**8 клас**

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | Автомобіль на першій ділянці, що дорівнює третині всього шляху, їхав зі швидкістю 𝑣, на другій ділянці — зі швидкістю 2𝑣, а на третій ділянці, що зайняла половину всього часу – зі швидкістю 𝑣/2. Середня швидкість автомобіля на всьому шляху дорівнювала 45 км/год.  1. Чому дорівнювала швидкість автомобіля на першій третині шляху?  2. Яку частину всього шляху та яку частину всього часу автомобіль рухався на другій ділянці? |
|  | **Розв’язання:**  *Позначимо через* ***t1*** *час, який був затрачений автомобілем на першій третині всього шляху. Так як перша ділянка дорівнює третині всього шляху* ***S***  *Час, який був витрачений на весь шлях дорівнює:*  *Знайдемо шлях двох ділянок, які залишилися:*  *Оскільки*  *Тому маємо:*  *Час, затрачений на першій ділянці:*  *Звідси маємо:*  ;  *З іншого боку, довжина другої ділянки*  *або враховуючи, що*  ; |
| 2 | Два різнойменні точкові заряди ***q*** та***-4q*** перебувають на відстані ***а*** один від одного. Яким має бути третій заряд 𝑸 і де його слід розмістити, щоб уся система перебувала в рівновазі? |
|  |  |
| 3 | У експериментатора Максима Петровича є ювелірна прикраса, одна частина якої зроблена зі срібла, а інша – з сталі. Вчений, підвісивши прикрасу за допомогою нитки, що не проводить тепло, до динамометра, нагрів її в окропі, а потім занурив у воду температурою 25 ∘C, що знаходиться в калориметрі. В результаті експерименту з'ясувалося, що вага прикраси, повністю зануреної у воду, дорівнює 0,72 Н, а температура, яка встановилася в калориметрі стала рівною 30 ∘C. Визначте масу срібла та масу сталі в прикрасі, якщо маса води в калориметрі дорівнює 100 г і вона не виливалася. Густина сталі дорівнює 7,8 г/см3, її питома теплоємність – 500 Дж/(кг⋅∘С); густина срібла – 10,5 г/см3, його питома теплоємність – 250 Дж/(кг⋅∘С); густина води – 1 г/см3, її питома теплоємність – 4 200 Дж/(кг⋅∘С). Прискорення вільного падіння прийняти рівним 10 Н/кг, теплообміном зі стінками калориметра та навколишнім середовищем знехтувати |
|  | **Розв’язання:**  *Нехай і – маси сталевої і срібної частини прикраси. Об’єм прикраси:*  *Вага прикраси у воді дорівнює:*  *Запишемо рівняння теплового балансу*  *)*  *Враховуючи, що*  *та розв’язавши систему, отримаємо:*  **=39 г** |
| 4 | В погоні за зайцем вовк проїхав на одному ковзані так, що під ковзаном розтанув лід на глибину h =0,01 мм. Ширина леза ковзана d=2 мм. Визначте силу тертя під ковзаном. Теплоємність ковзана і теплопровідність льоду не враховуйте. |
|  | Дано: Робота сил тертя на невеликій ділянці можна  h=0,00001 м вирахувати за формулою: A= -FΔS;  d=0,002 м A= -Fтер υΔt , де υ- швидкість вовка  ρ=900 Δt-невеликий інтервал часу  λ=330000 Маса льоду, що розтане за цей час, становить  Знайти: Δm=ρΔV = ρhdΔS= ρhdυΔt.  Fтер-? Так як лід плавиться, отже виділяється кількість теплоти,  під час виконання силами тертя роботи.  Q=λΔm=λρhdυΔt.  Згідно закону збереження енергії ΔU=ΔA. Оскільки зміна внутрішньої енергії ΔU=Q ; Q=ΔA  λρhdυΔt= Fтер υΔt; Fтер ==  Fтер=330000 9000,00001 м•0,002 м=5,94Н  Відповідь: сила тертя, яка виникає під лезом ковзання дорівнює 5,94 Н. |
| 5 | *Уявний експеримент.* Опишіть послідовність дій та вимірювань при проведенні даного експерименту. Пояснити як за допомогою отриманих з експерименту результатів обчислити потрібну величину.  ***Обладнання:*** циліндрична або прямокутна посудина з водою, тіло яке не тоне у воді, вимірювальна лінійка  ***Завдання:* Визначити масу тіла.** |
