількості радіоактивних атомів в 4 рази відбувається за два періоди піврозпаду (за один період піврозпаду кількість радіоактивних атомів зменшується в 2 рази). Тому вік деревини зі стародавнього поселення становить 11,4 років.

34. Відповідь: 15. Запишемо сумарні маси частинок, які беруть участь у цій ядерній реакції, до і після реакції. $M_{\text{до реакції}} = 7,016\,01 + 2,014\,10 = 9,030\,11$ а.о.м., $M_{\text{після реакції}} = 8,005\,31 + 1,008\,66 = 9,013\,97$ а.о.м. Під час реакції маса зменшується. Тобто енергія виділяється у вигляді кінетичної енергії частинок: $W = (M_{\text{до реакції}} - M_{\text{після реакції}}) c^2 = (9,03011 - 9,01397) \cdot 931,5 = 15$ (MeV).

35. Відповідь: 2,8. Запишемо рівняння ядерної реакції, про яку йдеться в задачі, — ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$. Знайдемо енергетичний вихід ядерної реакції:

$$W = (M_{\text{до реакції}} - M_{\text{після реакції}}) c^2 = [(7,016\,01 + 1,007\,83) - 2 \cdot 4,00260] \cdot 931,5 =$$

$$= 17,4 \text{ (MeV)}.$$

(масу ${}^1_1\text{H}$ беремо як масу атома Гідрогену, щоб у балансі мас врахувати маси всіх електронів). За законом збереження імпульсу, сумарний імпульс двох α -частинок має дорівнювати імпульсу протона до реакції $\vec{p}_{\text{H}} = \vec{p}_{1\text{He}} + \vec{p}_{2\text{He}}$. Сумарна кінетична енергія α -частинок більша за кінетичну енергію протона на W . Оскільки кінетичні енергії частинок набагато менші від енергій спокою, ми маємо справу з нерелятивістським випадком. Запишемо ще раз закон збереження імпульсу:

$m_{\text{H}} \vec{v}_{\text{H}} = m_{\text{He}} \vec{v}_{1\text{He}} + m_{\text{He}} \vec{v}_{2\text{He}}$ і $W_0 + W = 2 \frac{m_{\text{He}} v_{\text{He}}^2}{2} = m_{\text{He}} v_{\text{He}}^2$, де $W_0 = \frac{m_{\text{H}} v_{\text{H}}^2}{2}$ — енергія протона до реакції. Оскільки α -частинки однакові, модулі швидкостей обох α -частинок однакові. Якщо піднести закон збереження імпульсу до квадрата, то ми отримуємо $m_{\text{H}}^2 v_{\text{H}}^2 = 2m_{\text{He}}^2 v_{\text{He}}^2 + 2m_{\text{He}}^2 v_{\text{He}}^2 \cos \varphi = 2m_{\text{He}}^2 v_{\text{He}}^2 (1 + \cos \varphi)$, де φ — кут, під яким розлітаються α -частинки після реакції. Звідси:

$$\frac{m_{\text{H}} v_{\text{H}}^2}{2} = \frac{m_{\text{He}}^2 v_{\text{He}}^2 (1 + \cos \varphi)}{m_{\text{H}}} = W_0 \Rightarrow v_{\text{He}}^2 = \frac{m_{\text{H}} W_0}{m_{\text{He}}^2 (1 + \cos \varphi)}.$$

Підставимо значення квадрата швидкості α -частинки в закон збереження енергії: $W + W_0 = \frac{m_H W_0}{m_{He}(1 + \cos\varphi)} \Rightarrow \cos\varphi = \frac{m_H W_0}{m_{He}(W_0 + W)} - 1 = -0,944$. Кут, якому відповідає таке значення косинуса, дорівнює 160° . Залишилося перевести цей кут у радіани.

- 36. Відповідь: 5,3.** ККД електростанції становить 20%. Тому енергія, яка вивільняється в результаті реакцій поділу атомів урану в реакторі за добу, становить $W = \frac{1}{0,2} P\tau = 5P\tau$. З другого боку, цю енергію можна обчислити за формулою $W = N W_{\text{поділу}} = \frac{m}{M} N_A W_{\text{поділу}}$. Враховуючи, що $200 \text{ MeV} = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$, остаточно отримуємо:

$$m = \frac{5P\tau M}{N_A W_{\text{поділу}}} = \frac{5 \cdot 1 \cdot 10^9 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,235}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 3,2 \cdot 10^{-11}} \approx 5,3 \text{ (кг)}.$$

Тести у форматі ЗНО-2012

Завдання	Відповідь		Завдання	Відповідь	
	тест 1	тест 2		тест 1	тест 2
1	А	В	14	Б	Г
2	А	А	15	А	А
3	Б	В	16	В	В
4	В	Г	17	А	Б
5	Б	В	18	Б	А
6	Г	В	19	Г	В
7	В	Б	20	А	В
8	Б	Г	21	А	Б
9	Г	В	22	Г	В
10	А	Б	23	Б	В
11	Б	Б	24	В	Б
12	Г	А	25	А	Б
13	В	Б	26	Б	В

Завдання	Відповідь	
	тест 1	тест 2
27	1 — Б, 2 — Д, 3 — Г, 4 — А	1 — В, 2 — Д, 3 — Б, 4 — Г
28	1 — Б, 2 — В, 3 — Г, 4 — А	1 — Д, 2 — А, 3 — В, 4 — Г
29	1 — А, 2 — В, 3 — Г, 4 — Б	1 — Д, 2 — Г, 3 — В, 4 — Б
30	1 — Д, 2 — В, 3 — А, 4 — Б	1 — В, 2 — А, 3 — Г, 4 — Б

