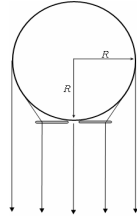


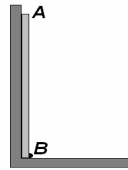
Міністерство освіти і науки України
XLVI Всеукраїнська олімпіада юних фізиків, м. Севастополь, 2009

Теоретичний тур 8-й клас

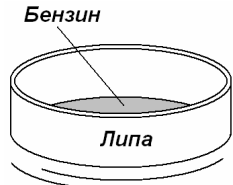
1. На фото – професор кафедри квантової макрофізики ДНУ В. С. Савчук. Вважаючи, що фото було зроблено з досить великої відстані, визначити: 1) яка вада зору у вченого – короткозорість чи далекозорість; 2) визначити з якомога більшою точністю оптичну силу лінз його окулярів; 3) як зміниться відповідь, якщо припустити, що фото було зроблено з близької відстані (поясніть). Відомо, що при виготовленні окулярів оптичні центри лінз розташовують навпроти зіниць очей, коли людина дивиться вдаль. Для виконання завдання скористуйтеся лінійкою та наведеною моделлю (див. мал.), на якій схематично зображено голову людини, лінзи окулярів і хід променів (вигляд зверху). При розрахунках вважати, що $R = (10,0 \pm 1,0)$ см. Оцініть точність розрахунків.



2. Біля вертикальної стінки стоїть паличка АВ довжиною L (див. мал.). На її нижньому кінці В сидить жук. В той момент, коли кінець В почали рухати праворуч з постійною швидкістю v , жук поповз по паличці з постійною швидкістю u . На яку максимальну висоту над підлогою підніметься жук за час свого руху по паличці, якщо її верхній кінець не відривається від стінки?



3. Відомо, що бензин не розпливається по поверхні води, а липовий брусок у бензині не тоне. У ванну, заповнену водою, опустили кільце з липи (див. мал.). Площа поперечного перерізу отвору кільця $S = 300$ см², а його висота $H = 5$ см. Яку масу бензину можна влити всередину кільця так, щоб він не потрапив назовні? Густина липи $\rho_L = 500$ кг/м³.



4. Колона автомобілів рухається прямолінійно зі швидкістю $v = 36$ км/год, рівномірно розтягнувшись на $L = 3$ км. Два спостерігачі на мотоциклах починають рух з центру колони у протилежних напрямках зі швидкостями $v_1 = 4v$ (у напрямку голови колони) та $v_2 = 2v$ (у на-прямку хвоста колони). Доїхавши до країв колони, спостерігачі розвертаються та продовжують рух з тими ж швидкостями у зворотному напрямку. Визначте, у якій точці колони (відраховуючи від її голови) відбудеться їх перша зустріч і який шлях пройде колона за цей час.

5. На шальку пружинних терезів кладуть тіло масою m . У момент, коли тіло торкнеться поверхні шальки терезів, його миттєво відпускають. У результаті повного згасання коливань шальки з тілом виділяється кількість теплоти Q_m . Скільки тепла Q_M виділиться, якщо за тих же умов тіло масою m замінити на тіло масою $M = n \cdot m$?

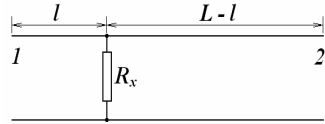
Задачі запропонували О.Ю. Орлянський (1), С.У. Гончаренко (2-4), Б.Г. Кремінський (5).

9 клас

1. Див. 8 клас, задача 1.

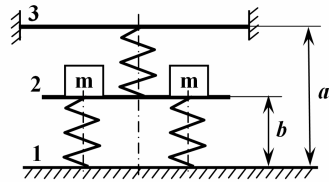
2. У калориметр з гарячою водою вкинули шматочок льоду, температура якого 0°C . Після встановлення теплової рівноваги температура води знизилася на $\Delta t_1 = 12^{\circ}\text{C}$. Коли в калориметр вкинули другий такий самий шматочок льоду, температура води знизилася ще на $\Delta t_2 = 10^{\circ}\text{C}$. На скільки градусів знизиться температура води, якщо в неї вкинути третій такий самий шматочок, який повністю розтане? Теплоємністю калориметра та теплообміном з навколишнім середовищем знехтувати.

