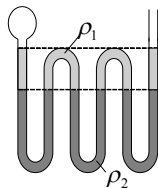


**Т е о р е т и ч н и й т у р**  
**8 клас**

1. Зігнута трубка сталого перерізу розміщена у вертикальній площині й заповнена двома рідинами, які не змішуються, з густинами  $\rho_1$  і  $\rho_2$  ( $\rho_1 < \rho_2$ ). Всі межі поділу між двома рідинами знаходяться на однаковій висоті. Верхні межі рідини  $\rho_1$  збігаються (див. мал.). Нехтуючи стисливістю рідин, знайти зміщення  $\Delta x$  рівня рідини в правому відкритому коліні, якщо тиск над рідиною в лівому коліні зростає на  $\Delta p$ .



2. Бажаючи одержати фотографію зебри, фотограф сфотографував білого віслюка, приклавши до об'єктиву фотоапарату плівку з чорними смужками. Що вийшло на знімку?

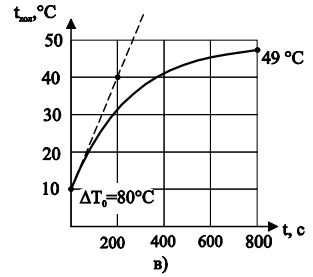
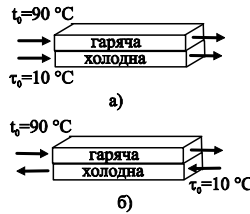
3. Гумова нитка прив'язана кінцями до стелі в одній точці. По одній частині нитки зі стелі починає повільно спускатися поважний масивний жук. Побудувати графік залежності відстані від стелі до жука від пройденої частини нитки. Маса жука така, що відрізок цієї гумової нитки під його вагою видовжиться вдвічі. Вважати, що гумова нитка розтягається за законом Гука, а її масою можна знехтувати. Коефіцієнт жорсткості нитки обернено пропорційний довжині нерозтягнутої нитки.

4. Для обслуговування стін глибоководного басейну аквалангісти вирішили використати дерев'яну драбину довжиною 4 м (див. мал.). Драбина під водою виявилась досить норовистою. Оцініть, яку частину драбини один аквалангіст може впевнено використовувати під водою? До якої висоти він зможе обробити стіни басейну? Аквалангіст працює на відстані не меншій 30 см від стіни, обробляючи її при цьому до висоти 2 м відносно рівня підшов. Маса драбини 10 кг, густина деревини  $800 \text{ кг/м}^3$ . Сила, яку необхідно було б докласти, щоб повільно опустити аквалангіста з обладнанням на дно басейну, дорівнює 100 Н. Прискорення вільного падіння  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Проконзування між драбиною і поверхнею басейну відсутнє.



5. Є дві однакові, притиснуті одна до одної мідні труби. Через одну пропускають гарячу воду, через другу – холодну (див. мал. а, б). Для визначення теплообмінних властивостей такого з'єднання труб їх попередньо заповнили гарячою ( $90^\circ\text{C}$ ) і холодною ( $10^\circ\text{C}$ ) водою і побудували графік зміни температури холодної води з часом (див. мал. в). Використовуючи цей графік, розрахуйте, яку температуру холодної води на виході буде забезпечувати теплообмінник, якщо напрямки течії гарячої й холодної води в ньому: а) однакові (мал. а); б) протилежні (мал. б). Довжина кожної труби 8 м,

швидкості течії гарячої й холодної води 1 см/с, температура гарячої води на вході  $90^{\circ}\text{C}$ , температура холодної води на вході  $10^{\circ}\text{C}$ . В усіх випадках теплообмін із зовнішнім середовищем відсутній. Кількість теплоти, що передається від гарячої до холодної води за одиницю часу, прямо пропорційна різниці їхніх температур.