|  |  |

**9 клас**

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | Під час розкопок вчені-археологи виявили два старовинні амулети однакові за розмірами та однакової квадратної форми (**див. рис.**). Обидва амулети складаються з трьох частин, виготовлених з різних матеріалів. Межі між цими частинами теж мають форму квадрата. У першому амулеті (**рис. а**) центральна частина має густину 𝜌1 = 19,3 г/см3, середня – густина 𝜌2 = 4 г/см3, а густина зовнішньої частини дорівнює 𝜌3. У другого амулеті матеріали центральної та зовнішньо ї частин поміняні місцями (**рис. б**). Знайдіть густину 𝜌3, якщо маса другого амулету у 2,5 рази більше за масу першого. Усі розміри вказані на рис.а. Товщина обох амулетів стала. |
|  | **Розв’язання:**  *Нехай* ***h*** *– товщина амулету. Площа центральної частини амулету , площа середньої частини –**, площа зовнішньої – .*  *Маси амулетів дорівнюють*:  *Так як* ***,*** *отримуємо*  *Звідси знаходимо значення густини* |
| 2 | В циліндричні посудині, внутрішній діаметр якої D=10 см, плаває у вертикальному положенні вузький, довгий, тонкостінний циліндричної форми стакан діаметром d=8 см. В стакан через розпилювач наливають воду. Її масовий розхід µ=14 г/с. З якою швидкістю рухається стакан відносно дна циліндра? Густина води 1 000 кг/м3 |
|  | **Розв’язання**  *Об’єм води, який щосекунди потрапляє в стакан:*  *Швидкість занурення сакану у воду ( відносно її поверхні)*  *Швидкість підняття рівня води в циліндрі (відносно дна циліндра)*  *Відносно дна циліндра стакан буде занурюватися зі швидкістю:* |
| 3 | Плоска крижинка плаває в посудині з водою, що має температуру ***t0=0°C*** . Мінімальна маса вантажу, який необхідно покласти на крижинку, щоб вона повністю занурилася у воду, дорівнює ***m1=100 г***. Якщо цю крижинку охолодити до температури **t1** і знову покласти в ту ж посудину з водою, як і раніше з температурою ***t0***, то після встановлення теплової рівноваги для повного занурення крижинки у воду на неї необхідно буде покласти вантаж мінімальної маси ***m2 = 110 г***. Визначте температуру ***t1***?  Питома теплоємність крижинки 2 100 Дж/кг°С, питома теплота плавлення  крижинки 340 кДж/кг. |
|  | ***Розв’язання.***  *Нехай* ***М0*** *– початкова маси крижинки, а* ***М1*** *– маса крижинки після її охолодження і повторного занурення в рідину. Охолоджена крижинки в посудині з водою нагрівається до* ***t=0 0С*** *за рахунок теплоти, яка відділяється при намерзанні на ній маси льоду* ***ΔМ= М1-М0.***  *Рівняння теплового балансу має вигляд:*  *Умова плавання крижинки в першому випадку:*  *та в другому випадку*  *З рівняння (2) отримуємо* |
| 4 | Готуючись до експерименту дев’ятикласник виготовив схему, яка показана на рисунку. До точок D та С від приєднав мультиметр. В результаті вимірювань з’ясувалося, що в режимі вольтметра мультиметр показує 6 В, а в режимі амперметра – 5мА. Визначити опір резистора Rx, якщо R=700 Ом. Мультиметр в обож режимах можна розглядати як відповідний ідеальний прилад. Опором з’єднувальних проводів можна знехтувати. |
|  | **Розв’язання**  *Розглянемо випадок, коли мультиметр увімкнемо в режимі вольтметра. Напруга на резисторі* ***4R*** *дорівнює* ***6 В****, а загальний опір:*  *Відповідно напруга джерела дорівнює:*  *У випадку, коли мультметр увімкнено в режимі амперметра, сила струму через резистор* ***Rx*** *дорівнює* ***І0=5мА****. Сила струму через резистор* ***4R*** *дорівнює:*  *На лівій парі паралельних резисторів* ***R*** *і* ***2R*** *загальна сила струму* ***І0+І4R*** *ділиться у відношенні* ***2:1*** *і сила струму через резистор* ***R*** *дорівнює:*  *Знаходимо загальну напругу в колі і прирівнюємо її до* ***U0*** |