3. У деякій точці двопровідної телефонної Лінії невідомої довжини L сталося пошкодження, внаслідок якого між провідниками з'явився опір витоку R_x (див. мал.). До обох кінців лінії прибули бригади (№1 та №2). Вони заміряли опори лінії при розімкнутих (R_1 і R_2) та закорочених (r_1 і r_2) протилежних кінцях лінії і отримали значення $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 8$ Ом, $r_1 = 3,5$ Ом. Визначити опір витоку R_x , відстань l до місця пошкодження, загальну довжину лінії L , а також відновити втрачене значення опору r_2 . Опір одиниці довжини кожного провідника лінії складає $\rho = 5,4 \cdot 10^{-4}$ Ом/м.



4. На дерев'яному колесі водяного млина радіусом $R = 1$ м рівномірно розміщені N комірок для набору води ($N = 21$). Коли чергова комірка проходить у верхнє положення, в неї наливається (без початкової швидкості щодо землі) вода масою $m = 10$ кг. Коли комірка проходить нижнє положення, вода виливається з неї зі швидкістю руху крайніх точок колеса (комірки). Знайдіть швидкість обертання колеса, що встановиться, не враховуючи його маси й тертя в осі, вважаючи зіткнення рідини з коміркою колеса: а) абсолютно пружним; б) абсолютно непружним.

5. Три однакові пружини розміщені між трьома горизонтальними пластинами. Система має вісь симетрії, що збігається з віссю симетрії верхньої пружини. На малюнку система зображена в кінцевому положенні. Спочатку пластина 3 була рухомою, а два однакові тягарі маси m лежали на ній симетрично. У положенні статичної рівноваги вона була закріплена нерухомо на відстані a від пластини 1. Після цього обидва тягарі були перекладені на рухому пластину 2, яка, перемістившись, зупинилася на відстані b від пластини 1. Знаючи значення m , a , b , знайти жорсткість пружин k та їх довжину l у недеформованому стані. Пластини весь час залишалися горизонтальними. Масою та деформацією пластин знехтувати.



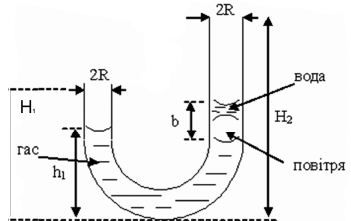
Задачі запропонували О. Ю. Орлянський (1), С. У. Гончаренко (2–3), В. П. Сохацький (4), Б. Г. Кременський (5).

10 клас

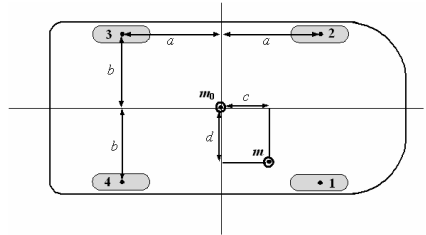
1. Аналіз руху космічних апаратів Піонер-10 і Піонер-11 виявив незвичну аномалію: обидва космічні апарати мали додаткове прискорення $\Delta a \approx 8 \cdot 10^{-10} \text{ м/с}^2$ в напрямку Сонця, яке протягом років залишалося незмінним, не зважаючи на значне збільшення відстані від Сонця. Одним з можливих пояснень «ефекту Піонерів» є гравітаційна взаємодія з темною матерією, що може скупчуватися навколо зірок. На думку вчених, темна матерія складається з поки що не відкритих елементарних частинок, які взаємодіють зі звичною речовиною тільки гравітаційно. На момент, коли відстань між Піонером-10 та Сонцем дорівнювала $r_0 = 50$ а.о. (1 а.о. = $1,5 \cdot 10^{11}$ м – відстань від Землі до Сонця), швидкість, з якою космічний апарат віддалявся від Сонця, була $v_0 = 12$ км/с. Знайдіть, на якій відстані від Сонця Піонер-10 зупиниться і почне зворотній рух, якщо вважати, що аномалія буде зберігатися й далі. Знайдіть залежність густини темної матерії від відстані до Сонця $\rho(r)$, що забезпечує стале додаткове прискорення $\Delta a \approx 8 \cdot 10^{-10} \text{ м/с}^2$. Оцініть сукупну масу частинок темної матерії, які зараз пронизують Ваше тіло.

