

Рівненський обласний інститут післядипломної  
педагогічної освіти

# **Фізика для фізиків**

Навчально-методичне видання.

**спецвипуск № 2**

## **Задачі фізичних олімпіад та їх розв'язки**

Рівне - 2007

## II ЕТАП ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ

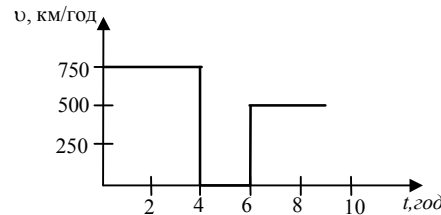
м. Рівне, грудень 2001 р.

7 клас

1. У посудину, заповнену водою, кидають шматок алюмінієвого сплаву. Після того, як частина води вилитися з посудини, маса посудини із рештою води і шматком сплаву збільшилася на 25 г. Коли замість води використали рідке мастило з густиною  $0,9 \text{ г/см}^3$  і повторили вимірювання, то маса посудини з мастилом і шматком сплаву збільшився на 26 г. Визначити густину сплаву.

2. Від пункту  $A$  до пункту  $B$  по річці відходить човен зі швидкістю  $3 \text{ км/год}$  відносно води. Назустріч човну одночасно з ним від  $B$  до  $A$  відходить катер зі швидкістю  $10 \text{ км/год}$  відносно води. За час руху човна від  $A$  до  $B$  катер встигає пройти двічі туди й назад і прибуває у пункт  $B$  одночасно з човном. Яка (за величиною і за напрямком) швидкість течії?

3. На малюнку подано графік залежності швидкості тіла від часу для прямолінійного нерівномірного руху. Користуючись графіком, побудувати графік залежності шляху від часу  $S=S(t)$ .

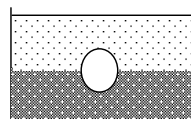


4. У нерозтягнутому стані пружина мала довжину  $80 \text{ мм}$ . Після того, як до неї підвісили сталевий та алюмінієвий тягарці однакового об'єму, пружина видовжилась на  $10 \text{ мм}$ , а коли зняли алюмінієвий, то її довжина зменшилася до  $88 \text{ мм}$ . Визначити, чи суцільний алюмінієвий тягарець, чи має порожнину.

5. Пояснити, чому людина може, не провалюючись, бігти по тонкому льоду, на якому не може стояти, не провалившись?

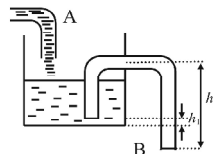
8 клас

1. У посудину налили ртуть, а на неї мастило. Куля, опущена в посудину, плаває так, що вона рівно наполовину занурена у ртуть. Визначити густину кулі, якщо густина мастила  $0,9 \text{ г/см}^3$ , а густина ртуті –  $13,6 \text{ г/см}^3$ .



2. Автомобіль проїхав половину шляху зі швидкістю  $60 \text{ км/год}$ . Наступний відрізок шляху – зі швидкістю  $15 \text{ км/год}$ , а останній відрізок шляху – зі швидкістю  $45 \text{ км/год}$ . Чому рівна середня швидкість автомобіля, якщо другий та третій відрізки було пройдено за однаковий час?

3. Побудувати графік зміни з часом рівня води в зображеній на малюнку відкритій посудині, якщо швидкість витікання води з підвідної трубки  $A$  менша від швидкості витікання з сифонної трубки  $B$ .



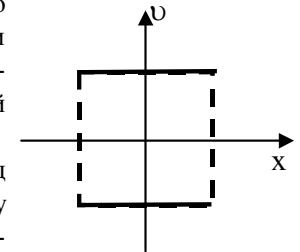
4. З якої висоти повинна падати вода, початкова температура якої  $20^\circ\text{C}$ , щоб при ударі об землю вона нагрілась до температури  $100^\circ\text{C}$ . Вважати,

що на нагрівання води йде 50% механічної енергії.

5. Чи має сенс вислів: “Під час кипіння води в закритій посудині утворились кристалики льоду.”? Відповідь поясніть.

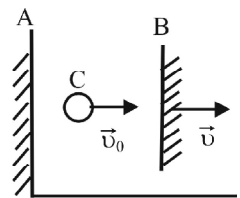
9 клас

1. Матеріальна точка рухається уздовж прямої так, що графік залежності її швидкості від координати при певному виборі масштабів має вигляд квадрата. Побудувати для такого руху графіки залежності швидкості й координати від часу.



2. З двох точок, які знаходяться на відстані  $10 \text{ см}$  одна від одної, одночасно кидають два тіла назустріч одне одному відповідно під кутами  $30^\circ$  і  $60^\circ$ . При падінні тіла помінялись місцями. Визначте відносну швидкість руху тіл, коли вони знаходились на одній вертикалі.

3. Замкнута система складається з нерухомої стінки  $A$ , рухомої  $B$  та кульки  $C$ . В початковий момент кулька рухається зі швидкістю  $v_0$ , рухома стінка з швидкістю  $v$  ( $v < v_0$ ). Визначити максимальне число зіткнень кульки з рухомою стінкою, вважаючи удари абсолютно пружними, а маси стінок значно більшими за масу кульки.



4. Гелікоптер масою  $M$  піднімає тягар масою  $m$ , який підвішено на лінві, з прискоренням  $a$ . Під час підйому лінва розривається. Визначити прискорення гелікоптера відразу після обриву лінви.

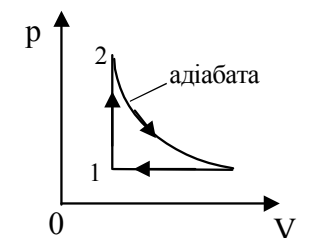
5. Дві однакові електроплитки з'єднані послідовно і ввімкнуті в електромережу. При тривалій роботі спіралі плиток нагріваються до температури  $120^\circ\text{C}$ . До якої температури нагріваються спіралі плиток, якщо їх ввімкнути паралельно? Температура повітря в кімнаті  $20^\circ\text{C}$ . Зміною опору при нагріванні знехтувати.

10 клас

1. Визначте ККД замкнутого циклу для трьох молів ідеального газу, якщо відомо, що газ одержав  $3 \text{ кДж}$  тепла, а при адіабатному розширенні температура понизилася на  $40 \text{ К}$ .

2. Спортсмен пливе за течією річки з оптимальною швидкістю  $v_1$  відносно берегів, проти течії –  $v_2$ . З якою швидкістю він буде плисти перпендикулярно течії?

3. Комаха знаходиться в точці  $A$  на поверхні гірки землі, яка має кінчну форму радіуса  $R$ . За який найменший час комаха переміститься в точку  $B$ , рухаючись рівномірно зі швидкістю  $v$ , якщо відомо, що  $AO=R=0,5CO$ . На

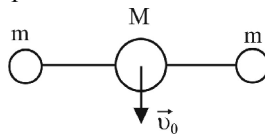
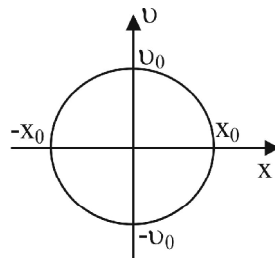
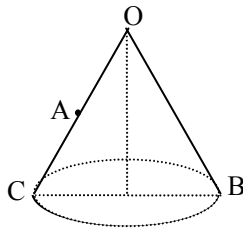


яку найменшу відстань при русі вона наблизиться до вершини конуса? Чи однакові зусилля розвиває комаха при русі?

4. При пострілі з рогатки вертикально вгору її гумову нитку розтягують вниз з силою  $F$ . Порівняти висоту піднімання того ж тіла при заміні гумової нитки іншою з товщиною у два рази меншою при тій же силі розтягу. Зміну перерізу нитки під час розтягу вважати незначною, опором повітря знехтувати, розтяг нитки вважати значно меншим від висоти підйому тіла ( $x \ll h$ ).
5. У запаяній з одного кінця скляній трубці, яка лежить на горизонтальній поверхні, знаходиться повітря, відносна вологість якого 70%. Повітря в трубці відокремлене від атмосферного стовпчиком ртуті довжиною 10 см. Якою стане відносна вологість повітря, якщо трубку поставити запаяним кінцем догори? Ртуть з трубки не виливається, температура повітря незмінна, атмосферний тиск 760 мм рт.ст.

#### 11 клас

1. Матеріальна точка рухається уздовж прямої так, що графік залежності її швидкості від координати при певному виборі масштабів має вигляд кола. Побудувати для такого руху графіки залежності швидкості та координати від часу.
2. Для підтримання незатухаючих коливань в коливальній контурі з малим затуханням індуктивність котушки швидко (у порівнянні з періодом коливань) збільшують на невелику величину  $\Delta L$  кожного разу, коли струм у колі дорівнює нулю, а через одну чверть періоду швидко повертають до попереднього значення (вставляють і виймають феромагнетик). Визначити зміну індуктивності, якщо  $L=0,3$  Гн;  $C=0,3$  мкФ;  $R=10$  Ом.
3. Три маленькі кульки (маси яких відповідно  $m$ ,  $M$  та  $m$  і заряджені однойменними зарядами  $q$ ) з'єднані між собою невагомою ниткою, довжина якої  $L$  знаходяться на горизонтальній ізолюючій площині. Середній кульці надають поштовхом швидкості  $v_0$  в напрямку, перпендикулярному до нитки. Визначити найменшу відстань між крайніми кульками при русі.
4. Первинні обмотки двох трансформаторів, які відповідно мають 300 і 400 витків, з'єднали послідовно і під'єднали до джерела змінної напруги з діючим значенням 220 В. Яка напруга на кінцях вторинних обмоток, що містять по 500 витків? Трансформатори ідеальні, причому індуктивності їх обмоток пропорційні квадрату кількості витків.



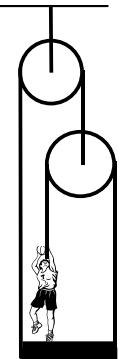
5. Невелика лампочка розміщена на відстані  $L$  від вертикальної стінки. Проходячи повз стінку, поганий хлопчик кинув у лампочку камінь під кутом  $45^\circ$  до горизонту. Вважаючи, що в момент кидання камінь знаходиться на одній висоті з лампочкою і що він потрапить в лампочку, визначте швидкість тіні каменя на вертикальній стіні.

#### м.Рівне, грудень 2002 р. І тур 7 клас

1. Як з 8 однакових за розміром і виглядом кульок, користуючись лише терезами (без важків), визначити за допомогою двох зважувань, яка з них має порожнину?
2. Першу половину часу свого руху пішохід пройшов із швидкістю 5 км/год, а другу половину часу - з швидкістю 4 км/год. Яка середня швидкість пішохода за весь час руху?
3. Яку масу має куб, площа поверхні якого  $150 \text{ см}^2$ , якщо густина речовини, з якої він виготовлений, становить  $2,7 \text{ г/см}^3$ ?
4. Потяг проходить повз спостерігача впродовж 10 с, а по мосту довжиною 400 м – впродовж 30 с. Визначте довжину і швидкість руху потяга.
5. Моторний човен проходить відстань між двома пунктами А і В за течією річки за 3 год, а пліт - за 12 год. Скільки часу моторний човен затратить на зворотній шлях?

#### 8 клас

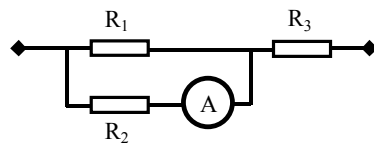
1. У холодильній камері 2 кг води в алюмінієвій каструлі, маса якої 500 г, охолодили за 15 хв від  $20^\circ\text{C}$  до  $0^\circ\text{C}$ . За який час вода перетвориться в лід? Питома теплоємність алюмінію  $900 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$ , води -  $4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$ , питома теплота плавлення льоду  $330 \text{ кДж/кг}$ .
2. З якою силою людина повинна тягнути мотузку, щоб втримати дошку в рівновазі? Масу блоків, мотузку і дошки не враховувати, маса людини 50 кг.
3. У каструлі кипить вода. Чи буде кипіти вода в чашці, котра плаває в цій каструлі з водою, яка кипить?
4. Куля з чавуна, яка має всередині порожнину, плаває у воді, занурившись наполовину. Знайти об'єм внутрішньої порожнини, якщо маса кулі 5 кг, густина чавуну  $7800 \text{ кг/м}^3$ , води –  $1000 \text{ кг/м}^3$ .
5. Тенісний м'яч, маса якого 2 г і об'єм  $4 \text{ см}^3$ , занурено у воду на глибину 50 см. На яку теоретично можливу висоту вистрибне м'яч з води? Тертя при русі знехтувати.



#### 9 клас

1. З повітряної кулі, яка перебуває у завислому стані, випав баласт, внаслідок чого її маса зменшилася на 20 %. Визначити відстань між кулею і баластом через 10 с. Опором повітря знехтувати.

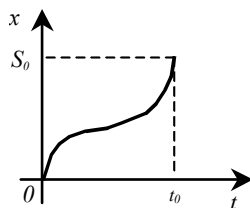
2. Амперметр у схемі, зображеній на малюнку, показує 0,25 А. Якими будуть покази амперметра, якщо опори  $R_1$  і  $R_3$  поміняти місцями, а напругу залишити незмінною?  $R_1=R_2=100\text{ Ом}$ ,  $R_3=200\text{ Ом}$ .



3. Стержень довжиною 50 см обертається навколо перпендикулярної йому осі з частотою 50 об/с. Один з кінців має швидкість 57 м/с. Чому дорівнює лінійна швидкість другого кінця стержня?

4. З отвору труби водопровода, діаметр якого 2 мм, б'є вертикально вгору струмінь води до висоти 80 см. Чому дорівнює витік води за добу?

