

Завдання I туру олімпіади ДНУ з фізики з розв'язаннями

1. Автомобіль їде рівномірно та прямолінійно по горизонтальному шляху. Колеса діаметром 1 м обертаються з кутовою швидкістю 60 рад/с. З якою швидкістю рухається автомобіль?

а) 72 км/год	б) 78 км/год	в) 84 км/год	г) 108 км/год	г)
--------------	--------------	--------------	---------------	----

У звичайній ситуації проковзування немає. Це буде, якщо лінійна швидкість нижньої точки на ободі колеса в обертальному русі за модулем збігається зі швидкістю автомобіля. Тому швидкість автомобіля дається формулою $v = \omega R$, де ω – кутова швидкість, R – радіус колеса. При цьому маємо $v = 60 \cdot 0,5 = 30$ (м/с). Враховуючи, що 1 м/с відповідає 3,6 км/год, маємо відповідь: 108 км/год.

2. Катер пройшов певну відстань за течією зі швидкістю 6 км/год, а повернувся назад зі швидкістю 4 км/год. Визначити середню швидкість катера.

а) 5 км/год	б) 4,6 км/год	в) 4,8 км/год	г) 8 км/год	в)
-------------	---------------	---------------	-------------	----

Середня швидкість визначається відношенням пройденого шляху $2s$ до повного витраченого часу $v_{\text{ср}} = 2s / (s / v_1 + s / v_2) = 2v_1v_2 / (v_1 + v_2) = 4,8$ км/год.

3. Тіло кинуто вгору під кутом до горизонту зі швидкістю 10 м/с. Яку максимальну відстань воно може подолати по горизонталі. Прискорення вільного падіння $g = 10$ м/с².

а) 20 м	б) 10 м	в) 5 м	г) в задачі недостатньо даних	б)
---------	---------	--------	-------------------------------	----

Відстань польоту по горизонталі $s = v_0^2 \sin 2\alpha / g$, де α – кут кидання, v_0 – початкова швидкість. Дальність польоту максимальна при киданні під кутом 45° і дорівнює $s = v_0^2 / g = 10$ м.

4. На тіло масою 2 кг діють дві протилежно направлені сили: 8 Н і 16 Н. З яким прискоренням рухатиметься тіло?

а) 8 м/с ²	б) 2 м/с ²	в) 4 м/с ²	г) 9 м/с ²	в)
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	----

Результуюча сила дорівнює 8 Н. За II законом Ньютона прискорення $a = F/m = 8 / 2 = 4$ (м/с²).

5. Граната розривається в повітрі. На скільки сумарний імпульс уламків відрізняється від імпульсу гранати?

а) більше в 1,2 рази	б) не відрізняється	в) менше в 1,2 рази	г) менше в 1,5 рази	б)
----------------------	---------------------	---------------------	---------------------	----

За законом збереження імпульсу сумарний імпульс уламків дорівнює імпульсу гранати. Маса вибухівки нехтовно мала. Наявність сили тяжіння не впливає на результат, оскільки час розриву гранати дуже малий.

6. Супутник рухається по орбіті зі швидкістю 3000 м/с. Від нього відділяється космічний апарат, маса якого складає третину загальної маси супутника. Супутник продовжує політ у попередньому напрямку зі швидкістю 2960 м/с. З якою швидкістю рухатиметься після розділення апарат?

а) 3080 м/с	б) 3020 м/с	в) 2980 м/с	г) 2920 м/с	а)
-------------	-------------	-------------	-------------	----

Закон збереження імпульсу дає $Mv = \frac{2}{3}Mv_1 + \frac{1}{3}Mv_{\text{ап}}$, M – маса супутника, v, v_1 – початкова і кінцева швидкості супутника, $v_{\text{ап}} = 3v - 2v_1 = 3 \cdot 3000 - 2 \cdot 2960 = 3080$ (м/с).

7. Як зміниться об'єм зануреної частини крижини, що плаває, при зменшенні її маси за рахунок танення вдвічі.

а) зменшиться в 2 рази	б) зросте в два рази	в) не зміниться	г) зросте в 4 рази	а)
------------------------	----------------------	-----------------	--------------------	----

Сила тяжіння mg врівноважується при плаванні тіла силою Архімеда $mg = \rho V g$, де ρ – густина води, V – об'єм зануреної частини. Маємо $V_1 = m / \rho$, $V_2 = 0,5m / \rho$ і тому $V_2 / V_1 = 0,5$. Об'єм зануреної частини крижини зменшиться в 2 рази.

8. У скільки разів тиск у прісному озері на глибині 50 м більше, ніж на глибині 5 м? Густина води $\rho = 10^3$ кг/м³, атмосферний тиск становить 10^5 Па. Вважати, що $g = 10$ м/с².

