

LV Всеукраїнська олімпіада юних фізиків, м. Суми, 2018

Теоретичний тур

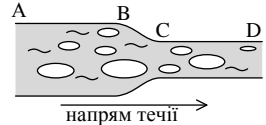
8-й клас

8.1. Кульки А і В, масою $m = 0,16$ кг кожна, мають однакові за модулем і протилежні за знаком заряди $q = 10$ мкКл. Кулька А підвішена на непровідній пружині жорсткістю $k = 20$ Н/м над кулькою В (див. мал.). В початковому положенні сила кулонівської взаємодії між кульками дорівнює $F_0 = 4mg$. Верхній кінець пружини повільно піднімають. На скільки потрібно перемістити точку O , щоб сила натягу нитки ВС стала рівною нулю?



8.2. Коли температура повітря на вулиці була $t_{c1} = 2$ °С, всередині будинку підтримувалася температура повітря $t_{н1} = 22$ °С. При цьому температура води на вході в систему опалення будинку $t_{вх1} = 55$ °С, температура води на виході з системи опалення будинку $t_{вих1} = 35$ °С, витрати води $V_0 = 15$ л/хв.. Після похолодання температура на вулиці стала $t_{c2} = -12$ °С, а температура в кімнаті лишилася тією ж самою. Оцініть нові значення температури води на вході та виході системи опалення, якщо витрати води не змінюються.

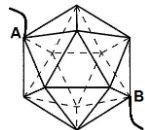
8.3. На ділянці АВ (див. мал.) річка має ширину $d_1 = 240$ м і глибину $h_1 = 3$ м, а на ділянці CD – ширину $d_2 = 120$ м і глибину $h_2 = 5$ м. Під час льодоходу поверхня річки на ділянці АВ вкрита крижинами на $q_1 = 48$ %. 1) Яка частка поверхні річки вкрита крижинами (q_2) на другій ділянці? 2) Якою має бути частка покриття льодом першої ділянки (q_3), щоб на річці виник льодовий затор, тобто не залишилося вільної поверхні води? Вважати, що швидкість руху води однакова у всіх точках поперечного перерізу річки.



8.4. При проведенні лабораторної роботи учні вимірювали видовження пружин однакової початкової довжини під дією важків. Вони по черзі підвішували кожний важок до кожної пружини й записували результат до таблиці. Всього у них було три пружини й чотири важки. 1) Чому дорівнюватиме загальне видовження, якщо пружини з'єднати послідовно й прикріпити до них усі чотири важки? 2) Чому дорівнюватиме видовження пружин, якщо їх з'єднати паралельно й прикріпити до них усі чотири важки?

	1-й важок	2-й важок	3-й важок	4-й важок
1-ша пружина	1,5 мм	3 мм	6 мм	7,5 мм
2-га пружина	3 мм	6 мм	12 мм	15 мм
3-тя пружина	1 мм	2 мм	4 мм	5 мм

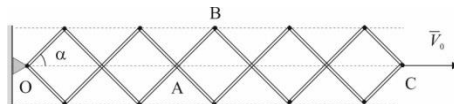
8.5. З ніхромового дроту (питомий опір 1 Ом·мм²/м) перерізом $0,1$ мм² виготовлено модель правильного ікосаедра (див. мал.). Якою має бути довжина кожного ребра, щоб при напрузі в 10 В між точками А та В сила струму через ікосаедр була 10 А?



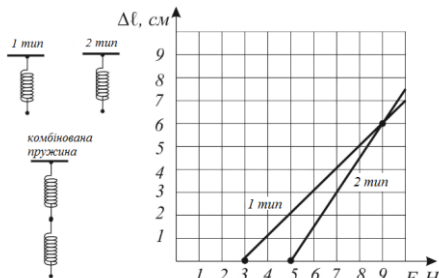
Задачі запропонували: Р. В. Мартинюк (1 – 2), Є. П. Соколов (3 – 4), О. І. Кельник (5).

9 клас

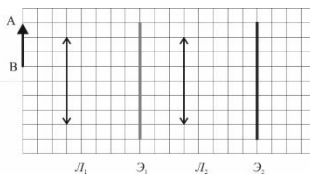
9.1. На мал. зображений шарнірний механізм – «Нюрнберзькі ножиці». Точка С рухається зі сталою швидкістю $v_0 = 60$ см/с. 1) Знайти швидкість точки А. 2) Знайти швидкість точки В в той момент, коли кут $\alpha = 30^\circ$.