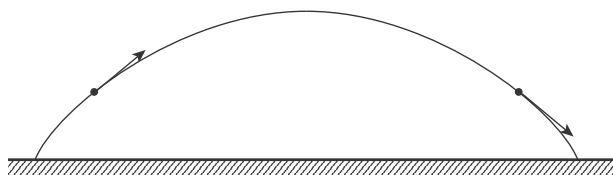
Завдання	Відповідь		Завдання	Відповідь	
	тест 1	тест 2		тест 1	тест 2
31	2	50	34	131	31
32	1,7	28,6	35	36	0,5
33	3,8	28,8	36	500	214

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

1. Тіло кинуто вгору з початковою швидкістю 40 м/с під кутом 60° до горизонту. Визначте (у секундах) мінімальний час, через який швидкість тіла становитиме 30 м/с.

Розв'язання

Під час руху горизонтальна проекція швидкості $v_{\text{гор}} = v_0 \cos \alpha = 40 \cdot \frac{1}{2} = 20$ м/с залишається незмінною. Вертикальна проекція швидкості може бути як додатною, так і від'ємною. З цього випливає, що швидкість 30 м/с тіло буде мати у двох точках траєкторії (див. рисунок).



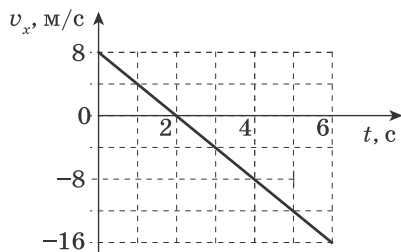
Знайдемо вертикальну проекцію швидкості тіла у момент, коли загальна швидкість становитиме 30 м/с. Скористаємося теоремою Піфагора і знайдемо вертикальну проекцію швидкості у шуканий момент часу $v_{\text{верт}} = \pm \sqrt{v^2 - v_{\text{гор}}^2} = \pm 22$ м/с. Вертикальна проекція початкової швидкості дорівнюватиме $v_{0\text{верт}} = v_0 \sin \alpha = 40 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 35$ м/с. Оскільки у вертикальному напрямку швидкість тіла змінюється за законом $v_{\text{верт}} = v_{0\text{верт}} - gt$, для шуканого моменту часу отримуємо $t = \frac{v_{0\text{верт}} - v_{\text{верт}}}{g} = \frac{35 \pm 22}{10} = 1,3$ с; 5,7 с. Мінімальним є час 1,3 с.

Відповідь: 1,3.

2. Залежність швидкості руху тіла від часу задається рівнянням $v = 8 - 4t$. Визначте (у метрах) проекцію переміщення тіла протягом перших 6 секунд руху.

Розв'язання

Для обчислення проекції переміщення доцільно побудувати графік швидкості (див. рисунок) і знайти площу фігури під графіком.

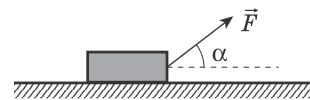


Чисельно вона буде дорівнювати переміщенню тіла за вказаний проміжок часу. Треба тільки врахувати знаки площ трикутників, які розташовані над і під віссю часу

$$s_x = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 8 - \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 16 = -24 \text{ м.}$$

Відповідь: -24.

3. Визначте (у десятках ньютонів) силу натягу мотузки, за допомогою якої ящик масою 80 кг тягнуть по шорсткій підлозі з прискоренням $1,5 \text{ м/с}^2$ (див. рисунок). Мотузка утворює з горизонтом кут 45° . Коефіцієнт тертя ящика об підлогу становить $0,2$.

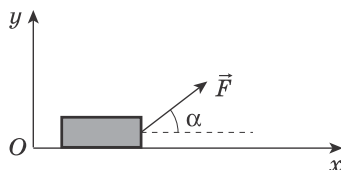


Розв'язання

Запишемо рівняння другого закону Ньютона для ящика у векторній формі

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тер}} + \vec{F},$$

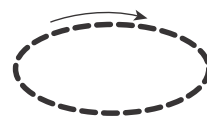
а потім у проекціях на осі Ox : $ma = F \cos \alpha - \mu N$ і Oy : $0 = N + F \sin \alpha - mg$ (див. рисунок).



З рівняння $0 = N + F \sin \alpha - mg$ знайдемо силу нормальної реакції опори $N = mg - F \sin \alpha$ і підставимо до рівняння $ma = F \cos \alpha - \mu N$. Отримуємо $ma = F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)$. І остаточно $F = m \frac{a + \mu g}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} = 330 \text{ Н}$.

Відповідь: 33.

4. Ланцюг масою 20 кг і довжиною 4 м розкрутили таким чином, що він утворив кільце (див. рисунок). Визначте (у ньютоніях) силу натягу ланцюга, якщо період обертання становить 1 с. Силу тяжіння не враховуйте.