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

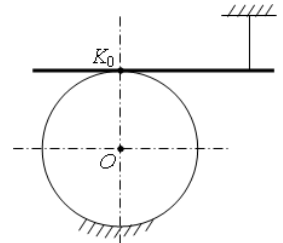
## 9 клас

1. Необхідно максимально збільшити малий об'єкт за допомогою мікроскопа, що складається з двох тонких збірних лінз (об'єктива та окуляра), розташованих на одній оптичній осі. Предмет розташовують перед фокусом об'єктива. Як окуляр використовують лупу з фокусною відстанню 1 см. Дійсне зображення об'єкту в об'єктиві є предметом для окуляра. За технічними умовами об'єкт не може бути розташованим ближче, ніж 5 см від об'єктива. Відстань між об'єктивом і окуляром не може перевищувати 30 см. Знайдіть максимальне збільшення мікроскопу та побудуйте хід променів у такій системі.

2. Див. 8 клас, задача 5.

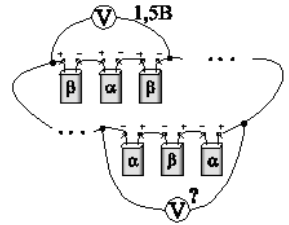
3 На ободі невагомго колеса з нерухомою віссю радіусом  $R = 1$  м рівномірно розміщені  $N = 201$  комірок. В момент, коли кожна із комірок проходить верхнє положення, в неї опускають з нульовою початковою швидкістю відносно землі вантаж масою  $m = 100$  г. В момент, коли комірка проходить нижнє положення, вантаж випадає з неї. Визначте лінійну швидкість комірок, яка встановиться. Тертям у вісі та опором повітря знехтувати.

4. Однорідний тонкий стрижень, що лежить на нерухомій циліндричній поверхні, утримувався в горизонтальному положенні за допомогою нитки (див. мал.). Після перерізання нитки виявилось, що він став здійснювати повільно згасаючі коливання без проковзування. При цьому початковий максимальний кут відхилення стрижня від горизонталі становив  $\alpha_{\max}$ . Виразіть через  $\alpha_{\max}$  кінцевий кут відхилення стрижня від горизонталі  $\alpha_k$  після його зупинки.



Математична примітка: якщо кут вимірюється в радіанах, то довжина  $l$  дуги кола радіуса  $R$  визначається:  $l = Ra$ , де  $a$  – відповідний центральний кут.

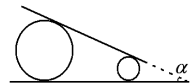
5. Недосвідчений лаборант спаяв замкнуте коло з десяти батарейок «Альфа» і чотирнадцяти батарейок «Бета». Батареїки він брав у довільному порядку, але завжди з'єднував «плюс» з «мінусом». Верхній вольтметр, підключений до групи «Бета» – «Альфа» – «Бета» (див. мал.), показує напругу 1,5 В. Яку напругу показує нижній вольтметр, підключений до групи «Альфа» – «Бета» – «Альфа»? Яку напругу покаже вольтметр, якщо його підключити до батарейки «Бета»? До батарейки «Альфа»?



Задачі запропонували В. П. Сохацький (1), Є. П. Соколов (2, 5), С. У. Гончаренко (3), А. П. Федоренко (4).

## 10 клас

1. Два циліндри котяться без проковзування по горизонтальному столі. Зверху на них лежить дошка (див. мал.). Осі циліндрів паралельні. Визначте швидкість дошки щодо стола в момент, коли модуль відносної швидкості найближчих одна до одної точок циліндрів дорівнює  $v$ , а площа дошки утворює з площиною стола кут  $\alpha$ .



2. Див. 9 клас, задача 4.