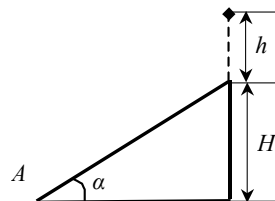
5. Залежність координати від часу тіла, що рухається прямолінійно, має вигляд, зображений на малюнку. Перемалуйте (наближено) вигляд залежності і покажіть на графіку точки, миттєва швидкість в яких дорівнює середній на шляху  $S_0$ .



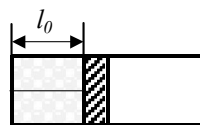
#### 10 клас

1. Під поршнем у циліндрі, об'єм якого 30 л, знаходяться вода, повітря і насичена водяна пара за температури 373 К і тиску 2,5 атм. Визначити масу води в посудині, коли поршень повільно перемістили в положення, за якого тиск у циліндрі став 4 атм. Загальна маса води і пари 22 г.  $P_{\text{атм}}=10^5\text{ Па}$ ,  $R=8,31\text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$ .

2. М'яч падає на вершину похилої площини, як показано на малюнку. Кут нахилу площини  $\alpha$  становить  $45^\circ$ . За якої висоти  $h$  після абсолютно пружного відбивання м'яч впаде якнайшвидше і якнайближче до початку похилої площини (точки А). Висота площини  $H$ .



3. У довгому циліндрі на відстані  $l_0$  від основи закріплено ниткою поршень, який без тертя може ковзати в циліндрі. Під поршнем знаходиться газ під тиском  $p > p_{\text{атм}}$ . На якій відстані від основи після перепалювання нитки швидкість руху поршня буде найбільшою? Процес розширення повітря вважати ізотермічним, опором повітря при русі поршня знехтувати.



4. Яку глибину водоймища можна виміряти за допомогою сталевго троса. Границя міцності сталі 500 МПа, густина сталі  $7800\text{ кг/м}^3$ , густина води  $1000\text{ кг/м}^3$ .

5. З тонкого гумового шнура маси  $m$  і жорсткості  $k$  виготовлене кільце, радіус якого  $R_0$ . Знайти радіус кільця, поміщеного на конус з ідеально гладенькою поверхнею і з кутом  $2\alpha$  при вершині. Товщина шнура суттєво менша за радіус кільця.

#### 11 клас

1. Горизонтально розміщені пластини конденсатора, відстань між якими  $d$ , під'єднані до джерела регульованої напруги. На нижній пластині лежить металева пластинка маси  $m$ , площа якої рівна площі пластин конденсатора  $S$ . За якої напруги між обкладками металева пластинка може відірватися від нижньої і досягти верхньої?

2. З тонкого гумового шнура маси  $m$  і жорсткості  $k$  виготовлене кільце, радіус якого  $R_0$ . Знайти радіус кільця, поміщеного на конус з ідеально гладенькою поверхнею і з кутом  $2\alpha$  при вершині. Товщина шнура суттєво менша за радіус кільця.

3. На котушці, по якій пропускають змінний струм, розмістили замкнений виток тонкого дроту. Якщо питомий опір матеріалу витка зменшити в 3 рази, сила струму в ньому зросте в 2 рази. У скільки разів зміниться сила струму, якщо питомий опір збільшити в 3 рази?

4. Скільки води (в  $\text{м}^3/\text{с}$ ) проходить крізь турбіни гідроелектростанції потужністю  $10^6\text{ кВт}$ , якщо напір води становить 200 м, а ККД станції 90 %?

5. У первинній обмотці трансформатора 2200 витків. Скільки витків у вторинній обмотці трансформатора, який розраховано для живлення лампочки потужністю 6,3 Вт за напруги 6,3 В? Опір вторинної котушки 0,2 Ом, напруга мережі 220 В.

#### м.Рівне, грудень 2002 р. II тур

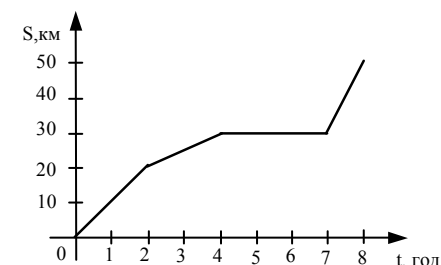
#### 7 клас

1. З якою швидкістю відносно Землі рухаються верхні та нижні ланки гусениці трактора, якщо його швидкість становить 10 км/год?

2. Спортсмени біжать із однаковими швидкостями  $v$  колоною, довжина якої  $l_0$ . Назустріч їм біжить тренер із швидкістю  $u$  ( $u < v$ ). Кожен із спортсменів, порівнявшись із тренером, біжить назад з тією ж швидкістю  $u$ . Якою буде довжина колони, коли всі спортсмени розвернуться?

3. На малюнку подано графік залежності шляху від часу для прямолінійного нерівномірного руху. Користуючись графіком, побудуйте графік залежності швидкості від часу  $v=v(t)$ .

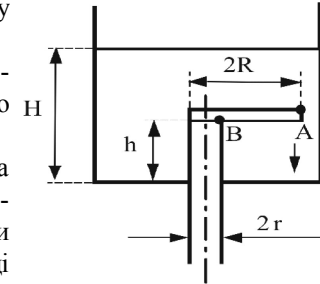
4. Автомобіль проїхав першу половину шляху із швидкістю 60 км/год, наступну ділянку шляху із швидкістю 15 км/год, а останню ділянку шляху із швидкістю 45 км/год. Знайти середню швидкість автомобіля на всьому шляху, якщо друга і третя ділянки пройдені за однаковий час.



5. Сплав складається з олова масою 2,92 кг і свинцю масою 1,13 кг. Яка густина сплаву, коли вважати, що об'єм сплаву рівний сумі об'ємів його складових частин?

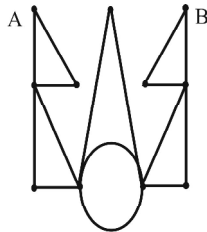
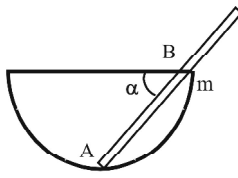
## 8 клас

1. За допомогою нагрівача потужністю 500 Вт нагрівають воду в посудині за 2 хв на  $1^\circ\text{C}$ . Ця ж вода в посудині без нагрівача охолоджується за 1 хв також на  $1^\circ\text{C}$ . Знайдіть масу води в посудині, якщо втрати кількості теплоти за рахунок теплопередачі навколишньому середовищу пропорційні часу. Питома теплоємність води  $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ .
2. По колу стадіона бігають назустріч один одному двоє хлопців. Швидкість одного з них у  $k$  разів більша від швидкості другого. Щоразу хлопці зустрічаються на відстані  $L$  від попереднього місця зустрічі. Визначте довжину стадіона.
3. До якої температури слід охолодити шматок алюмінію, щоб після занурення його у воду з температурою  $0^\circ\text{C}$  він піднявся з дна внаслідок обмерзання льодом?
4. Із посудини, заповненої водою виходить трубка радіусом  $r$  і висотою  $h$ . Трубка закрита круглою пластинною радіусом  $R$  і масою  $M$ , яку притискує до трубки вода. З якою силою  $F$  треба подіяти на пластину в точці А (в напрямку стрілки), щоб вона повернулася і відкрила трубку. Посудину заповнено водою до висоти  $H$ . Товщиною пластини знехтувати.
5. На фото відображено мить проходження літаком-винишувачем надзвукового бар'єру. Спробуйте пояснити появу в хвостовій частині літального апарата такого собі "яйця", з якого ніби вилітає літак.



## 9 клас

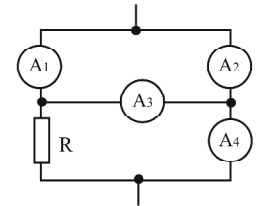
1. В гладкій закріпленій півсфері вільно лежить паличка масою  $m$  так, що кут її з горизонтом рівний  $\alpha$ , а кінець палички виходить за край півсфери. З якими силами діє паличка на півсферу в точках дотику А і В?
2. Два кораблі рухаються рівномірно і прямолінійно з різними швидкостями. Локатор, встановлений на одному з кораблів, визначає відстань  $s$  між ними через рівні інтервали часу. При трьох послідовних вимірах отримано значення  $s_1=5,2 \text{ км}$ ,  $s_2=4,8 \text{ км}$ ,  $s_3=5,4 \text{ км}$ . Яким буде результат наступного виміру?
3. Розрахуйте опір  $R_{\text{AB}}$  фігури, скрученої з дроту за умови, що опір окремих ділянок дроту між з'єднаннями дорівнює  $R$ .
4. Однорідна куля радіусом  $R$  скочується по рейках, які утворюють із горизонтом кут  $\alpha$ . Визначте прискорення кулі, якщо проковзування відсутнє, а відстань між рейками становить  $R$ .
5. Два плоскі дзеркала розміщені під кутом  $45^\circ$  одне до одного. Людина знаходить-



ся між дзеркалами на однаковій відстані від кожного з них. Скільки своїх зображень бачить людина у дзеркалах?

## 10 клас

1. На похилій площині, що утворює кут  $\alpha$  з горизонтом, знаходиться бак із водою масою  $M$ . З якою силою, паралельно похилій площині, треба рухати бак, щоб поверхня води в ньому була паралельною похилій площині? Коефіцієнт тертя між дном бака і похилою площиною дорівнює  $k$ .
2. В циліндр радіусом  $R$ , який частково заповнений водою, падає циліндричний корок радіусом  $r$  і висотою  $h$ . Початкова висота нижнього торця корка над рівнем води  $H$ , початкова швидкість рівна нулеві. Скільки енергії виділилось у вигляді теплоти після того, як рух корка і води припинився? Густина корка  $\rho$ , води -  $\rho_0$ , прискорення вільного падіння  $g$ .
3. Планету масою  $m$  і радіусом  $r$  оточує атмосфера постійної густини, яка складається з ідеального газу молярною масою  $M$ . Визначте температуру  $T$  атмосфери біля поверхні планети, якщо товщина атмосфери  $h$  набагато менша від радіуса планети.
4. Два брати-близнюки стоять на протилежних берегах річки шириною  $L$ . В кожного з них є дошка довжиною  $l$ . Власної маси і маси дошки вони не знають. При якому мінімальному значенні  $l$  кожен з них зможе перебраться на протилежний берег? Маса обох дощок однакові.
5. Чотири однакові амперметри і резистор увімкнено так, як показано на малюнку. Амперметр  $A_1$  показує струм  $I_1=2 \text{ А}$ , амперметр  $A_2$  - струм  $I_2=3 \text{ А}$ . Які струми проходять через амперметр  $A_3$ ,  $A_4$  та резистор? Знайти відношення  $r/R$  внутрішнього опору амперметра  $r$  до опору  $R$  резистора.



## 11 клас

1. Куля масою  $m$  горизонтально вдаряється об брусок масою  $M$ , що лежить на горизонтальній гладкій поверхні. Швидкість кулі в момент удару -  $v$ . Яка максимальна кількість теплоти може виділитися в місці зіткнення?
2. Тіло кинути під кутом  $60^\circ$  до горизонту з початковою швидкістю  $30 \text{ м/с}$ . Знайдіть його переміщення за останню секунду польоту.
3. У кубічній посудині об'ємом  $1 \text{ л}$  знаходиться гелій при температурі  $300 \text{ К}$ . Спостерігаючи за однією молекулою, оцініть, скільки разів вона вдариться об верхню стінку посудини за час  $t=1 \text{ с}$ .
4. На гладенькій горизонтальній діелектричній поверхні лежать 4 кульки масою  $m$ , з'єднані чотирма нитками довжиною  $l$  (нитки утворюють квадрат). Кулькам надають однакового заряду  $q$ . Знайдіть період малих коливань системи.
5. Якщо дивитись на капілярну трубку, зовнішній радіус якої  $R$ , збоку, то видимий внутрішній радіус капіляра рівний  $r$ . Чому рівний дійсний внутрішній радіус  $r_0$

7 клас

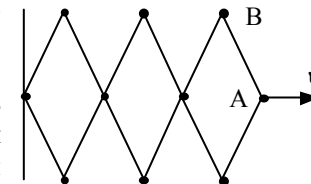
1. Команді з двох осіб потрібно подолати відстань між пунктами А і В (20 км). Команда має один велосипед, на якому зі швидкістю 20 км/год може рухатись лише одна людина. Швидкість пішохода 6 км/год. За який мінімальний час і як команда прибуде в пункт В? Залік ведеться за останнім членом команди.
2. Магніт масою 51 г прилип до вертикальної сталеві плити. Для рівномірного руху вниз до магніта прикладають силу 1,5 Н. Яку силу треба прикласти для рівномірного руху магніта вгору?
3. Відстань між кінцевими зупинками тролейбуса дорівнює 5 км. На маршруті рівномірно курсують 10 тролейбусів. Пасажир тролейбуса визначив, що зустрічні тролейбуси проїжджають повз нього через кожні 2 хв. Визначте швидкість руху тролейбуса.
4. Густина сухого піску  $2,25 \text{ г/см}^3$ , вогкого -  $2,7 \text{ г/см}^3$ . Визначте середню густину піщинок.
5. Хлопчик рухається рівномірно вздовж залізничної колії з швидкістю 4 км/год. Повз нього в протилежних напрямках проїжджають дві електрички, одна з яких містить 9 вагонів, друга -10 вагонів. Визначте, з якою швидкістю рухалися електрички, якщо вони зустрілися і розійшлися навпроти хлопчика.