Розв'язання

Розглянемо рух однієї ланки ланцюга (див. рисунок) масою Δm . За другим законом Ньютона $\Delta m \vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$. Це рівняння у проекції на вісь, що спрямована до центра кола, яке утворив ланцюг, має вигляд

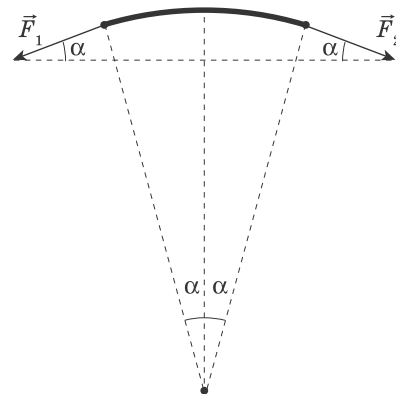
$$\Delta m \frac{4\pi^2 r}{T^2} = F_1 \sin \alpha + F_2 \sin \alpha.$$

З урахуванням

$$F_1 = F_2 = F; \Delta m = \frac{m}{l} \Delta l = \frac{m}{2\pi r} 2\alpha r = \frac{m}{\pi} \alpha; \sin \alpha \approx \alpha$$

отримуємо

$$\frac{m}{\pi} \alpha \frac{4\pi^2 r}{T^2} = 2F\alpha \Rightarrow m \frac{2\pi r}{T^2} = F \Rightarrow F = m \frac{l}{T^2} = 80 \text{ Н}.$$



Відповідь: 80.

5. Визначте (у мікрограмах) масу бору, яку потрібно домішати до напівпровідникового кристала кремнію масою 4 г, щоб отримати напівпровідник потрібної провідності. На один атом Бору повинно приходиться 40 000 атомів Силіцію.

Розв'язання

Масу бору можна обчислити за формулою $m_{\text{Бор}} = N_{\text{Бор}} m_{\text{0Бор}}$, де $m_{\text{0Бор}} = \frac{M_{\text{Бор}}}{N_A}$ — маса одного атома Бора. За умовою $N_{\text{Бор}} = \frac{N_{\text{Силіц}}}{4 \cdot 10^4}$, а $N_{\text{Силіц}} = \frac{m_{\text{Силіц}}}{M_{\text{Силіц}}} N_A$.

Остаточо маємо

$$m_{\text{Бор}} = \frac{N_{\text{Силіц}}}{4 \cdot 10^4} \frac{M_{\text{Бор}}}{N_{\text{А}}} = \frac{1}{4 \cdot 10^4} \frac{m_{\text{Силіц}}}{M_{\text{Силіц}}} N_{\text{А}} \frac{M_{\text{Бор}}}{N_{\text{А}}} =$$

$$= \frac{2,5 \cdot 10^{-5} M_{\text{Бор}}}{M_{\text{Силіц}}} m_{\text{Силіц}} = 3,9 \cdot 10^{-8} \text{ кг} = 39 \text{ мкг}.$$

Відповідь: 39.

6. Визначте (у міліграмах) кількість води, що втрачає людина при кожному видиху. Об'єм повітря, що вдихає і видихає людина, — 1 літр, температура зовнішнього повітря 20 °С, його вологість 60 %. Температура і вологість повітря, що видихає людина, становить 30 °С і 100 % відповідно.

Розв'язання

Для того щоб визначити шукану масу води Δm , потрібно від кількості води у видиху m_2 відняти кількість води у вдиху m_1 . Ці маси води можна знайти через відносну вологість

та густину водяної пари у повітрі $\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{нас}}} \cdot 100\%$. Остаточо

$$\Delta m = \rho_2 V - \rho_1 V = \frac{V}{100\%} (\varphi_2 \rho_{2\text{нас}} - \varphi_1 \rho_{1\text{нас}}) = 0,02 \text{ г}.$$

Відповідь: 20.

7. На поверхні води плаває дротове кільце масою 1 г і радіусом 2 см. За допомогою мікродинамометра кільце поступово піднімають, весь час забезпечуючи його горизонтальне положення. Визначте (у міліньютонках) показання мікродинамометра в момент відриву кільця від поверхні води. Температура води 20 °С, вода повністю змочує дріт. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Розв'язання

Під час відриву кільця від поверхні води сила, яка діє на кільце з боку динамометра, врівноважує силу тяжіння і силу поверхневого натягу, які також діють на кільце $F_{\text{дин}} = mg + F_{\text{пов}}$. Враховуючи, що вода торкається кільця і всередині, і зовні, отримуємо для сили, яку показує мікродинамометр, —

$$F_{\text{дин}} = mg + 4\pi\sigma r = 0,001 \cdot 10 + 4 \cdot 3,14 \cdot 0,073 \cdot 0,01 = 0,0192 \text{ (Н)}.$$

Відповідь: 19,2.

8. У вертикальному, відкритому зверху, циліндрі під поршнем масою 4 кг знаходиться 2 г гелію. Визначте (у сантиметрах) висоту, на яку підніметься поршень при нагріванні гелію на 2 °С. Поршень рухається без тертя.

Розв'язання

Оскільки газ міститься під поршнем, а над поршнем знаходиться тільки атмосфера, то тиск газу весь час залишається незмінним. Тому роботу газу можна обчислити за формулою

$$A = p\Delta V. \text{ Використавши рівняння Менделєєва — Клапейрона } p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T \text{ і врахувавши}$$

$$\Delta T = \Delta t, \text{ маємо } A' = \frac{m}{M} R\Delta T. \text{ З іншого боку, } A' = m_{\text{порш}} gh. \text{ Для шуканої висоти } h = \frac{mR\Delta T}{Mm_{\text{порш}}g}$$

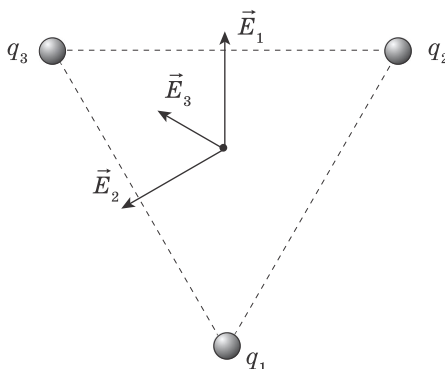
і врахувавши $\Delta T = \Delta t$, маємо $h = 0,21 \text{ м}$.