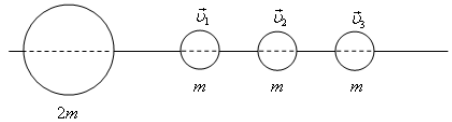
3. Відчуття об'ємності виникає внаслідок відмінності зображення того самого предмета для лівого і правого ока. На плоскому екрані одночасно створюються два зображення, одне з яких призначене для лівого ока, а друге для правого. Для розділення зображень одягають спеціальні окуляри. Уявіть, що Ви сидите в таких окулярах перед 3D-монітором і спостерігаєте моделювання обертання Місяця навколо Землі. Земля розташована в центрі монітора, навкруги неї в площині, перпендикулярній екрану, яка проходить через Ваші очі, обертається двосантиметрова кулька Місяця, то виходячи за площину екрана і наближаючись до Вас, то йдучи вглиб екрана і віддаляючись. Вважаючи, що радіус орбіти Місяця 20 см, а віддаль від екрана до Ваших очей – 60 см, схематично в масштабі 1:4 побудуйте зображення на плоскому екрані монітора, що формують у глядача три об'ємні рівновіддалені положення Місяця при його русі по орбіті, починаючи з моменту, коли Місяць максимально віддалений. Оцініть, у скільки разів максимальна швидкість плоского зображення на екрані більша від швидкості колового руху Місяця, а швидкість колового руху Місяця більша середньої (за період обертання) швидкості плоского зображення на екрані. Чи зміниться сприйняття руху Місяця, якщо дивитися на екран збоку? Якщо зміниться, то як саме? Вважайте, що віддаль між зіницями дорівнює 6 см.

4. Проаналізуйте наведені у таблиці дані і спробуйте знайти закономірність. Запропонуйте гіпотезу\* щодо молярної теплоємності\*\*  $C_m$  твердих тіл. Розрахуйте значення теплоємності, яка припадає на один атом. Вважаючи, що у твердому стані кінетична енергія кожного атома твердого тіла дорівнює потенціальній, запропонуйте гіпотезу щодо молярної теплоємності одноатомного ідеального газу, частинки якого вільно літають у наданому об'ємі і не взаємодіють між собою. Знайдіть температуру, яка встановиться у теплоізолюваній барокамері, заповненій 8 кг гелію при температурі  $0^\circ\text{C}$ , якщо в неї помістити титанову деталь масою 5 кг, нагріту до  $300^\circ\text{C}$ . Внутрішня тонкостінна оболонка барокамери також виготовлена з титану масою 5 кг. Молярні маси гелію і титану відповідно 4 г/моль і 48 г/моль.

\*Гіпотеза – припущення, здогадка; \*\*молярна теплоємність – це теплоємність одного моля речовини, який складається з  $N_A = 6 \cdot 10^{23}$  атомів чи молекул.

	Алюміній	Залізо	Мідь	Срібло	Золото
Молярна маса, г/моль	27,0	55,8	63,5	108	197
Питома теплоємність, Дж/(кг·град)	900	443	385	237	129

5. На гладенький довгий горизонтально розташований стержень нанизано три кульки масою  $m$  кожна та одна кулька масою  $2m$  (див. мал.) У початковий момент



всі кульки ковзають вздовж стержня ліворуч із деякими невідомими за величиною швидкостями (відомо, що  $v_1 < v_2 < v_3$ ). Після зіткнень важка кулька отримує швидкість  $v$ , а всі легкі зупиняються. Нехтуючи тертям кульок об стержень і вважаючи всі зіткнення абсолютно пружними, визначте швидкість кожної легкої кульки до зіткнення.

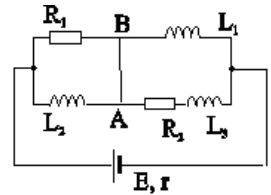
Задачі запропонували С. У. Гончаренко (1), А. П. Федоренко (2), О. Ю. Орлянський (3, 4), В. Ф. Заболотний (5).