8 клас

1. У 4 л води за температури кипіння вкинули 2,1 кг перлової крупи і зварили на газовій плиті. Скільки газу витрачено на випаровування води, якщо вважати, що температура води після всипання крупи помітно не змінилася, а вода або випаровується або поглинається крупою. Густина сухого перлового зерна  $1,4 \text{ г/см}^3$ , вареного  $1,2 \text{ г/см}^3$ .
2. У воді плаває шматок льоду з площею поперечного перерізу  $2 \text{ м}^2$  і висотою 20 см. Яку роботу необхідно виконати, щоб повністю занурити крижину у воду?
3. У відро з водою опустили циліндричну посудину без дна, яка плаває у воді у вертикальному положенні. Яку масу бензину можна налити у циліндр, щоб він не витікав у воду? Площа поперечного перерізу внутрішньої частини циліндра  $300 \text{ см}^2$ , висота 5 см, густина бензину  $0,7 \text{ г/см}^3$ . Розглянути два випадки: циліндр виготовлено з липи ( $\rho=0,5 \text{ г/см}^3$ ), парафіну ( $\rho=0,9 \text{ г/см}^3$ ).
4. Автомобіль, маса якого 1,5 т, перевозить по горизонтальній дорозі 500 кг вантажу, витрачаючи по 15 г бензину щохвилини. Визначте швидкість рівномірного руху автомобіля, якщо ККД двигуна 30%, а сила опору становить 0,01 від ваги автомобіля.
5. Зважуючи на нерівноплечному невагомому важелі хлопчик встановив, що якщо кавун на лівому плечі, маса гирь для зрівноваження становить 4 кг, коли кавун на правому плечі – маса гирь 2,5 кг. Яка справжня маса кавуна?

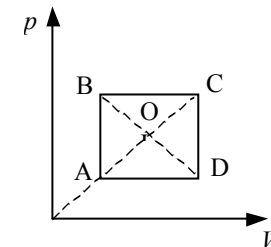
9 клас

1. Два медичних шприци, діаметри яких відрізняються у 2 рази, з'єднані між собою короткою трубкою. Спочатку трубку перекривають і наливають в один з шприців електропровідну рідину. Опір цієї рідини становить  $R$ . Яким стане опір рідини між рівнями у шприцах після того, як трубку відкриють?
2. Вказана на малюнку система складається з тонких стержнів, з'єднаних шарнірами. Всі три, утворені стержнями чотирикутники, - однакові ромби з довжиною сторони  $b$ . Шарнір А рухають прямолінійно з швидкістю  $v$ . Знайдіть прискорення шарніра В в той момент, коли ромби перетворюються в квадрати.
3. Від колеса, що здійснює рівномірний рух по горизонтальній поверхні, відривається шматок багнюки, підлітаючи вгору. З якою мінімальною швидкістю повинно рухатись колесо, щоб шматок бруду, впавши, потрапив в те ж саме місце колеса? Радіус колеса 30 см. Опором повітря знехтувати.
4. У циліндричну посудину з площею основи  $27 \text{ см}^2$  поклали кубик льоду масою 27 г і початковою температурою  $-10^\circ\text{C}$ . Яку мінімальну кількість теплоти треба затратити, щоб при подальшому нагріванні рівень води, утвореної при плавленні льоду не змінювався? Вважати, що під час плавлення шматок льоду зберігає кубічну форму.
5. Під яким кутом  $\alpha$  до горизонту повинна кинути людина, яка стоїть внизу довгого схилу, щоб він впав на схил якомога вище? Кут нахилу схилу становить  $\beta$ .



10 клас

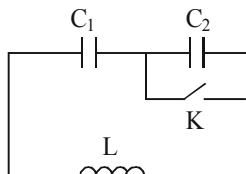
1. Людина, яка сидить в човні, хоче визначити його масу. Як це можна зробити, маючи лише довгу мотузку? Маса людини  $m$ .
2. Циклічний процес ABCDA зображено на малюнку. Температура газу у точках А, В і С відповідно  $T_A, T_B, T_C$ . Визначити температуру у точках D та О.
3. У циліндр, об'єм якого 2 л, налили 100 г води за температури  $20^\circ\text{C}$  і накрили легеньким поршнем, який може ковзати без тертя. Вода в циліндрі за 5 хв нагрілася до  $60^\circ\text{C}$ . За який час поршень вискочить з циліндра? Втратами тепла знехтувати, атмосферний тиск нормальний, питома теплоємність води  $4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$ , питома теплота пароутворення  $2,3 \text{ МДж/кг}$ .
4. Трьом намістинам, наанизаним на тонке гумове кільце, надають зарядів 3 нКл, 4 нКл та 12 нКл. Під дією кулонівських сил вони розтягують кільце в трикутник. Визначте кути утвореного трикутника. Тертям знехтувати.
5. Оцініть відносну похибку при зважуванні тіла об'ємом 1 л на важільних терезах, якщо під час зважування в повітрі його було зрівноважено мідними різноважками



масою 800 г. Густина міді  $8,8 \text{ г/см}^3$ , повітря -  $1,29 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$ .

### 11 клас

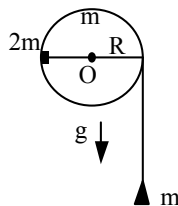
1. У коливальному контурі, зображеному на малюнку, відбуваються вільні електромагнітні коливання при замкненні ключа К. У момент, коли напруга на конденсаторі досягне максимального значення  $U_0$ , ключ розмикають. Визначити силу струму у контурі, коли напруга на конденсаторі  $C_1$  буде рівною нулю за умови  $C_2 > C_1$ .



2. Визначити можливий період власних коливань води у сполучених посудинах, якщо площа перерізу лівої трубки  $S_1$ , правої  $S_2$ . Капілярними явищами і тертям при русі рідини знехтувати.

3. Нерухоме дротяне кільце знаходиться в однорідному магнітному полі, лінії індукції якого перпендикулярні площині кільця. По кільцю ковзає без порушення контакту металева перемичка зі швидкістю  $v$ . В момент часу, коли перемичка проходить через діаметр кільця, сила струму у перемичці становить  $I$ . Визначити індукцію магнітного поля, якщо кільце і перемичка виготовлені з дроту однакового перерізу площею  $S$  і питомим опором  $\rho$ .

4. На тонкостінний обід велосипедного колеса, вісь О якого горизонтальна і закріплена, прикріплено вантаж масою  $2m$  малих розмірів і намотано тонку нерозтяжну нитку. Один кінець нитки прикріплено до обода, а до другого її кінця прив'язано тягарець масою  $m$ . Маса обода становить  $m$ , а його радіус рівний  $R$ . Обід утримують в положенні, показаному на малюнку. Нехтуючи тертям, масою шпич, втулки і нитки, знайти максимальну швидкість вантажу за час поступального руху тягарця.



5. Електрони, які на нескінченності мають швидкість  $v$ , потрапляють на металічну ізолювану кулю радіусом  $R$ . На скільки підвищиться температура кулі, якщо її теплоємність дорівнює  $C$ ?

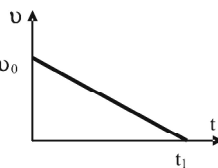
м.Рівне, листопад 2004 р.

### 7 клас

1. Від буксира, що йшов проти течії річки, відірвався човен. В момент часу, коли на буксирі помітили човен, він знаходився від нього на відстані  $S_0$ . З буксира швидко спустили катер, який доплив до човна і повернувся з ним до буксира. Скільки часу на це пішло? Яку відстань пройшов катер в один та другий бік, якщо швидкості катера і буксира відповідно рівні  $v_k$ ,  $v_0$ .

2. З лінії старту колової доріжки стадіону починають бігти два спортсмени: один із швидкістю  $6,5 \text{ м/с}$ , другий –  $4,5 \text{ м/с}$ . Через скільки кругів вони зустрінуться на лінії старту?

3. Перший автомобіль, гальмуючи, зменшує свою швидкість з часом так, як показано на графіку. За час  $t_1$  він пройшов таку



ж відстань, як і другий автомобіль, що рухається із постійною швидкістю  $20 \text{ м/с}$ . Визначте початкову швидкість  $v_0$  першого автомобіля.

4. Як, маючи порожню склянку, шалькові терези та набір гир з латуні, визначити густину невідомої рідини?

5. Першу половину шляху потяг їхав з постійною швидкістю, яка в  $1,5$  рази більша від швидкості на другій половині шляху. Середня швидкість на всьому шляху становить  $43,2 \text{ км/год}$ . З якими швидкостями їхав потяг кожну половину шляху?

### 8 клас

1. Див. задачу 1 ІІ туру заочної олімпіади, 8 клас (стор.48).

2. Див. задачу 2 ІІ туру заочної олімпіади, 8 клас (стор.48).

3. Два господарі нагрівають воду протягом сонячного дня у двох, наповнених по вінця ємкостях однакової висоти та однакової площі дна. У першого господаря ємкість має форму циліндричної діжки, другого – паралелепіпеда з квадратною основою. У якого з господарів ввечері після заходу сонця вода довше залишатиметься теплішою? Погодні умови, матеріал, з якого виготовлено ємкості, та температура води в них до заходу сонця однакові.

4. Продавець пропонує придбати рибу, дозволяючи покупцю самостійно її зважити на нерівноплечих терезах, виготовлених з палиці, шальок та мотузки з використанням набору гир. Причому дозволяється:

- класти рибу лише на ліву шальку терезів;

- проводити процес зважування (досягаючи рівноваги шальок підкладанням гир і не знімаючи рибу з лівої шальки), не більше двох разів.

Чи можливо за таких умов визначити справжню масу риби? «Палиця-терези» з шальками початково займають горизонтальне положення.

5. У циліндричну діжку висотою  $2 \text{ м}$  налито  $800 \text{ л}$  води. Діаметр діжки  $1 \text{ м}$ . У верхній кришці є невеликий отвір, через який можна просунути всередину шланг. Чи можна через шланг висмокати воду з діжки, якщо під час висмоктування створюється розрідження з тиском  $5 \cdot 10^4 \text{ Па}$ ? Відповідь обґрунтуйте.

### 9 клас

1. Див. задачу 1 ІІ туру заочної олімпіади, 9 клас (стор.48).

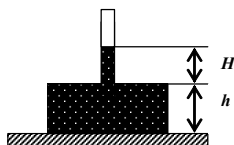
2. Невагомий стержень, на кінцях якого закріплені кульки масами  $m$  та  $M$ , спирається серединою на жорстку опору, навколо якої він може обертатися у вертикальній площині. В початковий момент стержень утримують в горизонтальному положенні. Визначити силу тиску на опору в той момент, коли тягарі відпускають.

3. Ракета масою  $m$  стартує під кутом  $\alpha$  до горизонту. Двигуни ракети працюють протягом  $t$  секунд, розвиваючи силу тяги  $F$ , і забезпечують прямолінійний рух ракети. Нехтуючи зміною маси ракети і опором повітря, визначити висоту  $h$ , на якій припиняється робота двигунів.

4. По прямій дорозі із швидкістю  $u=5 \text{ м/с}$  рухається велосипедист. На відстані  $d=100 \text{ м}$  від дороги знаходиться "автоматизована піцерія". У той момент, коли відстань між велосипедистом та піцерією зменшується до величини  $L=150 \text{ м}$ , спрацьовує система спостереження і з піцерії виїжджає самонавідний візок з піцею. Його швидкість

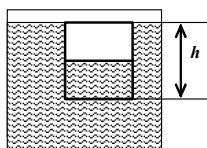
спрямована в кожен момент точно на велосипедиста, постійна за значенням і становить  $v=8$  м/с. Знайдіть час доставки піци велосипедисту. Як потрібно змінити налаштування системи спостереження, щоб час руху візка виявився мінімальним?

5. У дні циліндричної посудини просвердлили отвір, площа якого  $S_0$ , і вставили в нього трубку. Посудину поставили на рівну поверхню догори дном і через трубку почали наливати воду. До якої максимальної висоти  $H$  можна наливати воду, щоб вона не витікала з-під посудини? Маса посудини з трубкою  $m$ , висота посудини  $h$ , а площа дна  $S$ .



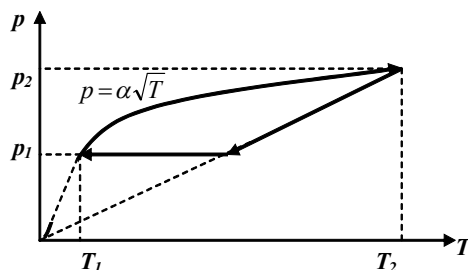
#### 10 клас

- Камінь кидають горизонтально із швидкістю 14 м/с з гірки, схил якої утворює з горизонтом кут  $45^\circ$ . На якій найбільшій відстані від поверхні гори буде знаходитись камінь під час польоту?
- Оцінити мінімальний радіус планети, яка може утримувати атмосферу, що складається з гелію. Середня густина планети  $4$  г/см<sup>3</sup>, температура атмосфери  $300$  К. Атмосферу вважати однорідною.
- Див. задачу 3 II туру заочної олімпіади, 10 клас (стор.49).
- Циліндричну склянку масою  $m$  опускають догори дном у воду, температура якої  $0^\circ\text{C}$ . За цих умов склянка плаває так, як показано на малюнку (дно склянки знаходиться на рівні поверхні води). На скільки підніметься дно склянки, якщо воду нагріти до  $100^\circ\text{C}$ ? Площа дна склянки  $S$ , атмосферний тиск  $p_0$ . Тиском насиченої пари при температурі  $0^\circ\text{C}$  знехтувати.
- Див. задачу 1 II туру заочної олімпіади, 10 клас (стор.49).



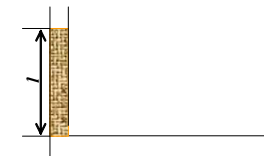
#### 11 клас

- Над одним молем ідеального газу здійснюється замкнутий цикл, показаний на малюнку. Яку роботу виконав газ під час цього процесу? ( $p_1, p_2, T_1, T_2$  вважати заданими)
- Санчата довжиною  $l$ , ковзаючи по горизонтальній поверхні, вкритій снігом, потрапляють на ділянку, посипану піском. Визначте швидкість руху санчат по снігу і час гальмування, якщо вони зайжджають на пісок рівно наполовину своєї довжини. Маса санчат  $m$  (масу вважати розподіленою рівномірно вздовж всієї довжини). Тертям санчат об сніг знехтувати, коефіцієнт тертя об пісок  $\mu$ .
- Див. задачу 4 II туру заочної олімпіади, 11 клас (стор.50).
- У вертикальній частині Г-подібної скляної трубки утримується мотузка, довжина



якої  $l$ . За який інтервал часу мотузка зміститься у горизонтальне коліно, коли її відпустять? Силами тертя знехтувати.

