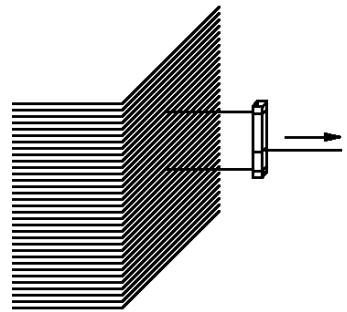


Теоретичний тур 8-й клас

1. До кінця підвішеної вертикально пружини, масою якої можна знехтувати, підвішують вантаж масою m . Потім до середини вже розтягнутої пружини підвішують ще один вантаж тієї самої маси. Визначити довжину розтягнутої пружини, якщо її жорсткість дорівнює k , а довжина в нерозтягнутому стані – L_0 .

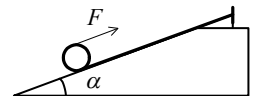
2. У герметично закритій посудині у воді плаває крижинка масою $M = 0,1$ кг, в яку вмержла свинцева дробинка масою $m = 5$ г. Яку кількість теплоти треба витратити, щоб дробинка почала тонути? Густина свинцю $11\,300$ кг/м³, густина криги — 900 кг/м³, теплота плавлення криги — 330 кДж/кг. Температура води в посудині — 0 °С.

3. Дві однакові довгі нитки просунуті одна над іншою на відстані $h = 4$ см поміж різних сторінок товстого тому енциклопедії. Учень 8-го класу визначив, що одну з ниток витягувати значно легше, ніж іншу. Тоді він прив'язав ці нитки до сірника, а ще однією ниткою перехопив сірник у такому місці, щоб, коли потягнути за неї, сірник рухався не нахилиючись (*див. мал.*). Виявилось, що третя нитка міститься не по центру сірника, а ділить його у співвідношенні 2:1. Потім учень поклав на том енциклопедії ще два таких самих томи і був змушений змістити третю нитку із її положення на $1/8$ довжини сірника. Спробуйте визначити товщину H енциклопедії. Що необхідно для використання розглянутого "пристрою" для зважування різних тіл?



4. На дні озера знаходиться неповна закоркована скляна пляшка, у якій міститься $1,3$ кілограми олії. Знайдіть роботу, яку треба виконати щоб підняти цю пляшку з дна водойми на борт катера, який перебуває на висоті 3 метрів над поверхнею води. Порожня пляшка має масу 200 г, а її зовнішній об'єм $1,5$ літра.

5. Вантажник котить бочку на гірку (*див. мал.*). Для цього він повільно тягне за перекинуту через бочку мотузку з силою $F = 300$ Н. При цьому мотузка паралельна до схилу гірки, який утворює кут $\alpha = 30^\circ$ з горизонтом, а інший кінець мотузки закріпленний нагорі. Визначити масу m бочки. Коефіцієнт сили тяжіння $g = 10$ Н/кг.

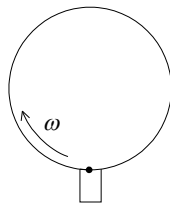


Задачі запропонували: С. У. Гончаренко (1,2,5), О. Ю. Орлянський (3), А. М. Шарий (4).

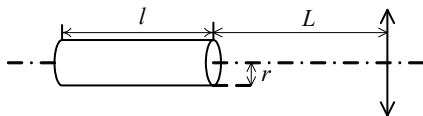
9 клас

1. Рибалка перебуває на крижині прямокутної форми, горизонтальні розміри якої значно більші за її товщину. Крижина плаває на воді і може витримати розміщене в її центрі тіло масою M . Якої маси m ($m \ll M_{\text{крижини}}$) рибалка може, не замочивши ніг, стояти на краю крижини в середині її ребра? Вважати, що густина льоду дорівнює $0,9 \text{ г/см}^3$.