## 11 клас

1. Протонний пучок, що інjektувався в ЛHC (великий адронний колайдер), мав кінетичну енергію 450 GeV (1 GeV =  $1,6 \times 10^{-10}$  Дж) на протон. **1.** Визначити швидкість пучка в одиницях швидкості світла  $c$  ( $c = 3,0 \times 10^8$  м/с). **2.** У фізиці високих енергій використовують так звану природну систему одиниць, в якій стала Планка  $\hbar = h/2\pi = 1,05 \times 10^{-34}$  Дж · с і швидкість світла  $c$  є безрозмірними величинами і дорівнюють одиниці ( $\hbar = c = 1$ ). Використовуючи цю систему, визначити розмірності маси  $M$ , довжини  $L$ , часу  $t$ , швидкості  $v$ , сили  $F$ , електричного заряду  $q$ , напруженості електричного поля  $E$ , індукції магнітного поля  $B$  в еВ. **3.** Знайти числові значення 1 см, 1 с і 1 Кл в еВ. **4.** В кільце ЛHC інjektується 2 протонні пучки, що рухаються в протилежних напрямках. Кожен пучок містить 2800 груп по  $10^{11}$  протонів

в кожній. Вважаючи, що протони рухаються зі швидкістю 0.999 999 991 швидкості світла, визначити енергію всього пучка в Дж. 5. Знайти швидкість поїзда масою 400 тон, кінетична енергія якого дорівнює енергії пучка. Маса протона  $1,67 \cdot 10^{-27}$  кг, закон Кулона в природній системі одиниць має вигляд  $F = q_1 q_2 / r^2$ .

2. У схемі, що складається із двох опорів, трьох ідеальних котушок індуктивності і неідеального джерела струму, раптово перегоріє перемичка АВ (див. мал.). Чому буде дорівнювати напруга на джерелі відразу після цього? ЕРС джерела дорівнює  $E = 12\text{В}$ , індуктивність третьої котушки втричі більша від індуктивності другої котушки,  $L_3 = 3L_2$ .



3. Джерелом сонячної енергії є перетворення водню на гелій. Можна вважати, що в надрах Сонця з чотирьох атомів водню утворюється один атом гелію і два нейтрино, які вилітають з майже світловою швидкістю. При цьому виділяється значна кількість енергії, 2% якої забирають нейтрино. Нейтрино – дуже легкі частинки з надзвичайно великою проникністю. Велетенські товщі речовини для них є практично прозорими. Оцініть кількість сонячних нейтрино, які зараз пронизують об'єм тіла учасника олімпіади масою 50 кг. Уявіть тепер, що такий же учень пролітає на космічному кораблі повз Землю в напрямку її руху зі швидкістю  $v = 0,8c$ . Оцініть кількість сонячних нейтрино, які будуть пронизувати космічного мандрівника протягом  $t = 5$  год польоту. Відповідь надайте як з точки зору земного спостерігача, так і пілота космічного корабля. Швидкість світла у вакуумі  $c = 300\,000$  км/с, маси водню і гелію дорівнюють 1,0078 а.о.м. і 4,0026 а.о.м., де 1 а.о.м. =  $1,6605 \cdot 10^{-27}$  кг. Відомо, що поблизу земної орбіти через перпендикулярний до сонячних променів квадратний метр поверхні щосекунди проходить 1370 Дж енергії сонячного випромінювання. Відстань від Землі до Сонця  $r_0 = 1,5 \cdot 10^{11}$  м.

4. Для створення штучної гравітації космічна станція спроектована у вигляді циліндра радіусом  $R$ . Її привели в обертання навколо осі циліндра з такою кутовою швидкістю, щоб на внутрішній поверхні циліндра, як і на Землі, відчувалося прискорення вільного падіння  $g$ . Проаналізуйте залежність періоду плоских малих коливань математичного маятника довжиною  $l$  від його розташування всередині станції.

5. З області, де магнітне поле відсутнє, циліндричний електронний пучок потрапляє в область, де магнітне поле складає  $B = 3 \cdot 10^{-2}$  Тл і паралельне осі пучка. Визначте характер руху пучка електронів в області, де є магнітне поле. Оцініть кількісні характеристики цього руху.

Задачі запропонували С. Й. Вільчинський (1), Є. П. Соколов (2), О. Ю. Орлянський (3, 4), І. О. Анісімов (5).