5. Див. задачу 1 II туру заочної олімпіади, 10 клас (стор.49).



#### м.Рівне, листопад 2005 р., I тур

##### 7 клас

- Перехід теплоходів із порту А в порт В триває рівно 12 діб. Кожного дня опівдні із А в В та із В в А відходить теплохід. Скільки теплоходів зустріне кожен теплохід під час дороги?
- Золота монета викарбувана із сплаву, який містить за масою 90% золота і 10% срібла. Визначте густину монети. Вважати, що об'єм монети дорівнює сумі об'ємів його складових частин.
- До мосту довжиною 100 м під'їжджає поїзд довжиною 200 м зі швидкістю 20 м/с. З якою найменшою швидкістю повинен бігти хлопчик, щоб пробігти через міст раніше за поїзд?
- Два автомобілі рухаються в одному напрямку з різними швидкостями (30 км/год та 60 км/год відповідно). Але відстань між ними не змінюється. Чи можлива така ситуація?
- Тримавши на долоні цеглину, вдарають по ній молотком. Чому не відчують при цьому болю?

##### 8 клас

- Два літаки летять зустрічними курсами із швидкістю 200 м/с кожен. Із кулемета, розміщеного на борту першого літака, обстрілюють другий літак, причому вогонь ведеться перпендикулярно до напрямку польоту. На якій відстані один від одного повинні розміститись кульові отвори в борту другого літака, якщо кулемет робить 900 пострілів за 1 хв?
- Чому крапля води, яка потрапляє на гарячу сковороду, майже вмиг випаровується, а крапля, яка впала на розжарену (дуже гарячу) сковороду, ще декілька секунд „живе“?
- Див. задачу 3 III етапу Всеукраїнської олімпіади, 8 клас (стор.23).
- Див. задачу 5 заочної олімпіади, 8 клас (стор.41).
- Див. задачу 4 заочної олімпіади, 8 клас (стор.41).

##### 9 клас

- У посудину із сумішшю 1 кг води і 1 кг льоду із сухопарника впустили 0,1 кг водяної стоградусної пари. Що буде в посудині після встановлення теплової рівноваги?
- Відстань між двома станціями поїзд проїхав із середньою швидкістю 72 км/год за 20 хв. Розгін та гальмування тривали 4 хв, а решту часу поїзд рухався



рівномірно. Яку швидкість мав поїзд під час рівномірного руху?

3. До дрітцяного кільця в двох точках приєднано підвідні проводи. В якому відношенні ділять точки приєднання довжину кола кільця, якщо загальний опір утвореного електричного кола в 4,5 рази менший від опору дроту, з якого зроблене кільце.

4. Чи одночасно впадуть з великої висоти на Землю дві кулі однакових розмірів, виготовлені з різних речовин?

5. Алюмінієва куля з внутрішньою порожниною важить 2 Н у повітрі і 1,2 Н у воді. Визначте об'єм внутрішньої порожнини кулі. Виштовхувальною силою повітря знехтувати.

#### 10 клас

1. На кухні розвісили мокру білизну. На вулиці мрячить холодний дощ. Чи вплине на час висихання білизни відкривання квартирки?

2. Див. задачу 2 заочної олімпіади, 10 клас (стор.41).

3. Див. задачу 3 заочної олімпіади, 10 клас (стор.42).

4. Див. задачу 3 III етапу Всеукраїнської олімпіади, 10 клас (стор.24).

5. Див. задачу 5 заочної олімпіади, 10 клас (стор.42).

#### 11 клас

1. В замкнуту накоротко котушку вводять магніт: один раз швидко, другий раз – повільно. Чи однаковий заряд проходить через котушку в обох випадках? Чи однакова кількість теплоти виділяється?

2. Див. задачу 2 заочної олімпіади, 11 клас (стор.42).

3. Див. задачу 3 заочної олімпіади, 11 клас (стор.42).

4. Див. задачу 4 заочної олімпіади, 11 клас (стор.42).

5. Див. задачу 5 заочної олімпіади, 11 клас (стор.42).

#### м.Рівне, грудень 2005 р., II тур

##### 7 клас

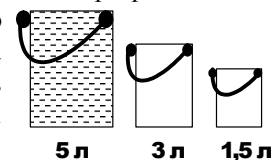
1. Повз радарний пост на швидкості 216 км/год пронісся новенький „Мерседес”, не відреагувавши на вимогу зупинитися. Про порушення негайно передали по радіо групі перехоплення, яка розпочала рух автомобілем з максимально можливою швидкістю в тому ж напрямку попереду порушника. Зважаючи на те, що швидкість патрульного авто була значно меншою від швидкості „Мерседеса”, було вжито кардинальних заходів: коли порушник порівнявся з патрульним автомобілем, старшина Полішук здійснив постріл з табельної зброї по колесах його автомобіля. Внаслідок екстреного гальмування „Мерс” зупинився через 8 с після пострілу, а через 2 с його наздогнала група перехоплення. Визначте швидкість, з якою рухався патрульний автомобіль.

2. Два хлопчики, які знаходилися по різні боки від досить широкої річки, посперечалися з рибалкою на сучасний спінінг про те, що швидше від нього виміряють її ширину, не маючи при собі жодних засобів вимірювання, але знаючи

свій зріст. В наявності ж у рибалки була рулетка і котушка з волосінню. Поки рибалка перепливав річку човном, у хлопців вже був готовий результат. Запідозривши їх у хитрощах (напевне вони здійснили вимірювання раніше), він відмовився віддавати вудку. Доведіть, що хлопці чесно отримали результат.

3. Влітку Михайлик гостював у бабусі в селі. Одного разу, прихопивши з собою два циліндричних відерка місткістю 3 л та 1,5 л, він побіг до тітки Варвари за молоком.

Але припізнівся, прийшовши тоді, коли лишалося всього 5 л, налитого у відро такої ж місткості, та й то тітка половину молока повинна залишити собі. Допоможіть Михайлику, користуючись лише цими трьома посудинами, розділити 5 л молока на дві рівні частини.



4. Дві посудини однакової місткості (відро та пластикова пляшка) заповнені водою та олією. Чи можна поміняти рідини місцями, не використовуючи при цьому інший посуд?

5. Два тіла рухаються назустріч одне одному так, що за кожні 10 с відстань між ними зменшується на 16 м. Якщо ці тіла будуть рухатися в одному напрямку з тими ж за величиною швидкостями, то за 5 с відстань між ними збільшиться на 3 м. З якою швидкістю рухається кожне з цих тіл?

#### 8 клас

1. На підвіконні на ніч було залишено посудину з каламутною водою. До ранку бруд залишився лише на тій стінці, яка повернута до кімнати. В який час року було проведено дослід?

2. Для зважування свинцевого бруска на важільних терезах використовували алюмінієві важки. Зрівноважені на повітрі терези помістили у камеру, з якої відкачали повітря, і їх рівновага порушилася. Однак, коли поміняли місцями важки і брусок – рівновага відновилася у камері, але порушилася на повітрі. На скільки відсотків відрізняються довжини плеч терезів?

3. Папуга знаходиться в закритому ящику, який розміщено на одній із шальок зрівноважених терезів. Чи порушиться рівновага, якщо птах злетить, і, махаючи крилами, «зависне» в повітрі всередині ящика?

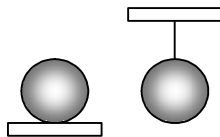
4. Мініатюрний калориметр масою 0,22 г з питомою теплоємністю матеріалу  $c=2,8 \text{ кДж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$  дає змогу вимірювати зміни температури, не менші за  $0,01 ^\circ\text{C}$ . В калориметр з висоти 4,2 м падає крапля води. При якому мінімальному об'ємі краплі термометр має змогу зафіксувати її потрапляння в калориметр?

5. Із колодязя глибиною 20 м дістають воду відром. Внизу колодязя відро заповнюється до країв. Внаслідок витікання через щілину в дні при підніманні відра частина води виливається назад у колодязь. Вважаючи, що відро піднімають рівномірно, а швидкість витікання води постійна, визначте роботу по підйому відра, якщо нагорі у відрі залишилось  $a=2/3$  від початкової кількості води. Маса порожнього відра 2 кг, об'єм 15 л.

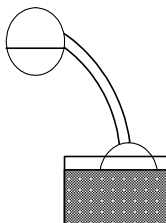
## 9 клас

1. Двом однаковим кулям, одна з яких лежить на тепло- ізольованій підставці, а інша висить на теплоізольованій нитці, надають однакові кількості теплот. Яка з куль буде мати більшу температуру?

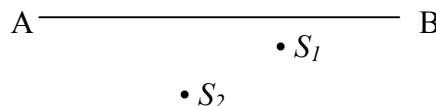
2. Три маленьких равлики в початковий момент знаходяться на плоскій поверхні у вершинах рівностороннього трикутника із стороною  $a$ . В деякий момент часу всі три равлики починають рухатись з однаковими швидкостями  $v$  один за одним (1-й за 2-им, 2-й за 3-им, 3-й за 1-им), намагаючись наздогнати того, що попереду. За який час вони зустрінуться і який шлях подолають до місця зустрічі?



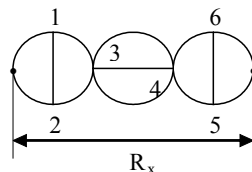
3. У дві порожні скляні кулі, з'єднані між собою трубою, влило деяку кількість води, після чого з них відкачано повітря і систему запаяно. Якщо перелити всю воду у верхню кулю, а нижню, порожню, занурити в посудину з рідким азотом, то через деякий час вода у верхній кулі замерзне, хоча вона увесь час знаходиться при кімнатній температурі. Поясніть це явище.



4. На рисунку зображено положення оптичної осі АВ лінзи, джерела світла  $S_1$  і його зображення  $S_2$ . Знайдіть побудовою положення оптичного центра лінзи та її фокусів.



5. З дротини опором  $R=4,14$  Ом виготовили три однакові кільця з діаметральними перемичками. Кільця з'єднані між собою так, як показано на малюнку. Визначте опір такої системи  $R_x$ .



## 10 клас

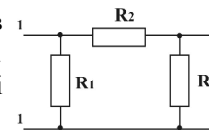
1. Якої висоти могла б бути сама висока гора на Землі?

2. Стовбур дерева діаметром  $D=20$  см лежить на горизонтальній поверхні. Лінійний коник-стрибунець хоче перестрибнути через дерево. Знайдіть мінімальну швидкість стрибка комахи, щоб їй вдалося це зробити.

3. Учень втік з уроку математики на рибалку, попередньо прихопивши з дому котушку волосіні. Однак на котушці не виявилось інформації про навантаження, яке вона витримує. Як, скориставшись транспортом і пластиковою пляшкою з-під газованої води, учень вийшов із скрутного становища, придумавши спосіб визначення цієї величини?

4. Якщо на вхід кола 1-1 подати напругу 100 В, то на виході 2-2 напруга становитиме 40 В. При цьому резистором  $R_2$  проходить струм силою 1 А. Якщо ж на вихід кола 2-2 подати напругу 60 В, то на вході 1-1 напруга становитиме 15 В. Визначте опори резисторів.

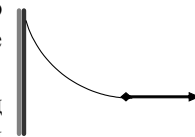
5. Дзеркало, поперечний переріз якого є півколом, помістили в широкий пучок світла, паралельний оптичній осі дзеркала. Знайдіть найбільший кут розходження променів при відбиванні світла від дзеркала.



## 11 клас

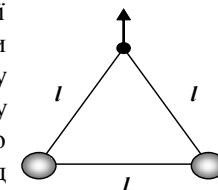
1. Прямокутної форми ванну заповнюють водою з крана за 3 хв. Якщо кран закрити, а відкрити зливний отвір в дні ванни, то вона спорожніється за 2 хв. Що буде, якщо одночасно відкрити кран і зливний отвір?

2. На фотографії показано мотузку, один кінець якої прикріплено до вертикальної стіни, а до другого прикладено силу 20 Н. Як за фотографією визначити масу реальної мотузки? Оцініть наближено це значення.



3. Відро з водою підвішено на мотузці. Його відхиляють від положення рівноваги і відпускають. В системі починаються коливання. Однак відро протікає, і рівень води в ньому зменшується. Як зміниться період коливань, коли вся вода витече?

4. Дві однакові заряджені кульки (маса і заряд кожної дорівнюють  $m=10$  г,  $q=5 \cdot 10^{-7}$  Кл) з'єднані ізоляційними нитками довжинами  $l$  та  $2l$  ( $l=10$  см). Систему утримують за середину довгої нитки, а потім точку підвісу починають піднімати вгору з прискоренням  $a$ , яке за модулем дорівнює прискоренню вільного падіння  $g$ . Визначте натяг нитки, що з'єднує кульки під час піднімання.



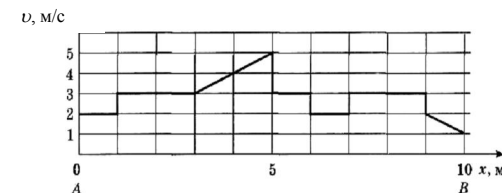
5. Як роздвигатися поверхню деталі, затиснутої в патроні токарного верстата, не зупиняючи його?

м.Рівне, листопад 2006 р.

## 7 клас

1. Виїхавши рано-вранці за межі міста, водій автомобіля вирішив зробити зупинку рівно за годину від часу виїзду. Як йому здійснити свій намір, якщо годинник він забув дома, а радіоприймач в авто не працює?