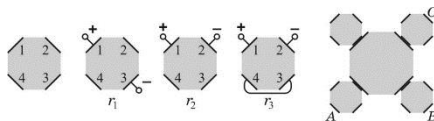
9.2. Серед стандартного лабораторного обладнання є так звані «перекручені» пружини. Це пружини, виготовлені з такого товстого дроту, що вони не можуть до кінця стиснутися. На мал. показані діаграми розтягу «перекручених» пружин першого й другого типу. Побудувати діаграму розтягу «комбінованої» пружини, що являє собою з'єднані послідовно пружини першого й другого типу.



9.3. Лінза L_1 створює на напівпрозорому матовому екрані E_1 дійсне зображення світного предмета АВ. Друга лінза L_2 (точно така сама як перша) проєктує отримане зображення на другий екран E_2 (див. мал.). У скільки разів зміниться висота зображення на другому екрані, якщо перший екран забрати? Розміри предмету, лінз, а також відстані між ними і екранами взяті з малюнка. Екрани E_1 і E_2 вважати не обмеженими по висоті.

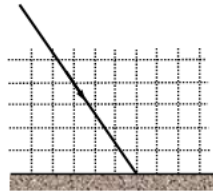


9.4. Юний фізик вирізав з графітової пластинки п'ять прямих призм, поперечний переріз яких – правильні восьмикутники яких – правильні восьмикутники. Чотири призми однакові за розмірами, а у п'ятій – довжина сторони основи удвічі більша, ніж у інших призм. Юний фізик вирішив дослідити протікання струму через восьмикутники. Для цього він вкрив кожну другу бічну грань восьмикутників товстим шаром міді (на малюнках ці грані з мідними контактами показано товстими лініями).



Юний фізик виміряв електричні опори малого восьмикутника r_1 , r_2 і r_3 між різними мідними контактами (див. мал.). Під час вимірювання r_3 контакти 3 і 4 з'єднані провідником з незначним опором. 1) Визначте відношення напруг U_{1-2} і U_{1-4} під час вимірювання опору r_2 . 2) Визначте опори показаної на мал. системи між контактами А і В, а також між контактами А і С, якщо лінійні розміри центрального восьмикутника вдвічі більші за розміри бокових.

9.5. Вдень на поверхню Землі, перпендикулярну до напрямку сонячних променів, надходить приблизно $\sigma = 1 \text{ кВт/м}^2$ сонячної енергії. Рослини частково її засвоюють. Приріст маси картоплі після закінчення росту бадилля може складати 300 г/м^2 за 8 світлових годин. Оцініть, яку частину енергії сонячного проміння картопля перетворює на калорійність («ККД картоплі»). Врахувати, що промені у середньому падають на поверхню під кутом, який зображений на рисунку. Калорійність картоплі становить 75 ккал/100 г (калорія – кількість необхідної теплоти, щоб нагріти 1 г води на 1°C , питома теплоємність води $4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$). Зараз розробляються різні проекти колонізації Марса, який приблизно у 1,5 раза далі від Сонця, ніж Земля. Вважаючи умови росту картоплі під прозорим куполом на Марсі такими ж як на Землі (температура, нахил променів, ККД), знайдіть відповідний приріст маси картоплі на Марсі та оцініть, яка площа ділянки забезпечить там добову енергетичну потребу людини (3500 ккал). Доба на Марсі приблизно така ж, як і на Землі.

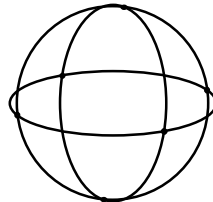


Задачі запропонували Є. П. Соколов (1 – 3), І. М. Гельфгат (4), О. Ю. Орлянський (5).

10 клас

10.1. Кульками, яким надають швидкість v_0 , намагаються влучити в такі самі нерухомі кульки. Виявилось, що кут між початковою швидкістю і швидкістю після зіткнення (кут розсіювання) не перевищує $\pi/3$. Кульки рухаються поступально. Зіткнення вважати еластичними. 1). У скільки разів зменшується швидкість кульки, якщо кут розсіювання становить $\pi/3$? 2). Якою стає у цьому випадку швидкість тієї кульки, яка спочатку була нерухомою? 3). Яка частка механічної енергії при цьому переходить у внутрішню?

