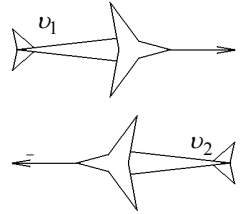
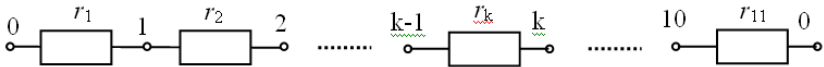


Міністерство освіти і науки України
 XLV Всеукраїнська олімпіада юних фізиків, м. Вінниця, 2008
Теоретичний тур 8-й клас

1. Два літаки рухаються із надзвуковою швидкістю горизонтально прямолінійно зустрічними курсами, перебуваючи в одній вертикальній площині на різних висотах. В деякий момент часу літак 1 виявився точно над літаком 2. Через час $t_1=1,8$ с після цього другий пілот почув звук від першого літака. В який момент часу t_2 перший пілот почув звук від другого літака? Швидкість звуку в повітрі $u=324$ м/с, швидкості літаків незмінні і дорівнюють: $v_1=405$ м/с, $v_2=351$ м/с.

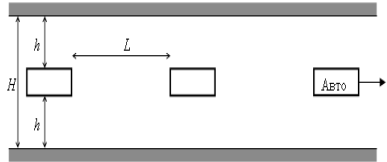


2. З одинадцяти послідовно з'єднаних резисторів опороми від 1 Ом до 11 Ом ($r_k=k$ Ом) шляхом з'єднання двох крайніх клем 0 утворено замкнуте коло.



Клеми зберегли нумерацію від 0 до 10. До яких клем треба приєднати вхідний та вихідний провідники, щоб опір між ними був найбільшим? Чому цей опір дорівнює?

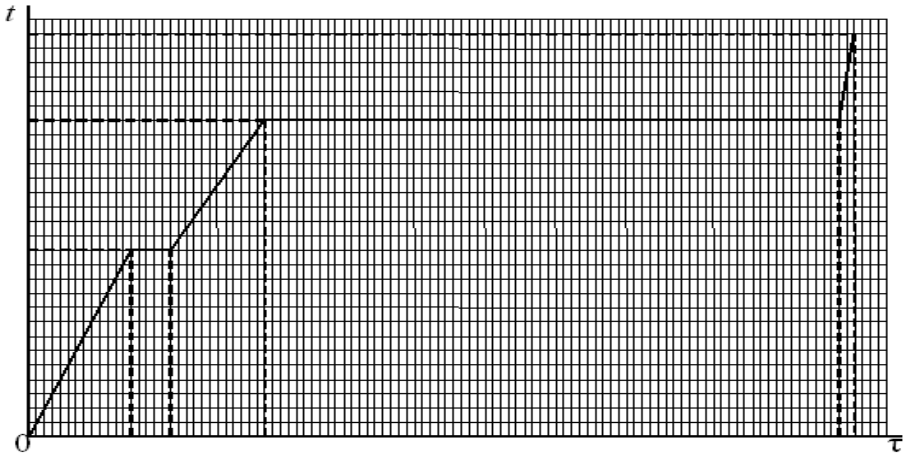
3. Під час змагань тонку прямую і достатньо легку трубу треба перенести у горизонтальному положенні через дорогу, якою їдуть бугафорні автомобілі. Дорога обмежена з двох боків паралельними стінками. Перемагає та команда, яка перенесе трубу найбільшої довжини, не потрапивши в "аварію". Запропонуйте такий спосіб перенесення труби командою, щоб довжина труби була найбільшою. Знайдіть цю довжину. Перекидати трубу через автомобілі заборонено. Швидкість руху автомобілів стала, $u = 12$ м/с, максимальна швидкість, з якою з трубою можуть узгоджено бігти члени команди, $v = 3$ м/с. $H = 9$ м, $h = 3,6$ м, $L = 8$ м.



4. Воду можна охолодити без перетворення в лід нижче температури $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Процес кристалізації води може початися при певній температурі $t < t_0$. Лід, що утворюється при цьому, відрізняється за своїми фізичними властивостями від звичайного льоду, одержаного при температурі 0°C . Визначте, чому дорівнює питома теплота плавлення льоду λ_2 при температурі $t_1 = -10^\circ\text{C}$. В інтервалі температур від (-10°C) до 0°C питома теплоємність води дорівнює $c_1 = 4,17 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°C), питома теплоємність льоду – $c_2 = 2,17 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°C). Питома теплота плавлення льоду при температурі 0°C дорівнює $\lambda_1 = 3,32 \cdot 10^5$ Дж/кг.