2. Космонавт у відкритому космосі здійснював переміщення від люка А до люка В зі швидкістю, графік залежності якої від координати показано на рисунку. Визначте час руху космонавта.



3. Див. задачу 3 заочної олімпіади, 8 клас (стор.51).

4. Під час розфасовки сипких продуктів в мішки відбувся збій на лінії, внаслідок чого з конвеєра вийшла партія мішків із сумішшю гороху та кукурудзи. Для того, щоб оцінити вартість мішків (*горох і кукурудза мають різну вартість*) головному інженеру підприємства було доручено фізичними методами оцінити процентний вміст кожного продукту в упаковці. Допоможіть інженеру виконати завдання.

5. Хлопчик, який йде вниз по ескалатору, що опускається, тратить на спуск 1 хв. Якщо він буде йти вдвічі швидше, спуск займе на 15 с менше часу. Скільки часу він буде опускатися, стоячи нерухомо на ескалаторі.

### 8 клас

1. Одного разу Петрик вирішив визначити температуру гарячого чаю. Взявши до рук термометр, він помітив, що покази приладу становлять  $+20^{\circ}\text{C}$  (температура повітря в кімнаті). Зануривши термометр в чашку, він дуже здивувався, коли побачив, що стовпчик термометра спочатку дещо опустився, а лише потім почав підніматися вгору. Поясніть причину такої поведінки термометра.

2. Чому важко розпалити грубку, яку давно не топили?

3. В склянку об'ємом 200 мл до половини наповненої водою з температурою  $15^{\circ}\text{C}$  з висоти 20 см вкидають (без поштовху) кубик льоду. Визначте температуру води після того, як увесь лід розтане і в склянці встановиться теплова рівновага. Початкова температура льоду  $-5^{\circ}\text{C}$ , довжина ребра кубика 2 см. Густина води  $1000\text{ кг/м}^3$ , льоду  $900\text{ кг/м}^3$ , питома теплоємність води  $4200\text{ Дж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)}$ , льоду  $2100\text{ Дж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)}$ , питома теплота плавлення льоду  $330\text{ кДж/кг}$ .

4. У рідині з постійною швидкістю повільно опускається кулька радіуса  $R$  і маси  $m$ . Яку масу мала б кулька того ж радіуса, щоб підніматись з такою ж швидкістю? Густина рідини  $\rho$ , сила опору пропорційна швидкості.

5. Паралельними коліями назустріч один одному рухаються два потяги: пасажирський довжиною 300 м зі швидкістю 60 км/год і вантажний зі швидкістю 40 км/год. Машиніст пасажирського потяга визначив, що вантажний проїжджає повз нього за 21,6 с. Визначте відстань від точки зустрічі потягів до точки розходження останніх вагонів.

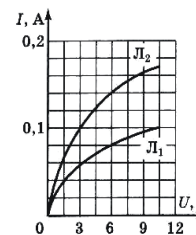
### 9 клас

1. З нещільно закритого крана тоненькою цівкою витікає вода. Як за допомогою лише лінійки можна оцінити швидкість витікання води, а також її кількість, що витікає щосекунди?

2. Автомобіль, що рухається із швидкістю 54 км/год, потрапив в смугу дощу. Куди потрапить більше дощових краплин: на лобове скло, нахилене під кутом  $\alpha=60^{\circ}$  до горизонту чи на ділянку даху з такою ж площею? Погода безвітряна, швидкість падіння крапель становить 5 м/с.

3. Камінь, кинутий під кутом  $\alpha$  до горизонту із швидкістю  $v_0$ , описує параболічну траєкторію. По тій же траєкторії рухається птах зі швидкістю  $v_0$ . Визначте його прискорення у верхній точці траєкторії.

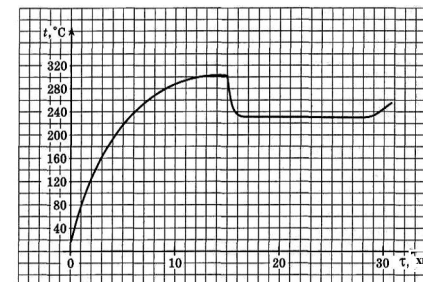
4. Лампочки  $L_1$  та  $L_2$ , які мають вольт-амперні характеристики, показані на малюнку, з'єднали послідовно і приєднали до джерела живлення з напругою 12 В. Визначте силу струму, який проходить через лампочку  $L_1$ .



5. При плаванні порожньої риболовної шхуни в одному з морів ватерлінія (рівень максимального занурення судна) знаходиться на висоті  $h=0,5\text{ м}$  від поверхні води, а в другому (*більш солоному*) – на висоті 0,6 м. При цьому максимальне завантаження рибою в першому морі складає 50 т, а в другому 63 т. Знайдіть масу шхуни без вантажу. Борти шхуни можна вважати вертикальними.

### 10 клас

1. Мініатюрна пічка для плавлення металу має електронагрівач постійної потужності  $P=20\text{ Вт}$ . Нагрівач вмикають і, після того як його температура практично перестає збільшуватися, в піч вкидають декілька шматочків олова загальною масою 80 г. Олово починає плавитись. Графік залежності температури в печі від часу показано на малюнку. Визначте питому теплоту плавлення олова.

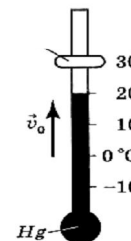


2. Аквалангісту необхідно визначити глибину озера. На жаль, нічого крім циліндричної мензурки з поділками у нього не виявилось. Однак аквалангіст зумів вийти зі скрутного положення. Яким чином він визначив глибину?

3. Куб масою 5 кг зі стороною  $a=\sqrt{2}\text{ м}$  лежить на горизонтальній підлозі. Яку найменшу роботу необхідно виконати, щоб перекинути куб з однієї грані на іншу?

4. До ртутного термометра на рівні поділки  $30^{\circ}\text{C}$  прикріплено маленький нагрівач, температура якого підтримується постійною і рівною  $500^{\circ}\text{C}$ . Через деякий час стовпчик ртуті проходить через поділку  $20^{\circ}\text{C}$  зі швидкістю 0,1 град/с. Визначте, за який час температура ртуті досягне  $26^{\circ}\text{C}$ , врахувавши, що теплопровідність ртуті в багато разів більша від теплопровідності скла. Теплоємністю скла можна знехтувати, тепловий потік від нагрівача до ртуті вважати пропорційним різниці температур.

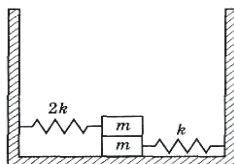
5. Паперовий циліндр скочується з похилої площини, нижній край якої розміщений на певній висоті над поверхнею землі. Зобразіть графічно траєкторію руху циліндра та поясніть форму траєкторії.



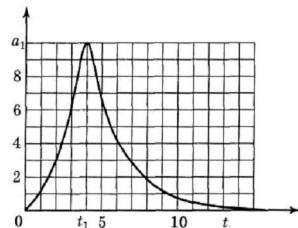
### 11 клас

1. Визначте максимальну амплітуду гармонічних коливань системи з двох брусків і двох невагомих пружин, зображених на малюнку. Жорсткість правої пружини

становить 10 Н/м, жорсткість лівої 20 Н/м, маса кожного бруска становить 100 г, коефіцієнт тертя між брусками  $\mu=0,5$ . В положенні рівноваги права пружина розтягнута на довжину  $\Delta x=2$  см. Тертя між нижнім брусом і опорою немає.

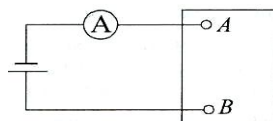


2. Заряджена краплина зрівноважена в вертикальному напрямленому електричному полі. З моменту часу  $t=0$  напруженість електричного поля починає зменшуватися і до деякого моменту часу  $t_1$  перетворюється в нуль. При цьому крапля падає. Знайдіть найбільше прискорення краплі. Графік зміни прискорення краплі з часом подано на малюнку. Вважайте, що сила опору повітря пропорційна швидкості краплі.



3. Шайба вдаряється об поверхню льоду під кутом  $\alpha=45^\circ$ , відскакує під кутом  $\beta=60^\circ$  до вертикалі, втративши при цьому половину кінетичної енергії. Знайти коефіцієнт тертя шайби об лід. Рух шайби вважати поступальним. Дію сили тяжіння під час удару не враховувати.

4. Якщо гальванічний елемент напругою 1,5 В підключити до затискачів А і В чорної скриньки, амперметр покаже силу струму 1 А. Якщо ж поміняти полярність з'єднання джерела на протилежну, сила струму зменшиться у 2 рази. Яке електричне коло знаходиться всередині?



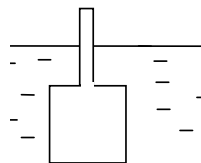
5. В кубічній посудині об'ємом 1 л знаходиться гелій при температурі 300 К. Оцініть, скільки разів одна молекула газу вдариться об верхню стінку посудини за 1 с.

## III ЕТАП ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ

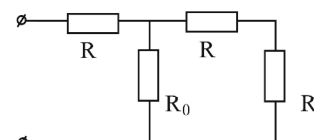
м. Рівне, січень 2002 р.

8 клас

1. Ареометр – прилад для вимірювання густини рідини – складається з двох циліндрів із спільною віссю, нижній з яких завжди занурений в досліджувану рідину, а на верхньому нанесені поділки відповідно до рівня занурення. На малюнку показано ареометр, у якого, при зануренні у воду, над поверхнею залишається рівно половина верхнього циліндра. Знайдіть, в якому діапазоні може вимірювати густину даний ареометр. Циліндри ареометра однакові за довжиною, а відношення діаметрів  $n=5$ .



2. Яким повинен бути опір  $R$ , щоб загальний опір кола був  $R_0$ ?



3. У теплоізольовану посудину, в якій міститься 1 кг льоду при температурі  $0^\circ\text{C}$ , впускають 1 кг водяної пари при температурі  $105^\circ\text{C}$ . Якою буде температура в посудині після встановлення теплової рівноваги? Питома теплоємність води  $c_w=4200$  Дж/(кг $\cdot^\circ\text{C}$ ), питома теплота пароутворення води  $L=2,3$  Мдж/кг, питома теплоємність пари  $c_p=220$  Дж/(кг $\cdot^\circ\text{C}$ ), питома теплота плавлення льоду  $\lambda=330$  кДж/кг.

4. Фігуристка, обертаючись навколо своєї осі, 20 разів повернулася лицем до свого партнера, який за цей час, що дорівнює 10 с, зробив 2 оберти навколо фігуристки. Скільки обертів за секунду робила фігуристка?

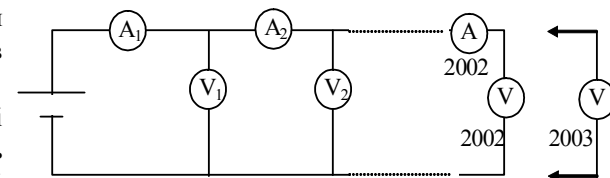
5. Запропонуйте спосіб визначення густини дробу, маючи в розпорядженні медичний шприц, нижній отвір якого закритий пластиліном, і склянку з водою.

9 клас

1. Відстань між двома станціями потяг проїхав за 20 хв з середньою швидкістю 72 км/год. Розгін та гальмування разом тривали 4 хв, а решту часу потяг рухався рівномірно. Яку швидкість він мав під час рівномірного руху?

2. В електричній схемі ввімкнено 2002 різних амперметри і 2002 однакових вольтметри. Якщо до останнього вольтметра під'єднати паралельно ще один такий же вольтметр, то він покаже напругу 1,5 В, а покази першого і 2002 амперметра становитимуть  $I_1=100$  мА,  $I_{2002}=10$  мА. Знайти загальну суму показів усіх вольтметрів.

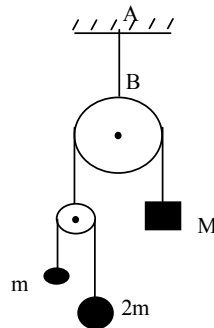
3. У кімнаті довжиною  $L$  і висотою  $H$  висить вертикально на стіні плоске дзеркало. Людина дивиться в нього, знаходячись на відстані  $l$  від тієї стіни, на



якій воно висить. Якою має бути найменша висота дзеркала, щоб людина могла бачити стінку, яка знаходиться за її спиною, на всю висоту?

4. Яке співвідношення між масами  $m$  і  $M$  у системі, зображений на малюнку 2, якщо сила натягу нитки  $AB$  становить  $2Mg$ , а тягар  $M$  рухається рівномірно. Масою блоків і тертям при русі знехтувати. За яких умов сила натягу шнура  $AB$  відрізняється від  $2Mg$ ?

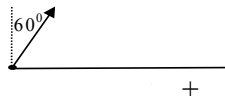
5. Опишіть спосіб визначення маси бруска, якщо у вашому розпорядженні є динамометр на 4 Н, штатив з муфтою і лапкою, лінійка та нитка. Вага бруска більша, ніж 4 Н.



### 10 клас

1. Від берега великого озера вітер поніс надувний човен під кутом  $15^\circ$  до берегової лінії. За якої максимальної швидкості руху човна людина, яка стояла на березі біля нього, здатна наздогнати човен, якщо берегом вона може бігти зі швидкістю 6 км/год, а пливти по озеру з швидкістю 3 км/год? Берегова лінія є прямолінійною ділянкою.

2. Електрон влітає під кутом  $\alpha = 60^\circ$  у простір між пластинами плоского конденсатора, між якими підтримується стала різниця потенціалів  $U = 60$  В. Визначте мінімальну швидкість електрона  $v_{\min}$ , за якої він досягне верхньої пластини.  $e/m = 1,76 \cdot 10^{11}$  Кл/кг.



3. У закритому з обох боків горизонтальному циліндрі об'ємом 4 л вільно переміщується невагомий поршень. З одного боку поршня в циліндр вводять 4 г води, а з іншого - 2 г кисню. Де встановиться поршень, якщо температура в циліндрі  $100^\circ\text{C}$ ? Тиск насиченої водяної пари при  $100^\circ\text{C}$ :  $p = 10^5$  Па.