2. Атракціон зроблений у вигляді горизонтальної круглої платформи (див. мал.) радіусом $R = 4 \text{ м}$, яка обертається з періодом $T = 8 \text{ с}$ на деякій висоті над басейном з водою. На платформі є тільки один вхід, яким, у разі потреби, можна скористатися як виходом. Між дітьми виникло змагання – хто найменше часу проведе на платформі, стартувавши від входу і найшвидше туди ж повернувшись. Максимально допустима швидкість, з якою можна достатньо впевнено пересуватися відносно платформи, не дуже велика і, дорівнює $v = 2 \text{ м/с}$. Знайдіть найменший час, через який можна повернутися до входу на платформу. Як при цьому варто рухатись? Схематично намалюйте траєкторію руху.



3. У цілковитій темряві циліндрична трубка світиться ззовні блакитним світлом, а всередині – жовтим. На відстані $L = 30 \text{ см}$ від трубки розташували збиральну лінзу, фокусна відстань якої $F = 20 \text{ см}$, так, що її головна оптична вісь збіглася з вісю симетрії трубки (див. мал.). Радіус трубки $r = 4,5 \text{ см}$, довжина $l = 30 \text{ см}$.



Визначте форму екрана для спостереження чіткого зображення всієї трубки і площу зображення на цьому екрані. Яким повинен бути радіус R лінзи, щоб зображення на екрані було і чітким, і максимально освітленим, а кольори не накладалися один на одного? Екран вважати непрозорим.

4. У глибокій циліндричній посудині з водою дном вниз плаває тонкостінна металева циліндрична пробірка масою m і висотою H . Завдяки направляючим, стінки пробірки та посудини залишаються паралельними. Яку мінімальну роботу A треба виконати, щоб пробірка опустилася на дно? Максимальна маса води, яку вміщує пробірка, дорівнює M .

5. У шкільній майстерні вирішили виготовити термометр. Для цього взяли алюмінієву та мідну пластини однакової товщини і вирізали з них однакові смужки довжиною $L = 20 \text{ см}$ і шириною $h = 5 \text{ мм}$. Потім краї смужок частково з'єднали (спеціальним зварюванням), як показано на мал. 1, підвісили на тонесенькій нитці і вкоротили мідну смужку до такої довжини

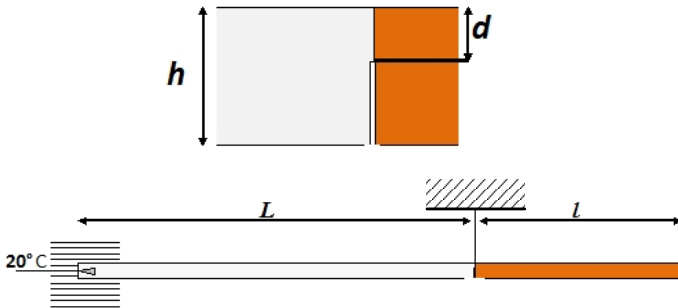
l , щоб рівноважне положення термометра, а при температурі $20\text{ }^\circ\text{C}$ було горизонтальним (див. мал.).

Знайдіть довжину l мідної смужки. На яких відстанях необхідно нанести риски на табло біля покажчика на вільному кінці алюмінієвої смужки (див. мал.), щоб ціна поділки була $5\text{ }^\circ\text{C}$? Як би Ви вдосконалили цей термометр для збільшення його точності?

Температурний коефіцієнт лінійного розширення алюмінію

$\alpha_{Al} = 2,3 \cdot 10^{-5}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, міді $\alpha_{Cu} = 1,7 \cdot 10^{-5}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$,

густина алюмінію $\rho_{Al} = 2,7\text{ г/см}^3$, міді $\rho_{Cu} = 8,9\text{ г/см}^3$, ширина з'єднання смужок $d = 2\text{ мм}$ (див. мал.).



Задачі запропонували: В. П. Сохаський (1), О.Ю. Орлянський (2,3,5), С. У. Гончаренко (4)

10 клас

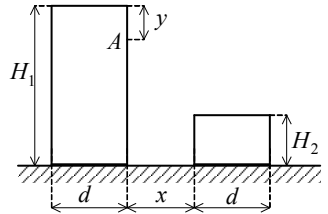
1. У міцній закритій посудині об'ємом V міститься суміш метану з киснем, парціальні тиски яких однакові. Після підпалювання суміші відбувається хімічна реакція $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Визначити масу суміші, якщо після охолодження вмісту посудини до температури $t = 100\text{ }^\circ\text{C}$ на стінках посудини випадає роса.