2. Горизонтальна площина, що має форму кола, обертається відносно центральної вертикальної осі зі сталою кутовою швидкістю ω . По колу відносно цієї осі проти годинникової стрілки зі сталою швидкістю u відносно площини рухається автомобіль, яка утримується на площині за рахунок тертя. При $\omega = 0$ допустима гранична швидкість $u = u_0$, а при $u = 0$ допустима гранична кутова швидкість $\omega = \omega_0$. Автомобіль при прямолінійному русі по нерухомій площині може розвивати максимальну швидкість $u_{max} = 4u_0$, а площина може обертатися в будь-якому напрямку з максимальною кутовою швидкістю $|\omega|_{max} = 2\omega_0$. Визначити час кутового переміщення $\Delta\varphi$ автомобіля в нерухомій системі відліку ($0 \leq \Delta\varphi \leq 2\pi$) при всіх допустимих значеннях ω та u .

3. У двох сполучених скляних капілярах радіусами $R_1 = 0,5$ мм та $R_2 = 0,9$ мм знаходиться газ (див. мал.). Верхній меніск стовпчика газу у вузькому капілярі знаходиться на висоті $h_1 = 10$ см. Довжина вузького капіляра $H_1 = 12$ см, а довжина ширшого – $H_2 = 17$ см. В ширший капіляр зі шприца вводиться вода. Між стовпчиками газу та води утворюється стовпчик повітря. У деякий момент верхній меніск стовпчика води знаходиться на висоті $b = 3$ см над поверхнею газу. Змочування скла як газом, так і водою вважати повним. Коефіцієнти поверхневого натягу рідин: $\sigma_{газу} = 0,030$ Н/м, $\sigma_{води} = 0,073$ Н/м, їхні густини дорівнюють відповідно $\rho_{газу} = 800$ кг/м³, $\rho_{води} = 1000$ кг/м³. Скільки води ще треба долити у широкий капіляр, щоб з вузького почав витікати газ?



4. Мікроавтобус стоїть на зупинці так, що його підлога горизонтальна, а всі чотири амортизаційні пружини (точки 1, 2, 3, 4 на малюнку) стиснуті на однакову величину $x_0 = 8$ см. У мікроавтобус піднімається пасажир масою $m = 75$ кг і зупиняється в точці, яка віддалена від центру мікроавтобуса на відстані $c = 60$ см і $d = 75$ см (див. мал.).



Визначити, на скільки і як деформується кожна з пружин відносно попереднього положення. На скільки робота, яку виконав пасажир, піднявшись до мікроавтобуса, більша за зміну потенціальної енергії людини? Вважати всі амортизаційні пружини однаковими, центр мас підвищеної на них верхньої частини мікроавтобуса ($m_0 = 1500$ кг) розташованим в його центрі (див. мал.), $a = 1,2$ м, $b = 1,0$ м.

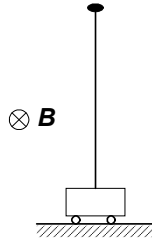
5. В герметично закритій посудині об'ємом 100л знаходиться деяка кількість ідеального газу, молекули якого складаються з атомів одного й того ж хімічного елемента. Посудину нагрівають, вимірюючи залежність тиску газу від його температури. Після обробки отриманих експериментальних даних виявилось, що весь графік залежності $p(T)$ з достатньою точністю апроксимується трьома послідовними лініями: прямою, гілкою параболи й знову прямою. В таблиці наведені деякі точки, що лежать на цих лініях. Нехтуючи втрати тепла в навколишнє середовище, 1) поясніть появу ділянки з квадратичною залежністю; 2) визначте інтервал температур, на якому спостерігається ця залежність; 3) отримайте залежність внутрішньої енергії газу в посудині від температури

T, K	340	530	720	910	1100	1290	1480
$P, кПа$	56,51	88,09	140,4	224,4	332,4	428,8	492,0

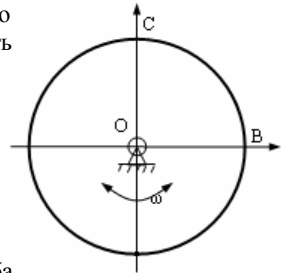
Задачі запропонували О. Ю. Орлянський (1,4), А. П. Федоренко (2), Б. Г. Кременський, І. Л. Рубцова (3), М. І. Пашко (5).