4. Свинцева куля масою 200 г, що рухалася зі швидкістю 2 м/с, ударила таку саму нерухому кулю, після чого обидві кулі почали рухатися з однаковою швидкістю. На скільки зросла їхня внутрішня енергія при ударі?

5. Опишіть спосіб визначення коефіцієнта поверхневого натягу невідомої рідини, якщо у вас в наявності терези без різноважків, піпетка, дві посудини, вода, невідома рідина, матеріал для зрівноважування терезів (папір, пісок). Коефіцієнт поверхневого натягу води вважати відомим.

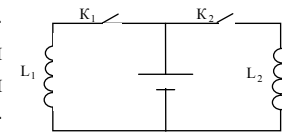
### 11 клас

1. Оцінити дальність стрибка спортсмена в довжину, якщо відомо, що час розбігу і відштовхування дорівнює  $t$ , максимальна висота підняття спортсмена  $h$ , коефіцієнт тертя між підошвами і землею  $\mu$ .

2. Кільце з мідного дроту радіусом 15 см обертається в магнітному полі з індукцією 0,01 Тл навколо осі, яка лежить у площині кільця і перпендикулярна до ліній індукції. Визначити, як зміниться температура кільця за 1 хв, якщо період його

обертання 0,05 с. Густина міді  $\rho_0 = 8900$  кг/м<sup>3</sup>, питомий опір міді  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м, питома теплоємність міді  $c_m = 380$  Дж/(кг·°C).

3. Дві котушки, індуктивності яких  $L_1$  і  $L_2$ , під'єднані до джерела струму з електрорушійною силою  $E$  і внутрішнім опором  $r$  так, як показано на малюнку 1. У початковий момент часу обидва ключі розімкнуті. Після того, як ключ  $K_1$  замкнули і струм через котушку  $L_1$  досяг деякого значення  $I_0$ , замикають ключ  $K_2$ . Визначте значення струмів, які протікатимуть через котушки через деякий час після замикання ключа  $K_2$ . Активними опорами котушок знехтувати.



4. Під яким кутом повинен падати промінь на речовину з показником заломлення  $\sqrt{3}$ , щоб заломлений промінь був перпендикулярний до відбитого?

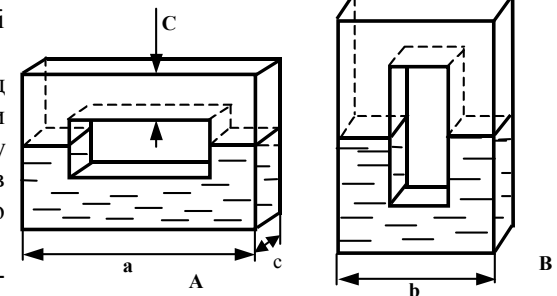
5. Запропонуйте спосіб визначення електрорушійної сили джерела струму з великим внутрішнім опором, маючи в розпорядженні два вольтметри та з'єднувальні провідники.

### м.Рівне, січень 2003 р.

#### 8 клас

1. У калориметрі плаває куб, складений з двох однакових половинок. Нижня половина - з льоду ( $\rho_{\text{л}} = 0,9\rho_{\text{в}}$ ), верхня - пінопластова ( $\rho_{\text{п}} = 0,5\rho_{\text{в}}$ ). Ребро куба  $d = 8$  см. На яку глибину зануриться пінопластова половина після танення льоду? На скільки при цьому зміниться відстань між ребром куба і дном калориметра?

2. Яку мінімальну роботу слід виконати, щоб до половини заповнену водою посудину перевести з положення А в положення В? Масою посудини знехтувати.



3. При виготовленні нерухомого блока допущено брак:

його вісь зміщена від центра на величину, що становить 2% радіуса. При повільному рівномірному підніманні вантажу за допомогою цього блока доводиться прикладати змінну силу. В якому напрямі треба тягнути шнур, щоб різниця між максимальною і мінімальною силою була найбільшою? Скільки % від ваги вантажу вона при цьому становитиме? Чи дорівнюватиме при цьому середнє арифметичне максимальної і мінімальної сил вазі вантажу?

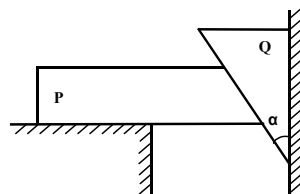
4. В неповній каструлі знаходиться 4 л гарячої води, а в неповному відрі - 6 л холодної. Квартою кілька разів переливають частину води з однієї посудини в іншу і навпаки, щоразу зачерпуючи різні її маси, але так, що в кінці в обох посудинах залишається попередня кількість води. Виявилось, що температура в каструлі зни-

зилась на  $30^{\circ}\text{C}$ . На скільки теплішою стала вода у відрі? Тепловими втратами знехтувати.

5. Кип'ятильник нагріває воду від  $80^{\circ}\text{C}$  до  $82^{\circ}\text{C}$  за 10 с, два таких кип'ятильники – за 4 с. Обчисліть ККД у випадках нагрівання одним і двома кип'ятильниками.

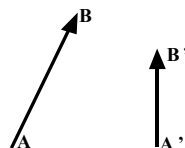
### 9 клас

1. Прямокутний клин вагою  $Q$  спирається однією площиною на гладеньку вертикальну стінку і частиною другої площини – на гладеньку дошку вагою  $P$ , що може ковзати без тертя, горизонтальною площиною. Визначити прискорення клина і дошки, а також силу тиску клина на дошку. Кут  $\alpha$  – відомий.



2. Електроплитка підключена до незмінної напруги послідовно з реостатом. Коли опір плитки збільшили в 2 рази, її потужність зменшилась і становила  $169/200$  початкової. Як зміниться потужність плитки, коли її опір зменшити в 2 рази?

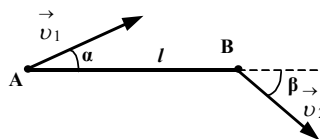
3. Відоме положення предмета АВ і його зменшеного зображення А'В'. Визначити побудовою положення лінзи, її оптичного центру, фокусів і головної оптичної осі.



4. Абсолютно пружна кулька вільно падає з деякої висоти  $h$  на похилу площину. На якій відстані від точки падіння буде знаходитися наступна точка зіткнення кульки з похилою площиною, якщо кут нахилу площини  $45^{\circ}$ ?

5. Аркуш паперу обертають навколо перпендикулярної до нього осі. Побудуйте точку, через яку проходить вісь та за відомими  $\alpha$ ,  $\beta$  і  $v_1$  знайдіть  $v_2$  у випадках:

- 1)  $\alpha=0$ ,  $\beta=60^{\circ}$ ,  $v_1=5$  см/с;
- 2)  $0\leq\alpha\leq90^{\circ}$ ,  $0\leq\beta\leq90^{\circ}$ .

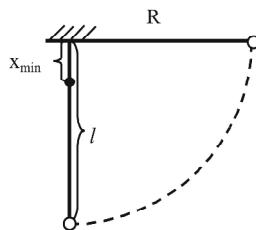


### 10 клас

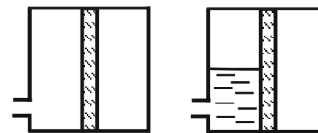
1. Див. 9 клас, задача 1.

2. При нагріванні ідеального одноатомного газу його тиск прямо пропорційний об'єму. Знайдіть кількість теплоти, яка необхідна для нагрівання 1 моля на  $1^{\circ}\text{C}$ .

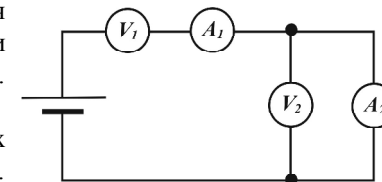
3. Нитка довжиною  $l$  із прикріпленою до неї кулькою маси  $m$  підвішена близько біля стіни. Кульку з ниткою відхилили по дузі кола радіуса  $R=1$ , яка лежить в площині паралельній площині стіни. Кут відхилення від вертикалі становить  $90^{\circ}$ . Потім кульку відпустили. На якій найменшій відстані від точкою підвісу вздовж вертикалі потрібно забити в стінку цвях, щоб нитка, зачепившись за нього, перервалася, якщо вона витримує силу натягу  $T$ ?



4. Кубічний резервуар із ребром  $a = 1\text{ м}$ , заповнений повітрям за нормального атмосферного тиску, і поділено пополам тонким поршнем. Через кран ліву половину резервуару повільно заповнюють водою до рівня  $a/2$ . На яку віддаль від початкового положення зміститься при цьому поршень? Тертям поршня об стінки резервуару і тиском водяної пари знехтувати. Резервуар знаходиться в ізотермічних умовах.



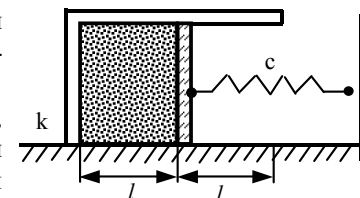
5. Схему збирають із батарейки, двох однакових амперметрів і двох однакових вольтметрів. Амперметри  $A_1$  і  $A_2$  показують відповідно,  $I_1=1,1$  мА і  $I_2=0,9$  мА; вольтметр  $V_2$  показує  $U_2 = 0,25$  В. Що показує вольтметр  $V_1$ ? Чому дорівнює напруга батареї?



### 11 клас

1. Рій бджіл приблизно рівної товщини  $d$  піднімається зі швидкістю  $v$  вертикально вгору. У нього влучає ядро радіуса  $r$ , яке летить горизонтально зі швидкістю  $u$ . Яку кількість бджіл буде убито ядром при прольоті рою, якщо їх концентрація  $n$ ?

2. Циліндрична камера довжиною  $2l$  з поршнем, площа перерізу якого рівна  $S$ , може рухатися вздовж горизонтальної площини з коефіцієнтом тертя  $k$ . Зліва від поршня, розміщеного по центру камери, знаходиться газ при температурі  $T_0$  і тиску  $p_0$ . Між нерухомою стінкою і поршнем розміщена пружина з жорсткістю  $c$ . У скільки разів потрібно збільшити температуру газу зліва від поршня, щоб об'єм цього газу подвоївся, якщо тертям між камерою і поршнем знехтувати. Маса камери і поршня  $m$ . Зовнішній тиск  $p_0$ .



3. В якому випадку годинник із маятником буде йти швидше: коли його підняли на деяку висоту чи настільки ж опустили в шахту? Проведіть аналіз аж до віддалей, рівних радіусу Землі, вважаючи її однорідною кулею (скрізь густина однакова).

4. Якір двигуна постійного струму з опором обмотки  $R=0,5$  Ом при підключенні до мережі напругою  $U=20$  В робить  $n_0=100$  об./с, споживаючи електричну потужність  $P=300$  Вт. Яку ЕРС створюватиме ця машина, працюючи як генератор, якщо якір виконуватиме  $n=200$  об./с?

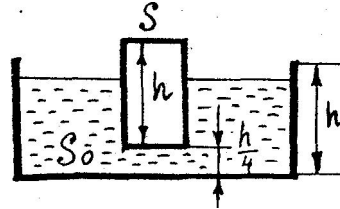
5. Котушку індуктивності приєднали до плоского конденсатора, площа кожної пластини якого  $20\text{ см}^2$  і відстань між ними  $1\text{ см}$ . Чому дорівнює діелектрична проникність середовища, яке заповнює простір між пластинами, якщо амплітуда сили струму в контурі  $0,2\text{ мА}$ , амплітуда напруги  $10\text{ В}$ , період коливань  $124\pi \cdot 10^{-8}\text{ с}$ . Електрична стала  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}\text{ Ф/м}$ .



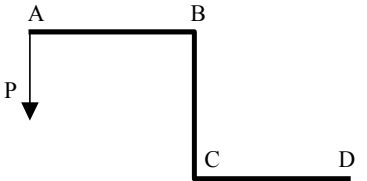
8 клас

1. Два електровози проходять шлях від станції А до станції В, причому один з них першу половину шляху пройшов із швидкістю  $v_1 = 80$  км/год, а другу половину шляху зі швидкістю  $v_2 = 40$  км/год. Другий електровоз першу половину часу йшов із швидкістю  $u_1 = 80$  км/год, а другу половину часу з швидкістю  $u_2 = 40$  км/год. Який з них витратив на проходження відстані між станціями більше часу і чому дорівнюють середні швидкості електровозів?

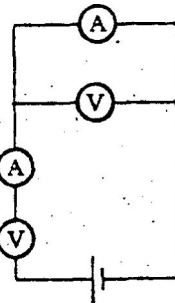
2. У склянку, наполовину заповнену рідиною густини  $\rho$ , опускають утримуваний у вертикальному положенні циліндр, висота якого дорівнює висоті склянки. Циліндр виявився у рівновазі, коли від його нижнього краю до дна залишилась чверть висоти склянки. Чому дорівнює густина матеріалу циліндра, якщо його переріз  $S$ , а переріз склянки  $S_0$ ? Тертя відсутнє.



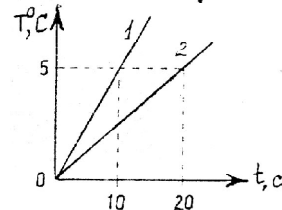
3. Важіль зігнуто так, що сторони його АВ, ВС і CD рівні між собою і утворюють одна з одною прямі кути. Вісь важеля проходить через точку В. Перпендикулярно до плеча важеля АВ в точці А прикладна сила  $P = 10$  Н. Визначити мінімальне значення сили, яку треба прикласти в точці D, щоб важіль залишався в рівновазі. Масою важеля знехтувати.



4. Схема, зображена на малюнку, зібрана з батарейки, двох однакових вольтметрів і двох однакових міліамперметрів. Паралельно з'єднані прилади показують  $U = 0,25$  В і  $I_1 = 0,75$  мА, другий міліамперметр показує  $I_2 = 1$  мА. Визначити напругу на клеммах батарейки і опори приладів.