10.2. З дроту довжиною 12 м і опором 12 Ом зробили «глобус» так, що всі відрізки між найближчими парами з'єднаних однакові (по чверть дуги кола на мал.). а) Визначте максимальний та мінімальний опори цього з'єднання при підключенні його до будь-яких діаметрально протилежних точок. б) Розгляньте випадок максимального опору, а електрони вважайте класичними частинками. До «глобусу» прикладено напругу 12 В. Визначте максимальний час, необхідний електронам, щоб пройти «глобусом». У кожному сантиметрі дроту знаходяться 10^{20} вільних електронів. Заряд електрона $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

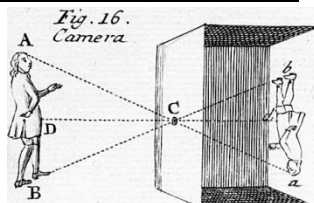


10.3. Прискорення вільного падіння на поверхні Венери складає 0,9 від земного, але тиск та температура значно більші (див. таблицю). На висоті 50 – 52 км тиск венеріанської атмосфери 0,1 МПа, а температура приблизно 30°C . Розрахуйте вантажопідйомність повітряного міста (у кг на 1 м^2 його площі), яке ззовні має вигляд диску діаметром декілька км і висотою 200 м. В такому місті живуть люди, дихаючи тим самим повітрям, що й на Землі за атмосферного тиску 0,1 МПа і температури 30°C . Плівка, з якої зроблена оболонка міста, має поверхневу густину 80 г/м^2 . Уявіть, що під час зовнішнього обслуговування людина у скафандрі зірвалась і

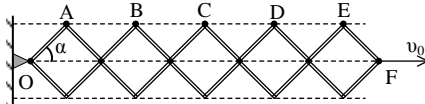
почала падати. За рахунок сили опору повітря, яка пропорційна квадрату швидкості, густині атмосфери та площі перерізу, для тіла людини встановлюється деяка швидкість, яка у земних умовах поблизу поверхні дорівнює 50 м/с. Чи буде зіткнення людини з поверхнею Венери безпечним? Відносні атомні маси С, О і N відповідно дорівнюють 12, 16 і 14.

Планета	Тиск біля поверхні планети	Температура біля поверхні	Склад атмосфери
Венера	9,2 МПа	462 °С	96,5 % CO ₂ , 3,5 % N ₂
Земля	0,1 МПа	15 °С	78 % N ₂ , 22 % O ₂

10.4. На малюнку з Циклопедії (перша всесвітньо-відома енциклопедія англійською, 1728 р.) показаний принцип утворення зображення у камері-обскурі (*див. мал.*). Чи не припустився художник принципової помилки? Уявіть, що ви фотографуєте камерою-обскурою невеликий предмет навпроти. Ви підібрали плоско-опуклі лінзи, які по черзі можна накласти (оптичним центром) на отвір камери. Перша лінза дає чітке зображення, а друга – настільки ж розмите, як і без лінзи. Вкажіть відношення оптичних сил цих лінз. Якщо лінзою, перекриваючи отвір С, довільним чином ковзати вздовж поверхні камери зі швидкістю v , з якою швидкістю і в якому напрямку буде рухатись зображення на задній стінці камери?



10.5. На мал. зображений шарнірний механізм, який називається «Нюрнберзькі ножиці». Точка F починає рухатись зі сталою швидкістю $v_0 = 2$ м/с. Знайти прискорення в точках A, B, C, D, E , у той момент, коли кут α дорівнює 30° , якщо довжина важеля OA дорівнює 1 м.



Задачі запропонували: Ю. П. Мінаєв (1), О. Ю. Орлянський (2 – 4), Є. П. Соколов (5).

11 клас

11.1. Ядро атому дейтерію (ізоотопу водню) складається з протона та нейтрона. В моделі, побудованій на основі механіки Ньютона та електростатики, це ядро розглядають як систему з двох частинок маси m_1 та m_2 , які з'єднані між собою еластичним шнуром змінної довжини. Вважається, що частинка маси m_1 має електричний заряд $q > 0$, а частинка маси m_2 електронейтральна і що в деякий момент часу в такій системі вмикається електростатичне поле, потенціал якого $\varphi(x) = \varphi_0 e^{-\lambda x}$. Під дією цього поля заряджена частинка починає рухатись з прискоренням. При цьому на неї починає також діяти сила опору з боку шнура, яку можна змоделювати за допомогою

співвідношення $F_{\text{он}} = -\gamma(t)v_1(t)$, де $v_1(t)$ – швидкість частинки, $\gamma(t) = A\sqrt{E(t)}$, $E(t)$ – повна енергія зарядженої частинки після включення електричного поля.