Відповідь: 21.

9. У вершинах рівнобічного трикутника зі стороною 20 см розташовано два позитивні заряди по 4 нКл кожний і негативний заряд -2 нКл . Визначте (у кіловольтах на метр) напруженість електричного поля у центрі трикутника.

Розв'язання

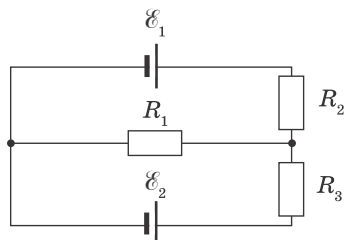
За принципом суперпозиції напруженість електричного поля у центрі трикутника буде векторною сумою напруженостей полів, створених кожним із зарядів $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$ (див. рисунок).



У проекції на вісь, яка спрямована від центру трикутника до третього заряду, маємо $E = k \frac{q_1}{r^2} \cos 60^\circ + k \frac{q_2}{r^2} \cos 60^\circ + k \frac{|q_3|}{r^2}$. Враховуючи $r = \frac{\sqrt{3}}{3} a$, де a — сторона трикутника. Остаточно $E = 3\sqrt{3} k \frac{q_1}{a^2} + 3k \frac{|q_3|}{a^2} = \frac{3k}{a^2} (\sqrt{3} q_1 + |q_3|) = 6000 \frac{\text{В}}{\text{м}}$.

Відповідь: 6.

10. Визначте (у міліамперах) силу струму через резистор R_3 у показаному на рисунку колі. $\mathcal{E}_1 = 6 \text{ В}$, $\mathcal{E}_2 = 2,5 \text{ В}$, $R_1 = 5 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$, $R_3 = 1 \text{ Ом}$. Внутрішнім опором джерел знехтувати.



Розв'язання

Для відповіді на питання задачі запишемо закони Ома для замкнених кіл $\mathcal{E}_1 R_1 R_2$ і $\mathcal{E}_2 R_1 R_3$:

$$\mathcal{E}_1 = (I_2 + I_3)R_1 + I_2 R_2 = I_2(R_1 + R_2) + I_3 R_1,$$

$$\mathcal{E}_2 = (I_2 + I_3)R_1 + I_3 R_3 = I_2 R_1 + I_3(R_1 + R_3).$$

Залишається виключити з цих двох рівнянь I_2 і ми легко знайдемо шукану силу струму:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\mathcal{E}_1 - I_3 R_1}{(R_1 + R_2)} = I_2, \\ \frac{\mathcal{E}_2 - I_3(R_1 + R_3)}{R_1} = I_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\mathcal{E}_1 - I_3 R_1}{(R_1 + R_2)} = \frac{\mathcal{E}_2 - I_3(R_1 + R_3)}{R_1}.$$

З цього маємо $\mathcal{E}_1 R_1 - I_3 R_1^2 = \mathcal{E}_2 (R_1 + R_2) - I_3 (R_1 + R_3)(R_1 + R_2)$ і остаточно

$$I_3 = \frac{\mathcal{E}_2 (R_1 + R_2) - \mathcal{E}_1 R_1}{(R_1 + R_3)(R_1 + R_2) - R_1^2} = -0,435 \text{ А}.$$

Знак «-» означає, що сила струму у резисторі R_3 напрямлена не від позитивного полюса джерела \mathcal{E}_2 , а до нього.

Відповідь: 435.

- 11.** Визначте (у сотнях) кількість витків у котушці, у якій збуджується ЕРС індукції 6 В. Площа поперечного перерізу котушки дорівнює 4 см^2 . Котушка знаходиться в однорідному магнітному полі, магнітна індукція якого змінюється зі швидкістю 10 Тл за секунду. Вісь котушки паралельна до ліній магнітної індукції.

Розв'язання

За законом електромагнітної індукції ЕРС у котушці $\mathcal{E} = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$. З урахуванням того, що у котушці N витків і площина витків перпендикулярна до ліній індукції, маємо $\mathcal{E} = NS \frac{\Delta B}{\Delta t}$. Для шуканої кількості витків маємо $N = \frac{\mathcal{E}}{S} \frac{\Delta t}{\Delta B} = 1500$.

Відповідь: 14

- 12.** Визначте (у кіловольтах на метр) напруженість вихрового електричного поля у витках котушки, якщо при розмиканні кола в цій котушці виникла ЕРС самоіндукції 150 В. Котушка має 400 витків, радіус кожного витка 2 см.

Розв'язання

Для визначення напруженості поля треба ЕРС самоіндукції розділити на відстань між клемми котушки уздовж проводу, яким котушка намотана $E = \frac{\mathcal{E}}{2\pi rN} = 3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$.

Відповідь: 3

- 13.** Визначте (у мегаджоулях) кількість електроенергії, яку було витрачено на рафінування 40 кг міді. Процес проходив за напруги 0,2 В. Валентність міді дорівнює 2.

Розв'язання

Скористаємось законом електролізу $m = kq = \frac{M}{N_A n e} q$. З іншого боку, $q = \frac{W}{U}$. Остаточо маємо $W = \frac{N_A n e m U}{M} = 24 \text{ МДж}$.