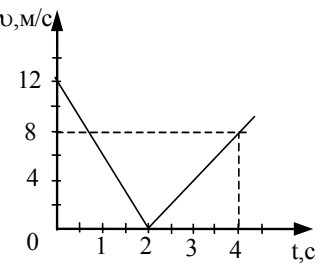
5. У двох однакових посудинах з малою теплоємністю на однакових нагрівниках нагріваються різні рідини. Графік залежності температури кожної рідини від часу представлено на малюнку. Зобразити, яким буде графік залежності температури суміші від часу, якщо ці рідини злити в одну посудину та нагрівати на тому самому нагрівнику? Початкову температуру суміші вважати рівною  $0^\circ\text{C}$ . Якою буде температура суміші через 30 с?



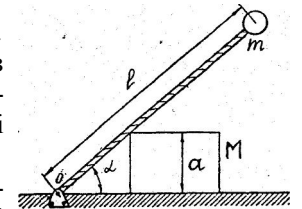
9 клас

1. Тіло, пущене вздовж похилої площини, ковзає по ній, рухаючись спочатку вгору, а потім повертається до місця кидка. Графік залежності модуля швидкості тіла від

часу приведено на малюнку. Визначити кут нахилу площини до горизонту.



2. На гладкій горизонтальній поверхні лежить брусок, маса якого  $M$  і висота  $a$ . На брусок спирається невагома паличка довжиною  $l$  з тілом масою  $m$  на кінці. У точці О - шарнір. Визначити швидкість бруска  $v$  у той момент, коли кут між паличкою і площиною дорівнюватиме  $\alpha$ , якщо в початковий момент система перебувала в спокої і кут дорівнював  $\alpha_0$ .



3. В калориметрі знаходилась вода при температурі  $10^\circ\text{C}$ . Під час першого досліду туди вкинули 100 г льоду з температурою  $0^\circ\text{C}$ , а під час другого - 200 г льоду з температурою  $0^\circ\text{C}$ . При цьому в обох випадках в калориметрі встановилась одна й та сама температура. Яка і чому?

4. Електропроводка від магістралі до споживача зроблена проводом опором  $R_0 = 0,5$  Ом. Напруга в магістралі постійна і дорівнює  $U_0 = 127$  В. Яка максимально допустима потужність споживаної електроенергії, якщо напруга на увімкнених в мережу приладах не повинна падати нижче  $U = 120$  В?

5. Побудувати зображення світної точки, яка лежить на оптичній осі збірної лінзи.

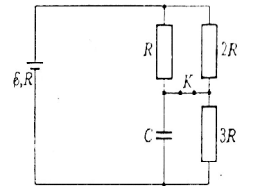
10 клас

1. Виходячи з положень молекулярно-кінетичної теорії, оцінити тиск і температуру всередині Сонця. Маса Сонця  $M_C = 2 \cdot 10^{30}$  кг, радіус  $R_C = 7 \cdot 10^8$  м. Для спрощення розрахунків можна вважати, що Сонце складається в основному з атомарного водню.

2. Вода і водяна пара знаходяться в циліндрі під поршнем при температурі  $t_0 = 110^\circ\text{C}$ . Вода займає при цьому 0,1% об'єму циліндра. При повільному ізотермічному збільшенні об'єму вода починає випаровуватися. До моменту, коли вода вся випарувалась, пара виконала роботу  $A = 177$  Дж, а об'єм, який вона займала, збільшився на  $\Delta V = 1,25$  л. Визначити тиск, при якому виконувався дослід. Скільки води й пари було в циліндрі в початковому стані?

3. Як зміниться сила притягання між пластинами конденсатора, якщо простір між пластинами заповнити рідким діелектриком з діелектричною проникністю  $\epsilon$ ?

4. При замкнутому ключі К на конденсаторі встановлюється напруга  $U_1 = 27$  В. Визначити ЕРС джерела струму. Визначити напругу  $U_2$ , яка встановиться на конденсаторі після розмикання ключа.



5. Брусок масою  $m_1 = 0,3$  кг лежить на похилій площині, кут при основі якої  $\alpha = 30^\circ$ . Коефіцієнт тертя бруска по площині дорівнює  $\mu = 0,2$ . Брусок з'єднаний невагомою і нерозтяжною ниткою, перекинutoю через блок, з

вантажом масою  $m_2$ , який висить на нитці. Визначити прискорення бруска для випадків, коли маса вантажу  $m_2$  дорівнюватиме: 0,05 кг; 0,15 кг; 0,25 кг. При яких значеннях маси вантажу брусок залишається у спокої?

### 11 клас

1. Космічний корабель масою  $m=4$  г рухався навколо Землі по коловій орбіті на висоті  $h_1=200$  км від її поверхні. Внаслідок вмикання на короткий час  $\Delta t$  ракетного двигуна швидкість космічного корабля зросла на  $\Delta v=10$  м/с, а траєкторія руху стала еліпсом з мінімальним віддаленням від поверхні Землі  $h_1=200$  км і максимальним віддаленням від поверхні Землі  $h_2=234$  км. З якою швидкістю  $V_2$  рухається космічний корабель в точці максимального віддалення від поверхні Землі? Чому дорівнює коефіцієнт корисної дії  $\eta$  та сила тяги  $F$  ракетного двигуна, час його роботи  $\Delta t$ , маса витраченого палива  $\Delta m$ ? Зміною маси космічного корабля знехтувати. Маса Землі і її радіус відповідно дорівнюють  $M=6 \cdot 10^{24}$  кг і  $R=6370$  км,

гравітаційна стала  $G=6,67 \cdot 10^{-11}$  Н·м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>, секундна витрата палива  $\mu = \frac{\Delta m}{\Delta t} = 1 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$

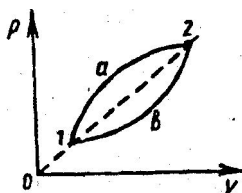
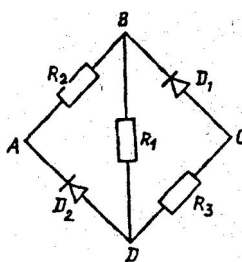
швидкість витікання газів  $v=4 \cdot 10^3$  м/с, питома теплота згоряння палива і окислювача  $q=1,2 \cdot 10^7$  Дж/кг.

2. Електричне коло, схема якого показана на малюнку, приєднане в точках А і С до міської електромережі змінного струму з діючою напругою  $U=220$  В. Вважаючи діоди  $D_1$  і  $D_2$  кола ідеальними, знайти середню потужність, яка виділяється на резисторі  $R_1$ , якщо  $R_1=20$  кОм,  $R_2=R_3=5$  кОм.

3. Як робоче тіло в тепловій машині використовується постійна маса ідеального одноатомного газу, зміна стану якого зображена на  $pV$ -діаграмі. При відповідному виборі масштабів по осях цієї діаграми цикл зображається двома чвертями кіла, причому точки перетину дуг 1 і 2 лежать на бісектрисі кута, утвореного осями діаграми. Визначити ККД циклу, якщо відношення максимального і мінімального об'ємів газу в цьому циклі  $n=3$ .

4. Дві дротини, виготовлені з матеріалу з малим температурним коефіцієнтом опору, приєднують до акумулятора з мізерно малим внутрішнім опором один раз паралельно, а другий - послідовно. При першому приєднанні швидкість дрейфу носіїв заряду в дротинах виявилась однаковою, а в другому випадку вона в першій дротині зменшилась в  $k=5$  разів у порівнянні з попереднім випадком. Знайти відношення діаметрів дротин.

5. На поверхні Землі годинник з маятником йде точно. В якому випадку і на скільки цей годинник більше відстане за добу, якщо його підняти на висоту 200 м над Землею або ж опустити в шахту на глибину 200 м? Радіус Землі 6370 км.



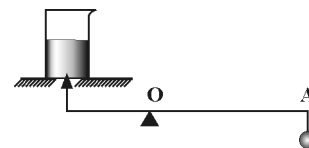
м.Рівне, січень 2005 р.

### 8 клас

1. Для заповнення протічного басейна водою можна використати два крани, через які надходить однакова кількість води за однакові інтервали часу. Температура води, що надходить з першого крана  $t_1=70^\circ\text{C}$ , з другого  $t_2=40^\circ\text{C}$ . Під час випробовування басейна помітили, що коли відкритий тільки перший кран, у басейні встановлюється температура  $t_3=50^\circ\text{C}$ . Якщо відкритий тільки другий кран, температура в басейні  $t_4=30^\circ\text{C}$ . Яка температура повітря у приміщенні басейна? Вважати, що кількість теплоти, яка випромінюється теплою водою прямо пропорційна різниці температур води і повітря, а рівень води у басейні однаковий в обох випадках. Яка температура води в басейні, якщо відкриті обидва крани?

2. У верхній частині вертикальної труби (стояка) висотного будинку, по якій стікає дощова вода, взимку утворився корок з льоду масою  $m_1=8$  кг за температури  $0^\circ\text{C}$ . Коли у трубу налили  $m_2=6,26$  кг води за температури  $100^\circ\text{C}$ , корок відірвався і впав вниз. Чому дорівнює висота стояка, якщо після падіння весь лід розтанув? Питома теплоємність води  $c=4200$  Дж/(кг·°C), питома теплота плавлення льоду  $\lambda=330$  кДж/кг. Теплоємністю труби стояка і тертям при русі знехтувати. Густина води  $\rho=1000$  кг/м<sup>3</sup>,  $g=10$  Н/кг.

3. Крутий отвір у дні посудини закрито корком конічної форми, який знаходиться на кінці важеля, що може обертатися у точці О. Корок утримується тягарем, підвішеним у точці А на другому кінці важеля. Вода починає підтікати з-під корка, коли рівень води у посудині перевищує  $h=40$  см. До якого рівня можна налити воду у посудину, якщо до важеля підвісити додатковий тягар удвічі меншої маси посередині плеча ОА?

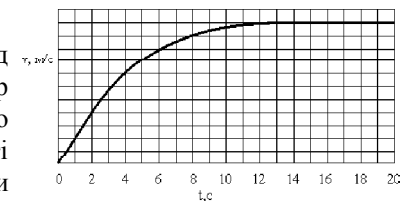


4. Час проходження одного кола траси в змаганнях "Формула-1" першим спортсменом  $t_1=120$  с, другим  $t_2=123$  с. Після 21 кола у першого автомобіля відбулася поломка, внаслідок чого його потужність зменшилась на 15 %, а сила тяги – на 10 %. Який з автомобілів на фініші буде першим, якщо кожен з них повинен проїхати 36 кіл. Вважати рухи автомобілів на окремих ділянках рівномірними, а зміну швидкості під час поломки першого автомобіля миттєвою.

5. Як оцінити густину бурштину, який вмерз у шматок льоду, маючи в розпорядженні циліндричну посудину з водою кімнатної температури ( $\rho=1$  г/см<sup>3</sup>), лінійку, нитку, пінцет. (Шматок льоду з бурштином плаває на поверхні води).

### 9 клас

1. Досліджуючи залежність сили опору від швидкості руху тіл у повітрі, експериментатор відпустив м'яч ( $m=0,5$  кг) з нерухомого гелікоптера і вимірював значення швидкості його руху через рівні інтервали часу. Результати

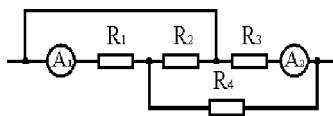




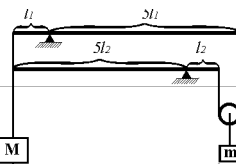
одного з дослідів відображені на графіку, зображеному на малюнку. На жаль, вісь швидкостей на графіку залишилася непроградуваною. Визначити силу опору повітря, що діє на м'яч, в момент  $t_1=5$  с і  $t_2=16$  с. (Вважати  $g=10$  м/с<sup>2</sup>).

2. Покази першого амперметра у схемі  $I_1=0,6$  А.

Що покаже другий амперметр, якщо значення опорів резисторів відповідно дорівнюють  $R_1=20$  Ом,  $R_2=30$  Ом,  $R_3=80$  Ом,  $R_4=8$  Ом? Визначити загальний опір кола.



3. Машиніст пасажирського потягу, який рухався зі швидкістю  $v_1=30$  м/с помітив товарний потяг, який рухався зі швидкістю  $v_2=9$  м/с паралельною колією у тому ж напрямку на відстані 180 м. У цей час спрацювала автоматична система гальмування потяга, і він почав гальмувати з прискоренням  $1,2$  м/с<sup>2</sup>. Чи могла б відбутися аварія потягів, якби вони рухалися однією колією?

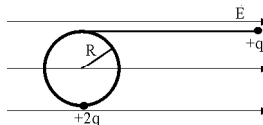


4. Ліві кінці важелів з довжинами плеч  $l_1$ ,  $5l_1$  і  $5l_2$ ,  $l_2$  відповідно з'єднані ниткою, до якої підвішено вантаж масою  $M$ . До їхніх правих кінців за допомогою нитки підвішено рухомий блок з вантажем масою  $m=1$  кг. Система знаходиться в рівновазі. Вважаючи, що важіль та блок невагомі, визначити  $M$ .

5. Як оцінити густину бурштину, який вмерз у шматок льоду, маючи в розпорядженні циліндричну посудину з водою кімнатної температури ( $\rho=1$  г/см<sup>3</sup>), лінійку, нитку, пінцет. (Шматок льоду з бурштином плаває на поверхні води).