| 5 | *Уявний експеримент.* Опишіть послідовність дій та вимірювань при проведенні даного експерименту. Пояснити як за допомогою отриманих з експерименту результатів обчислити потрібну величину.  ***Обладнання:*** камінь масою 100…200 г, динамометр, нитка, посудина з водою.  ***Завдання:* Знайти густину каменя.** |
|  |  |

**10 клас**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | На графіку показана залежність опору реостату, обмотка якого складається з двох послідовно з’єднаних проволок однакової площі поперечного перерізу, від положення повзунка. Визначити співвідношення питомих опорів цих проволок. |  |
|  | **Розвязання:**  *Нехай* ***S*** *– площа поперечного перерізу провідників,* ***ρ1*** *і* ***ρ2*** *– їх питомий опір****,***  *та – їх довжини відповідно. Напишемо формули для опорів провідників а виразимо співвідношення*    *За графіком знаходимо R1=175 Ом, R2=225 Ом, =7 см, =5 см* | |
| 2 | Тонкий однорідний дерев’яний стержень, нижній кінець якого, впирається в дно посудини, утримується в положенні(див. рис.) за допомогою вертикальної нитки, яка прив’язана до верху стержня. В посудину повільно вливають воду. При якій товщині шару води h нижній кінець стержня відірветься від дна? Точка кріплення нитки до стержня знаходиться на висоті H відносно дна посудини. Густина дерева, з якого виготовлено стержень – 640 кг/м3. | |
|  | **Розв’язання:**  *На стержень діють (в загальному випадку) 4 сили: сила тяжіння* ***mg****, прикладена до його середини, де* ***m*** *– маса стержня; сила Архімеда, прикладена до середини зануреної частини; сила натягу нитки* ***Т*** *та сила реакції з боку дна* ***N****. Коли кінець стержня відривається від дна* ***N=0****. Запишемо правило моментів відносно точки підвісу стержня (****точка О****):*  *де* ***α*** *– кут між стержнем і вертикаллю. Напишемо вираз для маси стержня і сили Архімеда (****S*** *– площа поперечного перерізу стержня)*  *та підставимо їх в правило моментів:*  *Розв’язуючи отримане рівняння знаходимо:*  *Обираємо корінь, який менше* ***Н****, і отримуємо:* | |
| 3 | М’яч масою 𝑀 = 0,2 кг лежить на вертикальній колоні заввишки ℎ = 5 м. Куля масою 𝑚 = 0,01 кг, що летить горизонтально зі швидкістю υ0 = 500 м/с, проходить горизонтально через кулю і летить далі. В результаті куля досягає землі на відстані = 20 м від основи колони. На якій відстані від основи колони куля досягне землі? Яка частина кінетичної енергії кулі перейшла в теплоту під час проходження кулі через м'яч? Опором повітря знехтувати. Прискорення вільного падіння g= 10 м/с2. | |
|  | **Розв’язання:**  *1) Нехай* ***V*** *– швидкість м’яча після зіткнення, а швидкість кулі –**. Оскільки на систему* ***«м’яч+куля»*** *не діє горизонтальна сила, горизонтальна складова імпульсу цієї систем до зіткненні і після зіткнення має бути однаковою:*  *За умовою задачі . Після зіткнення і м’яч, і куля продовжують вільно рухатися в гравітаційному полі з початковими горизонтальними швидкостями відповідно. Рух м’яча і рух кулі продовжується протягом одного і того ж часу, який дорівнює часу вільного падіння з висоти* ***h*** *:*  *Шлях, який пройшли м’яч та куля за час* ***t****, дорівнює*  *Таким чином*  *Звідси маємо враз та числове значення для шуканої відстані*  2) *Повна кінетична енергія системи дорівнювала кінетичне енергії кулі:*  *Відразу після зіткнення повна кінетична енергія системи рівна сумі кінетичної енергії м’яча та кулі:*  *Частина кінетичної енергії, рівна кінетичній енергії до і після зіткнення, переходить в теплову енергію:*  *Відношення отриманої теплоти до початкової кінетичної енергії кулі:*  *Підставляємо у вираз знайдені раніше співвідношення для енергії та швидкостей, маємо:* | |