5. Останнім часом все ширше застосовуються композитні матеріали. Одне із застосувань композитів – це тепловий захист космічних апаратів, які з великою швидкістю входять в атмосферу Землі і сильно розігріваються. Запропонований для

теплового захисту композит являє собою пористу кераміку, заповнену металом. Пори з'єднані між собою і мають виходи. Під час випробувань зразку композиту



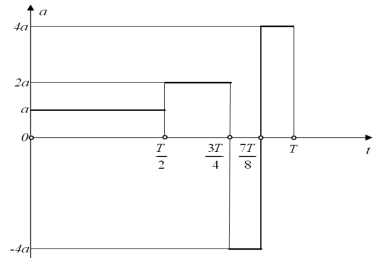
передавали постійну теплову потужність, починаючи з температури 0°C . Аналізуючи умовний графік залежності температури t від часу τ , визначіть, яким саме металом була наповнена кераміка, а також знайдіть його питому теплоємність у рідкому стані, температуру кипіння і питому теплоту пароутворення металу.

	Питома теплоємність c , кДж/(кг·К)	Температура плавлення, $^{\circ}\text{C}$	Питома теплота плавлення λ , кДж/кг
Алюміній	0,9	660	380
Берилій	1,9	1300	1360
Літій	4,4	182	630
Магній	1,0	650	375

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

9 клас

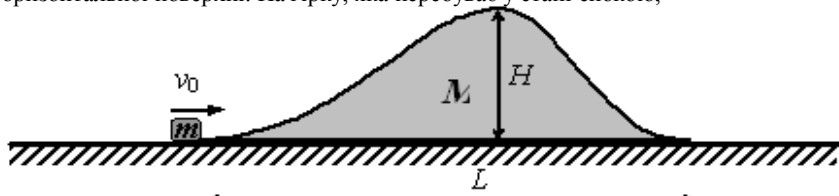
1. Гімнастка кидає обруч у вертикальній площині вздовж підлоги зі швидкістю $V_0=4$ м/с, закрутивши його з кутовою швидкістю $\omega=40$ c^{-1} так, що він, торкнувшись підлоги, повернувся назад, не відриваючись від неї. Діаметр обруча $D=1$ м. Не враховуючи можливих втрат тепла обручем, знайдіть найбільше можливе підвищення його



температури внаслідок тертя після повернення, якщо питома теплоємність матеріалу обруча $C=880$ Дж/(кг·К).

2. Кожного разу, коли спортивний автомобіль проходить уздовж замкненої горизонтальної траси зі сталою за величиною швидкістю v , акселерометр фіксує прискорення, графік яких $a(t)$ зображений на мал. Вважаючи, що час проходження траси T та прискорення a задані, визначити швидкість руху автомобіля v та довжину траси S . Зобразити траєкторію руху, вказавши її параметри.

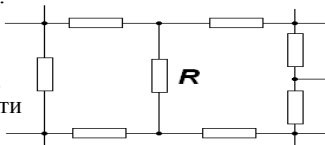
3. Гірка масою M , висотою H і довжиною L може переміщатися вздовж гладенької горизонтальної поверхні. На гірку, яка перебуває у стані спокою,



наїжджає з початковою швидкістю v_0 тіло масою m (див. мал.) і через деякий час t з'їжджає з гірки на горизонтальну поверхню. Визначити шлях, який пройде гірка за цей час. Силами тертя, опором повітря знехтувати.

4. Див. 8 клас, задача 4.

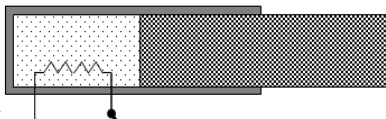
5. Коло (мал.3) складається з резисторів, опір яких невідомий. Як, маючи амперметр, вольтметр, джерело струму і з'єднувальні провідники, виміряти опір R , не розриваючи жодного контакту в колі?



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

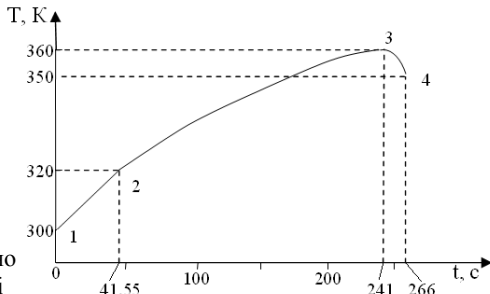
10 клас

1. Один моль двоатомного ідеального газу (5 ступенів вільності) знаходиться в циліндричній посудині під легким поршнем (мал.1).

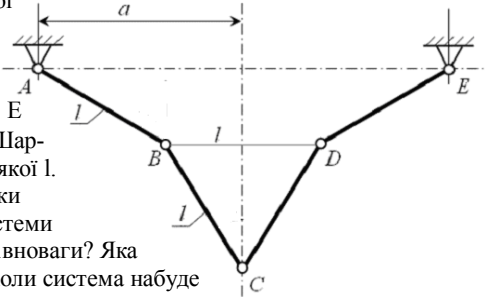


В початковому стані газ мав температуру 300К і займав половину об'єму посудини.