11 клас

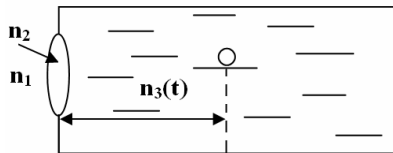
1. В однорідному горизонтальному магнітному полі на горизонтальній поверхні стоїть візок з вмонтованим довгим вертикальним діелектричним стрижнем. На стрижень зверху надягають заряджене кільце і відпускають (див. мал.). Описати характер руху кільця і візка, знайти їх максимальні швидкості. Тертям і опором повітря, а також зазором між стрижнем і кільцем знехтувати. Маса візка зі стрижнем M , довжина стрижня l , маса кільця m , заряд кільця q (в процесі руху не змінюється), магнітна індукція B .



2. Мавпа сидить у циліндричному «драбинному» барабані, який може без тертя обертатися навколо горизонтальної осі, що співпадає з його центром (див. мал.). Біля верхньої точки C барабана висить банан. Перебуваючи в нижній точці A барабана, мавпа спочатку розгойдується, як на гойдалці, поки не досягне точки B на рівні осі барабана. Тут вона починає бігти по бічній поверхні барабана, перехоплюючи шаблі драбини, утримуючись певний час t на рівні осі барабана. Яким має бути цей час, щоб мавпа потім легко дісталася до банана? Кругова частота малих власних коливань барабана з мавпою поблизу точки A дорівнює k . Урахувати, що спроба потрапити спочатку в точку C , не зупиняючись у точці B , не дала результату.

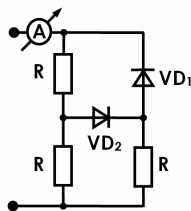


3. У одну зі стінок скляної кювети, заповненої водою, вмонтована опукла лінза з радіусами кривизни поверхонь r_1 та r_2 (див. мал.). В кювету наспівають сіль, утворюється однорідний за об'ємом розчин. При нагріванні показник заломлення розчину зростає лінійно з часом за законом $n(t) = n_0 + \alpha t$.

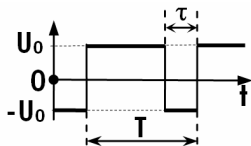


Запишіть формулу тонкої лінзи у цьому випадку. Зобразіть графічно залежність оптичної сили лінзи у такій системі від часу нагрівання та прокоментуйте цю залежність. Розрахуйте залежність фокусної відстані лінзи у розчині від часу. Відобразіть зміну положення зображення бульбашки (об'єкту), яке ми бачимо, дивлячись на неї крізь скло із повітря, якщо у початковий момент вона знаходилась на подвійній фокусній відстані у воді і надалі залишалась нерухомою. Як залежить від часу відношення радіуса зображення бульбашки до радіуса самої бульбашки (коефіцієнт збільшення)? Вважати, що показники заломлення повітря $n_1 = 1$, лінзи n_2 , а показник заломлення води при $t = 0$; $n_0 < n_2$.

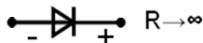
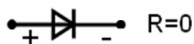
4. Залежність напруги між клемми схеми (мал.1) від часу представлено графіком на мал.2. Період прикладеної напруги – T , амплітуда – U_0 . Знайти ефективне значення струму, яке покаже амперметр А, увімкнений у схему мал.1, якщо опори всіх резисторів однакові і дорівнюють R . Амперметр і діоди вважати ідеальними. (див. мал.3). Добуток ефективних значень напруги та сили струму дорівнює середній тепловій потужності, яка виділяється на активному опорі.



Мал. 1



Мал. 2



Мал. 3

5. Механічний годинник з гирею можна наближено розглядати як маятник із згасанням, рівняння коливань якого має вигляд $\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$, $\omega_0^2 > 0$, $\delta \ll \omega_0$, де x – величина, яка характеризує відхилення від положення рівноваги (точка над символом позначає диференціювання за часом), δ – параметр в'язкого тертя, ω_0 – власна частота. У моменти часу, коли маятник проходить через положення рівноваги, його швидкість зростає за модулем на сталу величину Δ під дією так званого анкерного механізму (за рахунок потенціальної енергії гирі). В результаті рух маятника стає строго періодичним. Зобразить (на якісному рівні) залежність швидкості маятника \dot{x} від відхилення x (фазову траєкторію) в режимі усталених коливань. Знайдіть максимальне відхилення маятника від положення рівноваги в цьому режимі.

Задачі запропонували О. Ю.Орлянський (1), А. П.Федоренко (2), І. Л.Рубцова (3), Л. Н. Заседка(4), І. А. Анісімов (5).