| 4 | Кільце радіуса 𝑟, що проводить електричний струм, виготовлено з двох напівкілець, з'єднаних у точках A і B. Питомий опір дроту верхнього півкільця становить 𝜌𝑎, а нижнього – 𝜌𝑏. Площі поперечних перерізів напівкілець однакові. Кільце підключають до зовнішньої напруги в точках A і B, після чого вимірюють загальний струм (струм у двох півкільцях) 𝐼1. Потім кільце відключають від зовнішньої напруги, повертають на 90∘ за годинниковою стрілкою, знову підключають до зовнішньої напруги та вимірюють загальний струм 𝐼2. У другому вимірі виявилося, що співвідношення струмів дорівнює  𝐼2 = 0,64𝐼1. Знайдіть відношення питомих опорів 𝜌𝑎/𝜌𝑏 за умови, що 𝜌𝑎 < 𝜌𝑏. | |
|  | **Розв’язання**  *Випадок на* ***рис.1*** *еквівалентний підключенню двох паралельно з’єднаних резисторів до зовнішньої напруги.*  *де* ***r*** *– радіус кільця. Тоді загальна сила струму через коло дорівнює сумі струмів через паралельно підключені резистори:*  *де* ***U*** *- зовнішня напруга. Підставляємо в дану формулу вираз для знаходження опорів:*  *Після повторного підключення, коло знову буду складатися з двох віток, але цього разу вони будуть однаковими, а кожна з двох віток буде складатися з двох послідовно з’єднаних резисторів о опором та*  *За умовою:*  *Тому*  *Позначимо через . Останній вираз можна подати у вигляді квадратного рівняння.*  *Так як за умовою* ***𝜌𝑎 < 𝜌𝑏,*** *то обираємо*  *Таким чином:* | |
| 5 | *Уявний експеримент.* Опишіть послідовність дій та вимірювань при проведенні даного експерименту. Пояснити як за допомогою отриманих з експерименту результатів обчислити потрібну величину.  ***Обладнання:*** нормально розтягнута пружина, дерев’яний брусок, вимірювальна лінійка, динамометр. Густина деревини ρ.  ***Завдання:* Яку максимальну потенціальну енергію може мати стиснута пружина?** | |
|  |  | |

**11 клас**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | Одноатомний ідеальний газ здійснює цикл 1-2-3-4-1, що складається з двох ізохор та двох ізобар.  Температура газу в точці 1 дорівнює 𝑇1, у точці 3 дорівнює 𝑇3 = 6𝑇1, а в точці 2 температура на 𝑇1 більша, ніж температура у точці 4.   1. Яка температура газу в точках 2 та 4?   2. Яку роботу здійснить молей газу за цей цикл?  3. Визначте ККД цього циклу. |  | |
|  | **Розв’язання:**  *Нехай* ***Т1*** *і* ***Т2*** *– температури в точках 2 і 4 відповідно, причому за умовою* ***Т2=Т1+Т4****. Так як процеси* ***1-2*** *і* ***3-4*** *ізохорні, а тиск в точках* ***2-3*** *і* ***1-4*** *- однаковий:*  → →  *Не враховуючи від’ємний корінь, отримуємо, що* ***Т4=2Т1****, відповідно* ***Т2=3Т1***  *Робота циклу дорівнює:*  *Кількість теплоти, яка підведена до газу:*  *ККД циклу дорівнює: ;* | | |
| 2 | У кутку, утвореному горизонтальною підлогою та вертикальною стінкою, стоїть однорідна пряма трикутна призма, одна з бічних граней якої перпендикулярна підлозі. Підстави призми паралельні площині малюнка і є рівносторонніми трикутниками. Коефіцієнт тертя між призмою і будь-якою поверхнею дорівнює 𝜇. При якому мінімальному значенні призма буде перебувати в спокої? | |  |