Відповідь: 24

- 14.** Маятник годинника являє собою легкий стрижень, на якому укріплений масивний невеликий вантаж. Коли відстань від вантажу до точки підвісу маятника дорівнює 80 см, годинник йде уперед за добу на 15 хв. Визначте (у міліметрах) на скільки слід перемістити вантаж, щоб годинник ішов правильно.

Розв'язання

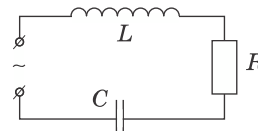
Маятниковий годинник йде уперед (період коливань маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ зменшується) через те, що довжина маятника менша за оптимальну. Тому $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l+\Delta l}{g}}$. Час t , який показує маятниковий годинник, прямо пропорційний числу коливань маятника, тобто обернено пропорційний періоду коливань, тому $\frac{\tau}{\tau_0} = \frac{T_0}{T} = \sqrt{\frac{l+\Delta l}{l}}$. Отже, годинник йде уперед на $\Delta\tau = \tau - \tau_0 = \tau_0 \left(\sqrt{\frac{l+\Delta l}{l}} - 1 \right)$.

Звідси $\frac{l+\Delta l}{l} = \left(\frac{\Delta\tau + \tau_0}{\tau_0}\right)^2$ і остаточно

$$\Delta l = \left[\left(\frac{\Delta\tau + \tau_0}{\tau_0}\right)^2 - 1 \right] l = \left(\frac{\Delta\tau + \tau_0}{\tau_0} + 1\right) \left(\frac{\Delta\tau + \tau_0}{\tau_0} - 1\right) l \approx 2 \frac{\Delta\tau}{\tau_0} l = 17 \text{ мм.}$$

Відповідь: 17.

15. Визначте силу струму (в амперах) в колі змінного струму (див. рисунок), якщо $R = 20$ Ом, $L = 0,2$ Гн, $C = 40$ мкФ. Коло підключено до джерела змінного струму з напругою 42 В, частотою 50 Гц.



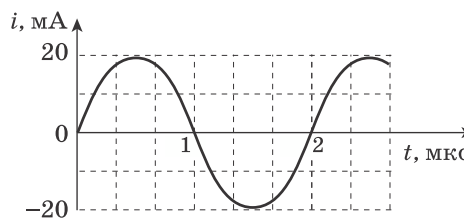
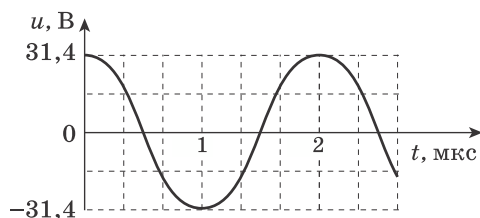
Розв'язання

Загальний опір послідовного коливального контуру дорівнює $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$. За законом Ома для кола змінного струму маємо:

$$\begin{aligned} I &= \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(2\pi\nu L - \frac{1}{2\pi\nu C}\right)^2}} = \\ &= \frac{42}{\sqrt{20^2 + \left(2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,2 - \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 40 \cdot 10^{-6}}\right)^2}} = 1,6 \text{ (А)}. \end{aligned}$$

Відповідь: 1,6.

16. Визначить (у мікрогенрі) індуктивність коливального контуру, якщо заряд на обкладинках цього конденсатора та сила струму у котушці змінюються згідно графіків, які приведено на рисунку.



Розв'язання

Із закону збереження енергії отримуємо

$$W_{E_{\max}} = W_{B_{\max}} \Rightarrow \frac{CU_{\max}^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2} \Rightarrow L = C \frac{U_{\max}^2}{I_{\max}^2}.$$

Треба врахувати, що $T = 2\pi\sqrt{LC} \Rightarrow C = \frac{T^2}{4\pi^2 L}$. Остаточно маємо

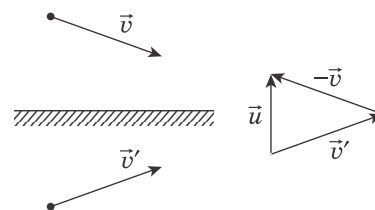
$$L = \frac{TU_{\max}}{2\pi I_{\max}} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 31,4}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,02} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ (Гн)}.$$

Відповідь: 500.

17. Світна точка рухається до дзеркала зі швидкістю 78 см/с таким чином, що вектор швидкості утворює з поверхнею дзеркала кут 45° . Визначте (у метрах за секунду) швидкість зображення світної точки у дзеркалі відносно самої світної точки.

Розв'язання

Оскільки зображення точки в плоскому дзеркалі симетрично самій точці, то і вектор швидкості зображення буде симетричний вектору швидкості цієї точки (див. рисунок). Для того щоб знайти швидкість зображення світної точки відносно самої точки, до вектора \vec{v}' потрібно додати вектор $-\vec{v}$. Шукана швидкість буде результатом векторної суми \vec{v}' і $-\vec{v}$. З урахуванням кутів маємо $u = v \sin 45^\circ + v' \sin 45^\circ = 1,1 \text{ м/с}$



Відповідь: 1,1.

18. Визначте (у метрах) мінімальну відстань, з якої потрібно фотографувати будинок висотою 60 м фотоапаратом, об'єктив якого має фокусну відстань 25 мм. Зображення будинку повинно поміститися на чутливій фотоелектричній пластинці висотою 15 мм.