2. До гальванічного елемента паралельно під'єднують два резистори. Опір першого резистора в k разів перевищує внутрішній опір елемента, а опір другого такий, що при такому з'єднанні на ньому виділяється максимальна теплова потужність. У скільки разів зміниться швидкість розчинення цинкового електрода елемента, якщо відімкнути від нього другий резистор?

3. Дві гармати з двох віддалених точок одночасно здійснюють постріли. Перша стріляє на південь під кутом 15° до горизонту (швидкість снаряду $v_1 = 800\text{ м/с}$). Друга стріляє на схід під кутом 75° до горизонту (швидкість снаряду $v_2 = 400\text{ м/с}$). Визначте відносну швидкість снарядів. Визначте відстань між гарматами r_0 та мінімальну відстань r_{\min} , на яку наблизяться

снаряди під час польоту, якщо через час $t_1 = 1$ с після пострілів, відстань між снарядами була $r_1 = 400$ м, через $t_2 = 2$ с після пострілів – $r_2 = 800$ м. Опором повітря та обертанням Землі знехтувати.

4. Дві відкриті згори циліндричні посудини різної висоти і однакового діаметра d стоять поруч на відстані x (див. мал.). Нижча посудина порожня, а вища наповнена водою до висоти H_1 . Через невеликий отвір A з вищої посудини зливають воду в нижчу, поки та не стане повною. При заданих висотах посудин H_1 та H_2 значення координати y підібране так, що відстань x набуває максимального значення, а значення діаметра d при цьому обирається мінімальним. Визначити величини y , x , d .

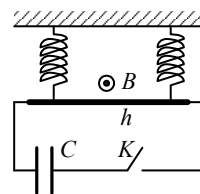


5. У нашій лабораторії в холодильнику при температурі 0°C зберігається посудина з кригою. Коли ми виймаємо її з холодильника, вона покривається крапельками сконденсованої вологи (“запотіває”). Було помічено, що маса води, яка конденсується на стінках посудини, до моменту, коли вся крига розтане, залежить від температури повітря в кімнаті. Якщо температура повітря рівна 20°C , то конденсується 22 г води. Якщо ж температура повітря підвищується до 30°C – тільки 16,5 г. При цьому абсолютна вологість повітря (маса молекул води, що міститься в 1 м^3 повітря) у нашій лабораторії завжди однакова. Чому дорівнює маса криги у посудині? Питома теплота плавлення криги 330 кДж/кг , питома теплота пароутворення води $2,3\text{ МДж/кг}$. Вважати, що конвекції немає і потік тепла від повітря кімнати на стінки посудини прямо пропорційний різниці температур. Теплоємністю посудини знехтувати.

Задачі запропонували: С. У. Гончаренко (1,2), О. Ю. Орлянський (3), А. П. Федоренко (4), Є. П. Соколов (5).

11 клас

1. Прямолінійний провідник довжиною h і масою m підвішений на двох пружинах жорсткістю k в горизонтальному однорідному магнітному полі з індукцією B (див. мал.). При замиканні ключа K конденсатор ємністю C , заряджений до різниці потенціалів U , замикається на провідник і розряджається. Визначити амплітуду коливань провідника, якщо час розрядження конденсатора набагато менший за період цих коливань.



2. До ланцюжка пальників, розташованих на невеликих відстанях один від одного, надходить газ. Кількість теплоти, що виділяється при його горінні на одиницю довжини ланцюжка за одиницю часу, визначається співвідношенням $Q_+(T) = Q_0 \Theta$, де $\Theta(x) = 1$ при $x > 0$ і $\Theta(x) = 0$ при $x < 0$. Пальник горить при $T > T_C$, де T_C – температура запалювання. Коли всі пальники горять, кількість теплоти на одиницю довжини ланцюжка, що надходить за одиницю часу в навколишнє середовище, визначається формулою $Q_-(T) = \gamma(T - T_0)$, де T_0 – температура навколишнього середовища. Теплоємність одиниці довжини ланцюжка дорівнює C . Знайдіть температуру T_1 ланцюжка в стаціонарному стані, коли всі пальники горять.