1) Знайдіть розмірність констант λ і A . 2) На основі законів Ньютона та електроста-

тики обгрунтуйте і запишіть рівняння руху зарядженої і незарядженої частинок. 3) Знайдіть, як будуть залежати від часу координати $x_1(t)$ та $x_2(t)$ частинок після включення електричного поля (вважати, що до включення електричного поля система рухається прямолінійно з постійною швидкістю v_0 , напрямленою вздовж шнура у додатньому напрямку осі Ox , а довжина шнура є сталою і дорівнює l_0 , а також що завжди справедливо $0 < m_1 \lambda^2 / 2A^2 < 1$). 4) Знайдіть момент часу t_0 , коли в системі вмикається електричне поле. 5) При перевищенні довжини $2l_0$ або при скороченні її до 0 шнур розривається і частинки рухаються незалежно (ядро дейтерію розпалось). З'ясуйте, чи реалізується якась із цих ситуацій і, якщо так, то доведіть це.

Підказка: залежність від часу координати зарядженої частинки шукайте у вигляді $x_i(t) = \ln[Bt^\beta]/\lambda$, де B і β – невідомі параметри.

11.2. Визначте, якою мінімально може бути температура T у циліндрі поршневого двигуна водного скутера із водометом, к.к.д. якого η , якщо скутер рухається зі сталою швидкістю, вода втікає у водомет зі швидкістю руху скутера, а температура вихлопних газів T_0 . Площа перерізу вхідного отвору труби водомету – S_1 , а вихідного – S_2 .

11.3. На шляху променів від віддаленого джерела світла поставили увігнуто-опуклу лінзу. У променях, відбитих від увігнутої поверхні лінзи, отримали дійсне зображення 5 см. Знайдіть радіус кривизни увігнутої поверхні лінзи. Перевернувши лінзу, у відбитих променях, на подив, також отримали дійсне зображення джерела, але на відстані $b = 6$ см. Знайдіть оптичну силу лінзи. Приймаючи коефіцієнт заломлення речовини лінзи $n = 1,5$, визначіть радіус опуклої поверхні лінзи.

11.4. У лісі, оточеному непроникним парканом, живе N_1 зайців та N_2 лисиць. Зайці їдять траву, її кількість вважається достатньою для годівлі всіх зайців. За відсутності лисиць швидкість зростання кількості зайців $dN_1/dt = K_1 N_1$, $K_1 > 0$. Лисиці харчуються тільки зайцями. За відсутності зайців кількість лисиць спадає у відповідності до рівняння $dN_2/dt = -K_2 N_2$, $K_2 > 0$. Зустрічі лисиць і зайців мають наслідком зменшення кількості зайців і збільшення кількості лисиць. Вважати, що ймовірність зустрічі зайця й лисиці пропорційна добутку $N_1 \cdot N_2$ (відповідні коефіцієнти пропорційності введіть самостійно). 1) Знайдіть рівноважні кількості зайців N_{10} та лисиць N_{20} 2) Вважаючи, що $N_1(t) = N_{10} + n_1(t)$ та $N_2(t) = N_{20} + n_2(t)$, причому $|n_{1,2}(t)| \ll N_{10,20}$, знайдіть частоту коливань величин n_1 та n_2 . 3) Який зсув фаз між коливаннями кількості зайців та лисиць та яке відношення амплітуд цих коливань?

11.5. Довгий плазмовий циліндр із концентрацією електронів n і температурою T вміщений у поздовжнє магнітне поле з індукцією B . 1) Знайдіть густину поверхневого струму циліндра й поясніть механізм його виникнення. 2) Знайдіть тиск, зумовлений силою Ампера, що виникає при взаємодії цього струму із зовнішнім магнітним полем. 3) Наскільки зменшиться індукція магнітного поля всередині плазмового циліндра? Іони плазми вважати нерухомими. Вважати, що в плазмі $\mu = 1$.
Задачі запропонували: С. Й. Вільчинський (1), В. П. Сохацький (2–3), І. О. Анісімов (4–5).