а) 10	б) 8	в) 5	г) 4	г)
-------	------	------	------	----

$$p_1 = p_a + \rho g h_1 = 100000 + 1000 \cdot 10 \cdot 50 = 600000 \text{ (Па)},$$

$$p_2 = p_a + \rho g h_2 = 100000 + 1000 \cdot 10 \cdot 5 = 150000 \text{ (Па)}; \quad p_1 / p_2 = 4$$

9. На яку висоту підніметься рідина в капілярі діаметром 0,7 мм за умови повного змочування. Поверхневий натяг рідини дорівнює 0,07 Н/м, її густина 800 кг/м³. Прискорення вільного падіння $g=10$ м/с².

а) 32 мм	б) 35 мм	в) 48 мм	г) 50 мм	г)
----------	----------	----------	----------	----

Висота підйому рідини в капілярі визначається формулою $h = 2\sigma / \rho g R$, де σ – поверхневий натяг, ρ – густина рідини, R – радіус капіляра. В нашому випадку $h = 2 \cdot 0,07 / 800 \cdot 10 \cdot 3,5 \cdot 10^{-4} = 0,05$ (м).

10. У деякому процесі тиск рівноважного ідеального газу збільшився втричі, а об'єм залишився незмінним. Як змінилася його температура?

а) зросла в 3 рази	б) зросла в 6 разів	в) зменшилася в 3 рази	г) не змінилася	а)
--------------------	---------------------	------------------------	-----------------	----

Рівняння стану ідеального газу: $PV = NkT$. В нашому випадку $T_1 = PV / kN$, $T_2 = 3PV / kN$, тобто $T_2 / T_1 = 3$ і температура зросла в 3 рази.

11. Відносна вологість повітря в кімнаті, об'єм якої 100 м³, дорівнює 45%. Густина насиченої пари при наявній температурі 20 г/м³. Скільки водяної пари знаходиться в кімнаті?

а) 800 г	б) 900 г	в) 1000 г	г) 2000 г	б)
----------	----------	-----------	-----------	----

Маса пари визначається формулою $m = \rho_{\text{н}} \varphi V = 20 \cdot 0,45 \cdot 100 = 900$ (г). Тут φ – відносна вологість як частка від густини насиченої пари $\rho_{\text{н}}$.

12. Воду з двох посудин з температурою $t_1 = 20^\circ \text{C}$, $t_2 = 4^\circ \text{C}$ змішали й отримали воду з температурою $t = 16^\circ \text{C}$. Яким співвідношенням пов'язані маси води в посудинах?

а) $m_1 = m_2$	б) за умови задачі це встановити не можна	в) $m_1 = 0,5m_2$	г) $m_1 = 3m_2$	г)
----------------	---	-------------------	-----------------	----

Рівняння теплового балансу (закон збереження енергії) дає $m_1 c(t_1 - t) = m_2 c(t - t_2)$. Звідси $m_1 = m_2(t - t_2) / (t_1 - t) = m_2 \cdot 12^\circ / 4^\circ = 3m_2$, тобто гарячої води було втричі більше.

13. Резистори з опором 10 Ом і 20 Ом з'єднані паралельно та приєднані до джерела напруги 15 В. Який струм буде текти через резистор із більшим опором?

а) 0,2 А	б) 0,75 А	в) 0,3 А	г) 0,5 А	б)
----------	-----------	----------	----------	----

При паралельному з'єднанні резисторів на кожному з них напруга U і струм через більший опір дорівнює $I_2 = U / R_2 = 15 / 20 = 0,75$ (А).

14. Чому дорівнює напруженість електричного поля системи двох однакових за модулем точкових зарядів $2 \cdot 10^{-9}$ Кл та $-2 \cdot 10^{-9}$ Кл, розташованих на відстані 60 см один від одного, в точці, яка є серединою відрізка, що їх з'єднує? Коефіцієнт у законі Кулона $k = 9 \cdot 10^9$ м / Ф.

а) 0,4 В/м	б) 0,9 В/м	в) 400 В/м	г) нулю	в)
------------	------------	------------	---------	----

Поля протилежних зарядів у цій точці будуть однаковими за модулем і напрямком, тому напруженість від одного, обчислена за законом Кулона $E = kq / r^2$ (у нашому випадку $r = 30$ см), подвоюється. $E_{\text{заг}} = 2kq / r^2 = 2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-9} / 0,3^2 = 400$ (В/м).

15. Як зміниться опір однорідного циліндричного провідника, якщо його діаметр збільшити вдвічі?

а) збільшиться в 2 рази	б) не зміниться	в) зменшиться в 4 рази	г) збільшиться в три рази	в)
-------------------------	-----------------	------------------------	---------------------------	----

Опір циліндричного провідника визначається формулою $R = \rho l / S$, де ρ – питомий опір, l – довжина провідника, S – площа його перерізу. У нашому випадку $R_1 = \rho l / S$, $R_2 = \rho l / 4S$ і тому $R_1 / R_2 = 4$, тобто опір зменшиться в 4 рази.