|  | **Розв’язання:**  *Нехай* ***m*** *– маса призми, а* ***L*** *– відстань між стіною та протилежною бічною гранню. Покажемо сили, які діють на призму: сила тяжіння* ***mg****, прикладена до центру тяжіння призми, сили реакції опори* ***N1*** *і* ***N2****, які діють з боку підлоги та стінки, сила тертя* ***Fтр1*** *та* ***Fтр2****. Цент тяжіння призми розташований на відстані від стіни.*  *Розглянемо граничний випадок, коли призмо починає зісковзувати:*  *Напишемо рівняння в проекції на горизонтальну і вертикальні вісі:*  *Звідси маємо:*  ;  *Напишемо тепер правило моментів відносно куту між стіною та підлогою (****точка О****):*  *Розв’язуючи квадратне рівняння та не беручи до уваги від’ємний корінь знайдемо коефіцієнт тертя.* | | |
| 3 | Вертикальна циліндрична теплоізольована посудина, заповнена ідеальним одноатомним газом, яка розділена горизонтальним поршнем на дві рівні за об’ємом частини. Кількість речовини у верхній та нижній частинах посудини однакова, температура у верхній частині дорівнює Т0, а в нижній – 3Т0. Через слабку теплопровідності поршня температура в посудині повільно починає вирівнюватися. Визначте температури газу в верхній та нижній частинах посудини, коли поршень ділить її об’єм у відношенні 2 ∶ 3. | | |
|  | **Розв’язання:**  *Тиск в нижній частини завжди більший, ніж у верхній на деяку постійну величину, яка визначається масою поршню. Позначимо її через* ***р0****. Розглянемо початковий стан системи. Нехай тиск у верхній половині дорівнює* ***р0****, об’єм половини посудини –* ***V0****. Тоді, по перше* ***p0V0=νRT0****, де* ***ν*** *– кількість газу в одній половині, і, по друге, тиск в нижній половині рівний* ***р0+рп****. Так як об’єми рівні, а температури газів відрізняються втричі:*  *Нехай поршень тепер ділить об’єм посудини у відношенні* ***2:3****. Це означає, що*  ;  (*при охолодженні нижньої частини її об’єм буде меншим, ніж у верхньої). Оскільки ззовні в посудину тепло не проводиться:*  *Індекс* ***«н»*** *- відноситься до параметрів для нижньої частини посудини, індекс* ***«в»*** *- до параметрів для верхньої частини.*  *Підставляючи рівняння* ***p0V0=νRT0*** *маємо*:  *Напишемо рівняння Менделєєва-Клапейрона для нижньої та верхньої частини:*  *- нижня частина: ;*  *- верхня частина: ;*  *Так як*  ***;*** | | |
| 4 | Між двома нерухомими плоскопаралельними пластинами 1 і 2, які закорочені через резистор з опором R (див. рис.), поміщають аналогічну пластину 3, яка проводить струм, з позитивним зарядом q на відстані a від пластини 2, при цьому 2 d a < , де d - відстань між пластинами 1 і 2. Після встановлення рівноважного стану пластину 3 швидко переміщають в симетричне положення на відстань a від пластини 1. Допускаючи, що за час переміщення пластини 3, заряд на пластинах 1 та 2 не встигає змінитися, визначити величину і напрямок струму через резистор з опором R відразу після переміщення пластини 3. Площа кожної пластини S , відстань між пластинами мала порівняно з лінійними розмірами пластин. | | |
|  |  | | |
| 5 | *Уявний експеримент.* Опишіть послідовність дій та вимірювань при проведенні даного експерименту. Пояснити як за допомогою отриманих з експерименту результатів обчислити потрібну величину.  ***Обладнання:*** гнучкий шнур довжиною 30…80 см, вимірювальна лінійка.  ***Завдання:* Визначити коефіцієнт тертя шнура по кришці столу.** | | |
|  |  | | |