Розв'язання

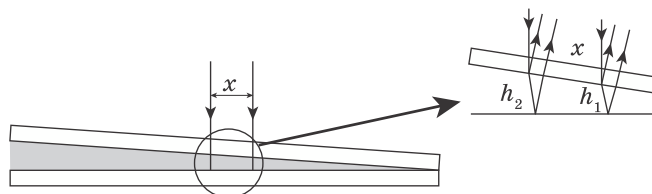
Скористаємося формулами тонкої лінзи $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ і $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{H}{h}$. Для відстані до предмета (будинку) отримуємо $\frac{1}{f} \frac{H}{h} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{H+h}{h} F = 100 \text{ м}$.

Відповідь: 100.

19. Оптичний клин утворено двома плоскими скляними пластинами. Простір між пластинами заповнено водою. Кут між пластинами дорівнює половині кутової хвилини. Визначте (у міліметрах) відстань між двома найближчими максимумами, які утворюються при нормальному падінні на клин монохроматичного світла з довжиною хвилі у повітрі 580 нм.

Розв'язання

Світло нормально падає на тонкий оптичний клин між двома пластинками (див. рисунок). У кожній точці пластинки дві світлові хвилі, які відбиті від верхньої та нижньої поверхонь клина, додаються одна до одної і внаслідок інтерференції підсилюють або послаблюють одна одну. Максимум і мінімум буде визначатися товщиною оптичного клину в точці спостереження. Треба тільки врахувати, що світло проходить оптичний клин двічі: вниз і вгору.



Якщо позначити товщину клина в сусідніх точках, де проходять світлі смужки (тобто спостерігаються максимуми), то для різності цих висот у даних точках можна отримати таке співвідношення $2h_2 - 2h_1 = \lambda' \Rightarrow \Delta h = \frac{\lambda'}{2}$. З урахуванням показника заломлення світла у воді маємо $\Delta h = \frac{\lambda}{2n}$. З іншого боку, відношення $\frac{\Delta h}{x}$ дорівнює тангенсу кута

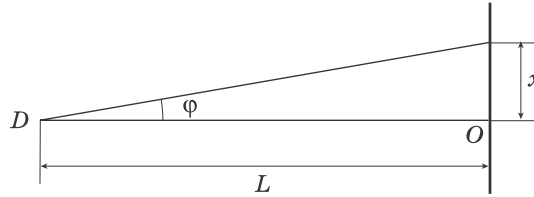
при вершині клина φ . Оскільки кут φ малий, то $\text{tg } \varphi = \varphi$ (у радіанній мірі). Остаточоно $x = \frac{\lambda}{2n\varphi} = \frac{5,8 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 1,33 \cdot 1,45 \cdot 10^{-4}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}$.

Відповідь: 1,5.

20. Визначте (у сантиметрах) ширину спектра першого порядку, який утворюється на екрані при проходженні білого світла (довжина хвиль від 400 до 780 нм) через дифракційну ґратку, що має 100 штрихів на 1 мм. Екран віддалений від ґратки на 5 м.

Розв'язання

Скористаємось формулою максимумів для дифракційної ґратки $d \sin \varphi = k\lambda$. Оскільки кут φ малий, то $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi$.



З рисунка бачимо, що $\operatorname{tg} \varphi = \frac{x}{L}$. З умови максимуму для дифракційної ґратки (для $k=1$)

$$\text{отримуємо } \Delta x = \frac{L}{d} \Delta \lambda = \frac{5}{1 \cdot 10^{-5}} \cdot 3,8 \cdot 10^{-7} = 0,19 \text{ м.}$$

Відповідь: 19.

21. Визначте (у метрах за секунду) на скільки швидкість електрона менша за швидкість світла, якщо його кінетична енергія дорівнює енергії спокою протона.

Розв'язання

Кінетична енергія тіла $W_k = W - W_0 = \frac{m_e c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_e c^2$. За умовою задачі

$$\frac{m_e c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_e c^2 = m_p c^2 \Rightarrow v = c \sqrt{1 - \left(\frac{m_e}{m_p + m_e} \right)^2} = 44,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Відповідь: 44,5.

ДОДАТОК

Фізичні сталі

Гравітаційна стала $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
 Стала Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
 Стала Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
 Універсальна газова стала $R = k \cdot N_A = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$
 Елементарний електричний заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
 Електрична стала $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$,
 $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$
 Швидкість світла у вакуумі $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
 Стала Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
 Коефіцієнт пропорційності між одиницями виміру маси й енергії $c^2 = E/m = 931,5 \text{ МеВ/а.о.м.}$
 Маса електрона $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.о.м.}$
 Енергія спокою електрона $E_{0e} = m_e c^2 = 0,51 \text{ МеВ}$
 Маса протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00728 \text{ а.о.м.}$
 Енергія спокою протона $E_{0p} = m_p c^2 = 938,26 \text{ МеВ}$
 Маса нейтрона $m_n = 1,00866 \text{ а.о.м.}$
 Енергія спокою нейтрона $E_{0n} = m_n c^2 = 939,55 \text{ МеВ}$
 1 а.о.м. = $1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Довідкові таблиці

1. Густина речовин

Тверді тіла		Рідини	
Речовина	ρ , кг/м ³	Речовина	ρ , кг/м ³
Алюміній	2700	Ртуть	13 600
Германій	5300	Вода	1000
Хром	7200	Гас	800
Мармур	2700	Спирт	800
		Масло машинне	900

2. Теплові властивості речовин

Теплові властивості льоду

Питома теплоємність, кДж/(кг · К)	2,1
Температура плавлення, °С	0
Питома теплота плавлення, кДж/кг	330