На мал.2 подана залежність температури газу від часу після увімкнення нагрівача потужністю 10 Вт (ділянка 1-2 лінійна). Знайти рівняння газових процесів на ділянках 1-2 та 2-3-4. Як зміниться теплоємність газу при збільшенні його об'єму? Система теплоізолювана, теплоємності поршня і стінок посудини значно менші за величиною від теплоємності газу. Зовнішній тиск p_d дорівнює атмосферному.



2. Чотири однорідні стержні однакової маси m та однакової довжини l , що з'єднані між собою та зі стійкою шарнірно, підвішені так, як показано на мал.3. Відстань між шарнірами A і E дорівнює $2a$. При цьому $2a=l(1+\sqrt{3})$. Шарніри B і D з'єднані ниткою, довжина якої l .



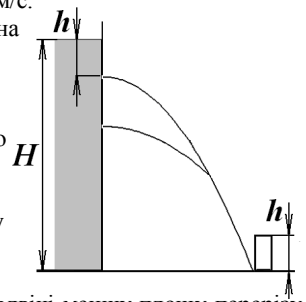
Нитку миттєво перерізають. На скільки зміститься шарнір C при переході системи із початкового в положення стійкої рівноваги? Яка кількість теплоти виділиться за час, коли система набуде стійкої рівноваги?

3. Супутникові навігаційні системи дозволяють визначати місцезнаходження і швидкість руху у будь-якій точці земної кулі. Супутник передає сигнал, який містить інформацію про точний час його відправлення і координати супутника на цей момент. Приймач реєструє час надходження сигналів від декількох супутників і за затримкою кожного сигналу обчислює відстані до супутників, а разом з цим і своє точне положення. Для цього необхідно приймати сигнали щонайменше від чотирьох супутників, щоб врахувати неточність ходу годинника приймача. Будемо вважати, що супутники рухаються по коловим орбітам з радіусами $r = 20\,000$ км точно. Визначити значення широти, довготи і висоти над рівнем моря людини на повітряній кулі, мобільний телефон якої отримав такі дані від чотирьох супутників:

№ супутника	Час отримання сигналу (годинник приймача)	Час відправлення сигналу за інформацією супутника (точний час)	Широта супутника в момент відправлення сигналу	Довгота супутника в момент відправлення сигналу
1	10 год 12 хв 13,1600 с	10 год 12 хв 13,1121 с	45°00'00" південна	0°00'00"
2	10 год 12 хв 13,1601 с	10 год 12 хв 13,1122 с	45°00'00" північна	0°00'00"
3	10 год 12 хв 13,1602 с	10 год 12 хв 13,1123 с	45°00'00" північна	90°00'00" східна
4	10 год 12 хв 13,1463 с	10 год 12 хв 13,1120 с	0°00'00"	45°00'00" східна

Земля має припущену форму: екваторіальний радіус $R_e=6378,15$ км, полярний $R_p=6356,80$ км. Швидкість світла у вакуумі 299792458 м/с.

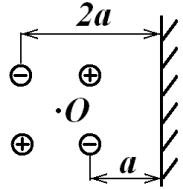
4. На підлозі стоїть велика циліндрична діжка, заповнена рідиною до рівня $H=1$ м. Через невеликий отвір, який зроблений у діжці на глибині $h=10$ см, в горизонтальному напрямку б'є струмінь рідини і розбивається об підлогу поруч із циліндричним стаканом (мал. 4). Якщо в діжці під першим отвором зробити подібний йому другий отвір, струмені води перетнуться в просторі і зіллються в один. Визначити, наскільки точка перетину струменів виявиться нижчою за другий отвір. Уявіть тепер, що другий отвір зроблений на вчетверо більшій глибині, ніж перший, він подібний до нього, але має вдвічі меншу площу перерізу $S_2=S_1/2$. Чи потрапить об'єднаний струмінь до стакану? За якого співвідношення



S_2/S_1 струмінь перелетить стакан? Висота стакана $h=10\text{см}$, відстань від нього до діжки в шість разів більша за його діаметр.

5. а) Деякий точковий заряд упродовж тривалого часу утримується на фіксованій відстані від нескінченної незарядженої площини з дуже малою провідністю. Потім заряд швидко віддаляють від площини на відстань удвічі більшу початкової і утримують його в новому положенні. Яка кількість теплоти виділиться після цього в провідній площині, якщо відомо, що під час віддалення точкового заряду було виконано роботу 36 мкДж ?