16. Відстань між пластинами плоского конденсатора збільшили в 2 рази. Як зміниться його ємність?

а) зменшиться в 2 рази	б) зросте 2 рази	в) не зміниться	г) зросте в 4 рази	а)
------------------------	------------------	-----------------	--------------------	----

Ємність плоского конденсатора визначається формулою $C = \varepsilon \varepsilon_0 S / d$, де ε – діелектрична проникність діелектрика в конденсаторі, ε_0 – електрична стала, S – площа однієї пластини, d – відстань між пластинами. У нашому випадку $C_1 = \varepsilon \varepsilon_0 S / d$, $C_2 = \varepsilon \varepsilon_0 S / 2d$, тобто $C_2 = C_1 / 2$ і ємність зменшиться в 2 рази.

17. Знайти максимальну довжину хвилі фотона, за якої теоретично ще можливий фотоефект, якщо робота виходу електрона з речовини дорівнює $3,3 \cdot 10^{-19}$ Дж. Вважати, що константа Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж · с, а швидкість світла $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

а) 10^{-4} м	б) 600 нм	в) 0,01 см	г) 300 нм	б)
----------------	-----------	------------	-----------	----

Енергія фотона визначається формулою $\varepsilon = h\nu = hc / \lambda$, де ν – частота, λ – довжина хвилі, які відповідають фотону. Електрон речовини отримує від фотона енергію ε . Фотоефект відбувається, якщо її достатньо для виконання роботи виходу $A_{\text{вих}}$. Тому $hc / \lambda_{\text{max}} = A_{\text{вих}}$, звідки

$$\lambda_{\text{max}} = hc / A_{\text{вих}} = 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 3,3 \cdot 10^{-19} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ (м)} = 600 \text{ (нм)}.$$

18. Плоский контур у формі квадрата зі стороною $a=20$ см знаходиться в однорідному магнітному полі з індукцією, яка перпендикулярна до площини рамки. Значення індукції зростає зі швидкістю $0,1$ Тл/с. Яка електрорушійна сила виникає в контурі?

а) $2 \cdot 10^{-2}$ В	б) $4 \cdot 10^{-3}$ В	в) $2 \cdot 10^{-3}$ В	г) $4 \cdot 10^{-2}$ В	б)
------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	----

ЕРС індукції $\mathcal{E}$, яка генерується в контурі, визначається швидкістю зміни магнітного потоку Φ крізь контур $\mathcal{E} = \Delta\Phi / \Delta t$. У нашому випадку густина потоку вектору індукції $\Phi = SB$. Тому $\Delta\Phi = S\Delta B$ і $\mathcal{E} = S\Delta B / \Delta t = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \cdot 10^{-1} = 4 \cdot 10^{-3}$ (В).

19. Коефіцієнт заломлення рідини 2. Яка швидкість поширення світла v в ній у порівнянні зі швидкістю c світла у вакуумі?

а) $v = 2c$	б) $v = c$	в) $v = 0,5c$	г) в такому середовищі світло не поширюється	в)
-------------	------------	---------------	--	----

Коефіцієнт заломлення рідини визначається формулою $n = c / v$, де v – швидкість світла в ній. Тому маємо $v = c / n = c / 2 = 0,5c$.

20. Визначте енергетичний вихід ядерної реакції ${}^7_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^1_0\text{n}$, якщо енергія зв'язку ядра Берилію дорівнює $56,4$ МеВ, ядра Літію дорівнює $39,2$ МеВ, а ядра Дейтерію дорівнює $2,2$ МеВ.

а) $12,6$ МеВ	б) $15,0$ МеВ	в) $19,4$ МеВ	г) $93,4$ МеВ	б)
---------------	---------------	---------------	---------------	----

У балансі енергій слід враховувати енергію mc^2 , яка пов'язується за Ейнштейном з частинкою маси. Відповідно до означення енергії зв'язку енергія ядер дорівнює:

Літію $E({}^7_3\text{Li}) = 7mc^2 - 39,2 \text{ МеВ}$, Дейтерію $E({}^2_1\text{H}) = 2mc^2 - 2,2 \text{ МеВ}$,

Берилію $E({}^8_4\text{Be}) = 8mc^2 - 56,4 \text{ МеВ}$, нейтрона $E({}^1_0\text{n}) = mc^2$,

де для простоти запису маси протона і нейтрона вважаються однаковими і дорівнюють m . Закон збереження енергії показує, що енергетичний вихід реакції дається формулою

$$E_{\text{почат}} - E_{\text{кін}} = ({}^7_3\text{Li}) + E({}^2_1\text{H}) - E({}^8_4\text{Be}) - E({}^1_0\text{n}) = (-39,2 - 2,2) - (-56,4) = 15,0 \text{ (МеВ)}.$$