Теплові властивості води

Питома теплоємність, кДж/(кг · К)	4,2
Температура кипіння при нормальному атмосферному тиску (101 кПа), °С	100
Питома теплота пароутворення при нормальному атмосферному тиску (101 кПа) і температурі кипіння, МДж/кг	2,3

3. Питома теплота згоряння палива, МДж/кг

Гас 46
 Дизельне паливо 42

4. Поверхневий натяг рідин при 20 °С, мН/м

Ртуть 500
 Вода 73
 Спирт 22

5. Залежність тиску p_n і густини ρ_n насиченої водяної пари від температури t

t , °С	p_n , кПа	ρ_n , г/м ³	t , °С	p_n , кПа	ρ_n , г/м ³
0	0,61	4,8	18	2,07	15,4
3	0,76	6,0	19	2,20	16,3
6	0,93	7,3	20	2,33	17,3
10	1,23	9,4	25	3,17	23,0
15	1,71	12,8	30	4,24	30,4
16	1,81	13,6	50	12,34	82,9
17	1,93	14,5	90	70,11	423,3

6. Психрометрична таблиця

Показання сухого термометра, °С	Різниця показань сухого та вологого термометрів, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Відносна вологість, %									
6	100	86	73	60	47	35	23	10	—	—
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	—
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34

7. Границя міцності на розтяг $\sigma_{\text{мц}}$
і модуль пружності E

Речовина	$\sigma_{\text{мц}}$, МПа	E , ГПа
Сталь	500	200

8. Питомий опір ρ при 20 °С і температурний
коефіцієнт опору α провідників

Речовина	ρ , 10^{-8} Ом · м	α , K^{-1}
Алюміній	2,8	0,0042
Мідь	1,7	0,0043
Нікелін	42	0,0001
Константан	50	-0,000 05
Ніхром	110	0,0001

9. Показник заломлення

Вода 1,33

Скло 1,5

10. Відносна атомна маса
деяких ізотопів, а.о.м.

(Для визначення маси ядра слід відняти від маси
атома загальну масу електронів)

${}^2_1\text{H}$ 2,014 10

${}^4_2\text{He}$ 4,002 60

${}^7_3\text{Li}$ 7,016 01

${}^8_4\text{Be}$ 8,005 31

Періодична система хімічних елементів

Групи Періоди	a I б	a II б	a III б	a IV б	a V б	a VI б	a VII б	a	VIII б	
1	(H)						H 1,0079 1 1s1 Гідроген	He 4,0026 2 1s2 Гелій	Символ елемента Атомна маса Порядковий номер Електронна конфігурація Назва елемента Розподіл електронів по рівнях	
2	Li 6,941 3 2s1 Літій	Be 9,012 4 2s2 Берилій	B 10,81 5 2s22p1 Бор	C 12,011 6 2s22p2 Карбон Вуглець	N 14,0067 7 2s22p3 Нітроген Азот	O 15,999 8 2s22p4 Оксиген Кисень	F 18,998 9 2s22p5 Флуор Фтор	Ne 20,179 10 2s22p6 Неон		
3	Na 22,990 11 3s1 Натрій	Mg 24,305 12 3s2 Магній	Al 26,981 13 3s23p1 Алюміній	Si 28,086 14 3s23p2 Силіцій Кремній	P 30,973 15 3s23p3 Фосфор	S 32,06 16 3s23p4 Сульфур Сірка	Cl 35,453 17 3s23p5 Хлор	Ar 39,948 18 3s23p6 Аргон		
4	K 39,098 19 4s1 Калій	Ca 40,08 20 4s2 Кальцій	Sc 44,956 21 3d14s2 Скандій	Ti 47,90 22 3d24s2 Титан	V 50,941 23 3d34s2 Ванадій	Cr 51,996 24 3d54s1 Хром	Mn 54,938 25 3d54s2 Манган Марганець	Fe 55,847 26 3d64s2 Ферум Залізо	Co 58,933 27 3d74s2 Кобальт	Ni 58,70 28 3d84s2 Нікол Нікель
5	Rb 85,468 37 5s1 Рубідій	Sr 87,62 38 5s2 Стронцій	Y 88,906 39 4d15s2 Ітрій	Zr 91,22 40 4d25s2 Цирконій	Nb 92,906 41 4d45s1 Ніобій	Mo 95,94 42 4d55s1 Молибден	Tc 98,906 43 4d55s2 Технецій	Kr 83,80 36 4s24p6 Криптон		
6	Cs 132,905 55 6s1 Цезій	Ba 137,34 56 6s2 Барій	La 138,905 57 5d16s2 Лантан	Hf 178,49 72 5d26s2 Гафній	Ta 180,948 73 5d36s2 Тантал	W 183,85 74 5d46s2 Вольфрам	Re 186,207 75 5d56s2 Реній	Xe 131,30 54 5s25p6 Ксенон		
7	Fr [223] 87 7s1 Францій	Ra 226,025 88 7s2 Радій	Ac [227] 89 6d17s2 Актиній	Pb 207,2 82 6s26p2 Свинець, оливо	Bi 208,980 83 6s26p3 Бісмут	Po [209] 84 6s26p4 Полоній	At [210] 85 6s26p5 Астат	Rn [222] 86 6s26p6 Радон		