б) Квадратну рамку, у кутах якої розташовані точкові заряди, $+q, (-q), +q, (-q)$, спочатку упродовж тривалого часу тримають у фіксованому положенні біля нескінченної незарядженої площини з дуже малою провідністю (мал.5), а потім швидко повертають на 90° навколо осі, що проходить через центр квадрату перпендикулярно до площини малюнка. Яка кількість теплоти виділиться після цього у провідній площині, якщо відомо, що під час повороту рамки було виконано роботу 36 мкДж ?



Задачі запропонували Б.В.Беляєв та С.В.Кара-Мурза (1), А.П.Федоренко (2), О.Ю.Орлянський (3-4), Є.П.Соколов(5).

11 клас

1. Див. 10 клас, задача 1.

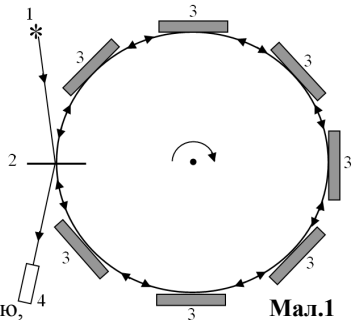
2. Контур, складений із сполучених послідовно котушки індуктивністю L та конденсатора ємністю C , підключених до джерела ЕРС. В моменті часу, коли напруга на конденсаторі досягає максимального значення, полярність джерела змінюється на протилежну. Якою буде максимальна напруга на конденсаторі після n таких перемикань? Якою буде максимальна напруга на конденсаторі за наявності енергетичних втрат у контурі? Опір втрат r вважати значно меншим від характеристичного опору $\rho=(L/C)^{1/2}$. Через яке число перемикань буде досягнута максимальна амплітуда напруги на конденсаторі?

3. Хвиля довільної природи поширюється від джерела 1 (мал.3). Кільцевий інтерферометр являє собою диск радіуса R , який обертається з кутовою швидкістю Ω навколо осі, яка проходить через його центр перпендикулярно до площини диска.

Кільцевий інтерферометр:

1- джерело випромінювання,
2- світлоподільна пластинка (напівпрозоре дзеркало), 3 – дзеркала, 4 – фотоприймач.
Стрілки показують напрямок обертання інтерферометра.

Кількість розташованих вздовж кола дзеркал 3 прямує до нескінченності. На диску також розміщено напівпрозору пластинку 2 та приймач хвиль 4. Напівпрозора пластинка розділяє хвилю,



Мал.1

яку випромінює джерело, на дві – одна хвиля поширюється по колу радіуса R в напрямку обертання диска, а друга - в протилежному. Швидкість хвилі відносно нерухомого диска V_ϕ , а частота – ω . Нехтуючи зміною геометричних розмірів інтерферометра та поперечним зсувом зустрічних хвиль внаслідок проявів неінерціальних властивостей системи відліку, знайти різницю Δt часу проходження кільця кожною з зустрічних хвиль. Порівняйте цю різницю в випадку електромагнітних та акустичних хвиль. Чи залежить ця різниця від того, якою речовиною заповнений інтерферометр? Врахувавши, що приймач та джерело хвиль розташовані на відстані R від центра обертання, знайдіть різницю фаз зустрічних хвиль, які утворюють інтерференційну картину на приймачі.

4. Відомо, що під час зйомки зі спалахом або потужним підсвітлюванням від маленьких пилинок або краплин, наявних у повітрі, на знімку помітні круги (мал.4). Поясніть фізику цього явища. Припустивши, що за це явище відповідають саме краплинки, визначте відстань від об'єктиву камери до двох із них: тієї, що дає найбільше зображення (у центрі), і дещо меншої на фоні плеча людини. Радіус об'єктиву R можна оцінити в 1 см, відстань від об'єктиву до людини d в 3 м. Інші дані визначте, використовуючи фотографію. Уявіть собі, що у Вас є фотознімок, на однорідному фоні якого видно багато кругів різних розмірів та яскравості. Ви знайшли два однаково світлі круги, які мають різні радіуси r_1' і r_2' . Вважаючи, що пилинки однакові, запропонуйте додаткове співвідношення для визначення характеристик фотоапарату. Об'єktiv фотоапарату вважати тонкою лінзою.

5. Дана система блоків (мал.5). Через блоки перекинута тонка невагома нерозтяжна нитка. Всі $2n-1$ (n – натуральне число) блоків мають однакові маси M і радіуси r . Блоки можуть обертатися навколо своїх осей без тертя. Нитка не ковзає по блоках. Коефіцієнт пружності пружини k . Визначити період малих вертикальних коливань тягарця масою m після виведення його з положення рівноваги. Момент інерції кожного блоку вважати рівним $Mr^2/2$.



Задачі запропонували Б.В.Беляєв та С.В.Кара-Мурза (1-2), С.Й.Вільчинський (3), О.Ю.Орлянський (4), С.У.Гончаренко (5).