Прийmemo, що у випадку, коли пальники горять лише в деякій частині ланцюжка, температура вздовж ланцюжка в перехідній ділянці завдовжки L на межі ділянки горіння змінюється за лінійним законом від T_1 до T_0 . За яких температур навколишнього середовища вздовж ланцюжка побіжить хвиля запалювання, а за яких – хвиля гасіння? Знайдіть швидкість цих хвиль.

3. Дві однакові заряджені намистинки нанизані на горизонтально розташоване тонке кільце, зроблене зі спеціального непровідного матеріалу. Спочатку намистинки перебувають у діаметрально протилежних точках кільця. Яку невелику швидкість v_0 слід надати одній із намистинок, щоб, зробивши повний оберт, вона на мить зупинилась у точці, з якої почала рух? Силами тертя, опором повітря і розмірами намистинок у порівнянні з розміром кільця знехтувати. Кільце вважати нерухомим. Відомо, що якби перед початком досліду кільце раптово зникло, частинки розлетілися б і (за умови невагомості) на великій відстані набули швидкості v_∞ .

4. Квантова теорія передбачає притягання незаряджених провідників у вакуумі (ефект Казимира), які перебувають на малих відстанях один від одного. Оцініть, за якої відстані між двома паралельними металевими пластинами сила, що діє на одиницю площі пластини (своєрідний квантовий тиск), дорівнює атмосферному тиску 10^5 Па. Оцінку проведіть двома способами і порівняйте їх результати.

Вказівки:

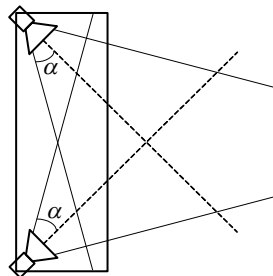
1. Проведіть розрахунки відповідно до такої моделі. Уявіть, що за рахунок випадкових відхилень від рівноважного стану (флуктуацій) у поверхневому шарі пластини з'являється пара зарядів $+e$ і $-e$ (диполь), кожний з яких займає однаковий об'єм, один ближче до другої пластини, інший – далі. За рахунок електростатичної індукції на протилежній пластині виникає перерозподіл зарядів і, як наслідок, сила взаємодії. Проведіть розрахунки для

однієї пари зарядів і припустіть далі, що такі флуктуації відбуваються безперервно вздовж всієї поверхні.

2. Проведіть оцінку з міркувань розмірностей, вважаючи, що квантовий тиск не повинен залежати від елементарного заряду e .

Довідкові дані: швидкість світла $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, стала Планка $\hbar = 10^{-34}$ Дж \cdot с, елементарний заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, електрична стала $\epsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

5. В дальніх кутах сцени на відстані $d = 2$ м від її переднього краю на висоті $H = 2$ м над сценою встановлені динаміки. Вісь симетрії кожного динаміка знаходиться під кутом 45° до сцени, а звук з нього йде в конус з кутом розходження $\alpha = 30^\circ$ (див. мал.). Кожен динамік відтворює підсилений звук від мікрофона в руках співака на сцені. Якщо мікрофон перебуватиме досить близько від динаміка, можливе явище, коли звук, вийшовши з динаміка, приймається мікрофоном, підсилюється і знову виходить з динаміка вже з більшою гучністю. В такій ситуації акустична система починає видавати звук сама по собі. Де має перебувати співак з мікрофоном, щоб виникло це явище? Визначте можливі частоти створюваного звуку. Ширина сцени $L = 5$ м. Співак тримає мікрофон на висоті $h = 1,5$ м. Мікрофон перетворює звук (коливання тиску повітря) на коливання напруги з коефіцієнтом перетворення $A = 100$ В/Па. Далі ця напруга підсилюється в $k = 100$ разів підсилювачем і надходить на динамік, де перетворюється на коливання тиску з коефіцієнтом перетворення $B = 0,01$ Па/В. Площа мембрани динаміка $S_0 = 0,01$ м².



Задачі запропонували: С. У. Гончаренко (1), І. О. Анісімов (2), О. Ю. Орляський (3,4), О. І. Кельник (5)