*Лантаноїди

58	Ce 140,12 58 4f15d16s2 Церій	Pr 140,908 59 4f36s2 Празеодим	Nd 144,24 60 4f46s2 Неодим	Pm [145] 61 4f56s2 Прометій	Sm 150,4 62 4f66s2 Самарій	Eu 151,96 63 4f76s2 Європій	Gd 157,25 64 4f75d16s2 Гадоліній	Tb 158,925 65 4f96s2 Тербій	Dy 162,50 66 4f106s2 Диспрозій	Ho 164,93 67 4f116s2 Гольмій	Er 167,26 68 4f126s2 Ербій	Tm 168,93 69 4f136s2 Тулій	Yb 173,04 70 4f146s2 Ітербій	Lu 174,97 71 4f145d16s2 Лютецій
----	------------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	--	-----------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------

**Актиноїди

90	Th 232,038 90 6d27s2 Торій	Pa [231] 91 5f26d17s2 Протактіній	U 238,029 92 5f36d17s2 Уран	Np [237] 93 5f46d17s2 Нептуній	Pu [244] 94 5f67s2 Плутоній	Am [243] 95 5f77s2 Америцій	Cm [247] 96 5f76d17s2 Кюрі	Bk [247] 97 5f86d17s2 Берклій	Cf [251] 98 5f107s2 Каліфорній	Es [254] 99 5f117s2 Єйнштейній	Fm [257] 100 5f127s2 Фермій	Md [258] 101 5f137s2 Менделєвій	No [259] 102 5f147s2 Нобелій	Lr [262] 103 5f146d17s2 Лоуренсій
----	----------------------------------	---	-----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	---

Додаток

295

ЗМІСТ

Програма зовнішнього незалежного оцінювання з фізики	4	Відповіді, вказівки та розв'язки	208
Кінематика	12	Кінематика	208
Закони Ньютона. Сили в природі	29	Закони Ньютона. Сили в природі	216
Застосування законів динаміки	38	Застосування законів динаміки	219
Закони збереження	58	Закони збереження	226
МКТ ідеального газу	66	МКТ ідеального газу	229
МКТ пари, рідин і твердих тіл	75	МКТ пари, рідин і твердих тіл	232
Термодинаміка	83	Термодинаміка	234
Електростатика	91	Електростатика	239
Закони постійного струму	100	Закони постійного струму	243
Магнітне поле. Електромагнітна індукція	120	Магнітне поле. Електромагнітна індукція	249
Струм у різних середовищах	129	Струм у різних середовищах	253
Механічні коливання та хвилі	138	Механічні коливання та хвилі	258
Електромагнітні коливання	146	Електромагнітні коливання	262
Електромагнітні хвилі	155	Електромагнітні хвилі	266
Геометрична оптика	164	Геометрична оптика	269
Хвильова оптика	174	Хвильова оптика	274
СТВ, квантова оптика, атомна та ядерна фізика	183	СТВ, квантова оптика, атомна та ядерна фізика	279
Тест 1 у форматі ЗНО-2012	192	Тести у форматі ЗНО-2012	284
Тест 2 у форматі ЗНО-2012	200	Приклади розв'язання задач	285
		Додаток	293

Навчальне видання
НЕНАШЕВ Ігор Юрійович

ФІЗИКА. ЕКСПРЕС-ПІДГОТОВКА ЗНО-2012

(3-тє видання, перероблене і доповнене)

Редактор *Г. Ю. Веприк*. Технічний редактор *О. В. Сміян*

Видавничий код Л0332У. Підписано до друку 24.10.2011. Формат 84×108/16.
Папір офсетний. Гарнітура Шкільна. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 31,08.

«Літера ЛТД». 03680 Київ, вул. Нестерова, 3, оф. 40.
Телефон для довідок (044) 456-40-21
Свідоцтво про реєстрацію № 923 від 22.05.2002 р.

З питань реалізації звертатися за тел.: у Харкові — (057) 712-91-44, 712-90-87;
у Києві — (044) 599-14-53, 417-20-80; Донецьку — (062) 345-98-24;
Житомирі — (0412) 41-27-95; Дніпропетровську — (0562) 36-61-60; Львові — (032) 243-08-85;
Сімферополі — (0652) 22-87-01, 22-95-30; Тернополі — (0352) 26-86-94, 53-32-01;
Миколаєві — (0512) 35-40-39, Рівному — (0362) 23-78-64.
E-mail: commerce@ranok.kharkov.ua

«Книга поштою»: 61045 Харків, а/с 3355. Тел. (057) 717-74-55, (067) 546-53-73
E-mail: pochta@ranok.kharkov.ua
www.ranok.kharkov.ua

Нова специфікація • ЗНО-2012

ВИПУСКНИКИ ТА АБІТУРІЄНТИ!

Видавництво «Літера ЛТД» пропонує комплект видань для успішної підготовки до зовнішнього незалежного оцінювання



ВИДАННЯ МІСТИТЬ:

- 9 тестів у форматі ЗНО-2012
- Розв'язання, вказівки до виконання завдань
- Відповіді до ВСІХ завдань
- Бланк відповідей до кожного тесту



ВИДАННЯ МІСТИТЬ:

- Основні формули за кожною темою курсу
- 20 тематичних тестів, які відповідають технічним характеристикам тесту ЗНО-2012
- Розв'язання. Відповіді до ВСІХ завдань
- 2 тести у форматі ЗНО-2012



ВИДАННЯ МІСТИТЬ:

- Чітко структурований довідник
- 5 тренувальних тестів з докладними розв'язаннями
- 16 перевірочних тестів з відповідями
- 5 тестів у форматі ЗНО-2012

Історія України

Українська мова та література

Російська мова

Біологія

Хімія

Географія

Математика

ФІЗИКА

Англійська мова

Німецька мова

Системна підготовка —
шлях до успішного складання
іспиту