## 10 клас

1. На ободі легенького блока з діелектрика закріплена невелика заряджена кулька масою  $m$ . На блок намотано невагому довгу нитку, до вільного кінця якої прикріплено заряджену кульку такої ж маси. Систему утримують в однорідному електричному полі, силові лінії якого спрямовані горизонтально. Напруженість електричного поля  $E$ , заряд кульок відповідно  $+2q$  і  $+q$ , радіус блока  $-R$ . Визначити максимальну швидкість підвішеної до нитки кульки під час поступального руху після того, як залишити систему вільною. Тертям і кулонівською взаємодією між кульками знехтувати. Експеримент проводиться на космічній станції далеко від небесних об'єктів. *Примітка: довжина дуги кола  $S=\alpha R$  ( $\alpha$  - в радіанах).*



2. У циліндричній посудині поршень утримується пружиною, яка закріплена до правої основи. З лівої сторони від поршня у циліндрі знаходиться кисень. За температури  $T_1=300$  К, відстань від лівої основи циліндра  $x_1=20$  см, за  $T_2=500$  К – відстань  $x_2=25$  см. Яка довжина пружини у недеформованому стані? Довжина циліндра  $l=50$  см. Силами тертя і товщиною поршня знехтувати.



3. На горизонтальному столі утримується прямокутний брусок з алюмінію, довжина якого  $l$ . До одного з кінців бруска прив'язана шовкова нитка, яка перекинута

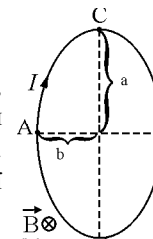
через легенький блок, закріплений на краю стола. До кінця цієї нитки прив'язаний брусок такої ж маси і поперечного перерізу, виготовлений з міді. Визначити різниці потенціалів на кінцях брусків під час прискореного поступального руху після того, як брусок на столі було відпущено. Масою нитки знехтувати. Коефіцієнт тертя між алюмінієвим бруском і столом  $\mu$ . Табличні дані вважати відомими.

4. Санки, маса яких 10 кг, з'їхали з гори заввишки 5 м і зупинилися на горизонтальній ділянці. Яку мінімальну роботу виконає хлопчик, витягуючи санки на гору по тій самій лінії, вздовж якої вони з'їжджали?

5. В експериментатора в наявності суміш мідних та алюмінієвих ошукрок. Як, маючи в розпорядженні циліндричну посудину з водою, скляну пробірку, воду, лінійку, таблиці густин, оцінити процентний вміст металів у суміші?

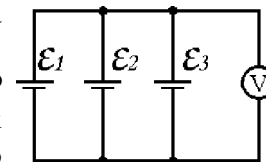
## 11 клас

1. Плоский контур, який має форму еліпса з півосями  $a$  і  $b$ , розміщений в однорідному магнітному полі перпендикулярно лініям індукції. Визначити силу натягу провідника контура у точках А і С. Індукція магнітного поля  $B$ , сила струму у контурі  $I$ . Силою магнітної взаємодії ділянок контура знехтувати.



2. Посередині горизонтально розміщеного прямого циліндра знаходиться у рівновазі тонка лінза, яка відіграє роль поршня. Довжина циліндра  $2l$ , фокусна відстань лінзи  $F=l$ , площа основ циліндра і лінзи  $S$ . У циліндрі знаходиться повітря під тиском  $p$ . Протягом якого часу можна спостерігати уявне зображення світної точки, яка знаходиться у центрі однієї основи циліндра, розглядаючи його крізь другу прозору основу, після того як лінзу вивести з положення рівноваги і відпустити. Тертям і втратами енергії знехтувати. Маса лінзи  $m$ , її зміщення значно менше  $l$ .

3. Вольтметр магнітоелектричної системи під'єднаний до трьох джерел струму  $\mathcal{E}_1=1$  В,  $\mathcal{E}_2=2$  В і  $\mathcal{E}_3=3$  В, з'єднаних паралельно. Внутрішні опори джерел відповідно дорівнюють  $r_1=1$  кОм,  $r_2=2$  кОм і  $r_3=3$  кОм. Якщо даний вольтметр замінити на ідеальний (наприклад, електростатичної системи), його покази будуть у  $n=2$  рази більшими. Який струм йде через вольтметр у першому випадку?

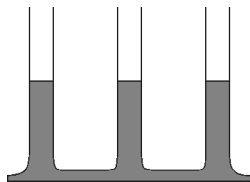


4. Штучний супутник рухається по коловій орбіті навколо Землі на відстані, де прискорення вільного падіння на 19 % менше, ніж на Землі. Скільки імпульсів за секунду повинен випромінювати радіолокатор, щоб забезпечити стійкий прийом зображення супутника? Тривалість випромінювання одного імпульсу становить 5 мкс, радіус Землі вважати 6372 км.

5. Як, маючи в розпорядженні довгу нитку, секундомір і олівець, визначити площу стола.

1. До якої температури повинен бути охолоджений шматок ебоніту, щоб після занурення його у воду при температурі  $0^\circ\text{C}$  він почав спливати?  $\rho_{\text{л}}=900 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{е}}=1100 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{в}}=1000 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda_{\text{л}}=330 \text{ кДж/кг}$ ,  $c_{\text{е}}=1200 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$ .

2. У трьох однакових сполучених посудинах знаходиться ртуть. Визначити, на скільки підніметься рівень ртуті в середній посудині після того, як у ліву посудину налити шар води висотою  $l_1$ , а в праву – висотою  $l_2$ .

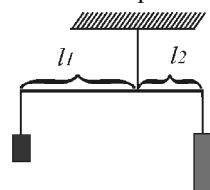


3. Потяг рухається прямолінійною ділянкою з швидкістю  $v=118,8 \text{ км/год}$ . Перебуваючи на відстані  $l=1 \text{ км}$  від переїзду, машиніст подає сигнал, тривалість якого  $\tau=5 \text{ с}$ . Протягом якого інтервалу часу чути сигнал людина, яка знаходиться на переїзді. Швидкість звуку в повітрі  $v_{\text{з}}=330 \text{ м/с}$ .

4. Два тіла мають температуру  $20^\circ\text{C}$ . Якщо перше тіло нагріти до  $100^\circ\text{C}$  і привести у контакт з другим тілом, то встановиться температура  $80^\circ\text{C}$ . Яка температура встановиться, якщо до  $100^\circ\text{C}$  нагріти друге тіло і привести його в контакт з першим?

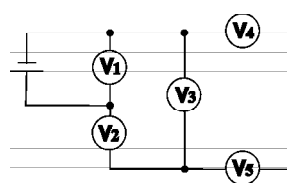
5. Два тіла з міді та алюмінію зрівноважені на невагому нерівноплечому важелі, причому  $l_1=2 l_2$ . Після того, як тіла занурили у невідому рідину, для збереження рівноваги їх поміняли місцями. Визначити густину невідомої рідини.

$\rho_{\text{а}}=2,7 \text{ г/см}^3$ ,  $\rho_{\text{м}}=8,9 \text{ г/см}^3$ .



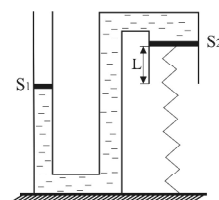
### 9 клас

1. Із п'яти однакових вольтметрів, один з яких дає хибні покази, зібрана схема, зображена на малюнку. Покази вольтметрів становлять  $U_1=15 \text{ В}$ ,  $U_2=8 \text{ В}$ ,  $U_3=6 \text{ В}$ ,  $U_4=3 \text{ В}$ ,  $U_5=3 \text{ В}$ . Який з вольтметрів несправний і якими повинні бути реальні покази цього вольтметра?



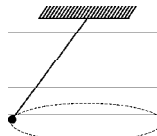
2. Петарда вибухає через  $2 \text{ с}$  після кидання. Під яким кутом до горизонту і з якою швидкістю її потрібно кинути, щоб вона вибухнула у верхній точці траєкторії на відстані не меншій  $25 \text{ м}$  від місця кидання? Опір повітря не враховувати.

3. Два масивних поршні знаходяться в нерухомій S-подібній жорсткій трубі, заповненій водою. До одного з поршнів прикріплена пружина жорсткістю  $1000 \text{ Н/м}$ , другий кінець якої вмонтовано в підлогу. Система знаходиться в рівновазі. Відстань від правого поршня до кінця труби  $L=20 \text{ см}$ . На лівий поршень акуратно кладуть вантаж. При якій максимальній масі вантажу вода не виливається з системи? Площа лівого поршня  $S_1=100 \text{ см}^2$ , правого -  $S_2=500 \text{ см}^2$ ,  $\rho_{\text{в}}=1000 \text{ кг/м}^3$ .



4. Кулька масою  $m$ , яка підвішена на невагомій нерозтяжній нитці, обертається в

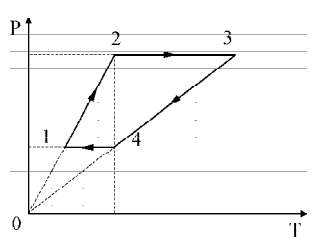
горизонтальній площині. Де, на Землі чи на Місяці, сила натягу нитки повинна бути більшою, щоб забезпечити обертання з постійною кутовою швидкістю  $\omega$ . Порівняйте кути, на які відхилиться нитка під час обертання на Землі і Місяці з даною швидкістю.  $g_{\text{З}} > g_{\text{М}}$ .



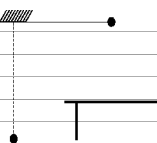
5. Перед закритим шлагдаутом стоїть людина з важким візком. Їй потрібно якомога швидше потрапити в магазин, який знаходиться на відстані  $300 \text{ м}$  від шлагдау. Максимальне прискорення, якого людина може надавати візку  $0,25 \text{ м/с}^2$ , найбільша швидкість візка  $5 \text{ м/с}$ . Відомо, що шлагдау відкриється рівно через  $30 \text{ с}$ . За який мінімальний час людина зможе доставити вантаж у магазин?

### 10 клас

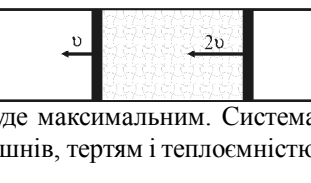
1. З  $1 \text{ моль}$  одноатомного ідеального газу здійснено процес, графік якого зображено на малюнку в координатах РТ. Визначити ККД циклу, якщо мінімальна температура під час процесу  $400 \text{ К}$ , а максимальна -  $900 \text{ К}$ .



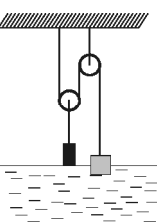
2. Кульку масою  $m$ , яка підвішена до невагомої нерозтяжної нитки довжиною  $l$ , відводять на кут  $90^\circ$  і розмішують над столом. На якій висоті від горизонтальної поверхні стола повинна знаходитись кулька, щоб після відпускання передати столу максимальний імпульс? Яке значення цього імпульсу?



3. У довгій трубі між двома масивними поршнями знаходиться  $1 \text{ моль}$  одноатомного ідеального газу при температурі  $T_0$ . У початковий момент перший поршень рухається з швидкістю  $v$ , а другий - з швидкістю  $2v$ . Маса кожного поршня  $m$ . Визначити температуру газу в момент, коли його стиснення буде максимальним. Система теплоізолювана, маса газу набагато менша маси поршнів, тертя і теплоємністю поршнів знехтувати. Поза поршнями вакуум.



4. В системі, зображеній на малюнку, до рухомого блока підвішено алюмінієвий тягарець масою  $270 \text{ г}$ , який дотикається до поверхні води. До кінця нитки, перекинutoї через нерухомий блок, підвішено шматок льоду, масою  $485 \text{ г}$ , який частково занурений у воду. Система перебуває у рівновазі. Яку кількість теплоти необхідно надати шматку льоду, щоб алюмінієвий тягар повністю занурився у воду? Нитки довгі і нерозтяжні, тертя в блоках відсутнє. Температура системи  $0^\circ\text{C}$ .  $\lambda_{\text{л}}=330 \text{ кДж/кг}$ .

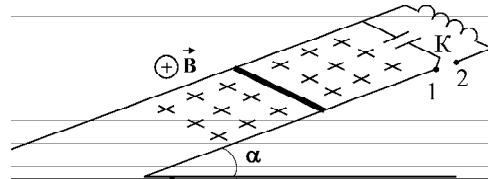


5. У скільки разів треба змінити відстань між двома зарядами, щоб при зануренні їх у дистильовану воду сила взаємодії була така сама, як у повітрі? Діелектрична проникність води  $\epsilon=81$ .

### 11 клас

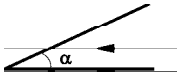
1. Максимальна дальність польоту камінця, випущеного з рогатки 22,5 м. На яку найбільшу відстань залетить камінець, випущений з цієї ж рогатки з платформи, яка рухається в напрямку кидання з швидкістю 15 м/с? Опір повітря не враховувати.

2. Дві металеві рейки утворюють похилу площину з кутом нахилу  $\alpha$  до горизонту. Перпендикулярно до цієї площини діє магнітне поле, індукція якого  $\vec{B}$ . По рейкам може ковзати без тертя металевий стержень довжиною

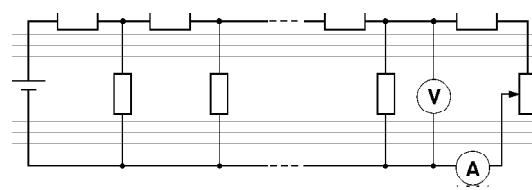


$l$  і масою  $m$ , залишаючись під час руху перпендикулярним до рейок. До кінців рейок під'єднано конденсатор ємністю  $C$ . Через час  $t$  від початку руху стержня уздовж рейок, ключ  $K$  переводять у положення 2. Визначити максимальне значення сили струму у котушці з індуктивністю  $L$ .

3. Два однакових довгих дзеркала утворюють кут  $\alpha=20^\circ$ . На одне із дзеркал поруч з його краєм падає промінь світла паралельно іншому дзеркалу. Визначити, скільки разів промінь відіб'ється від дзеркал.



4. Схема зібрана із великої кількості резисторів з різним значенням опорів, реостата, ідеального джерела живлення та ідеальних вимірювальних приладів. Повзунок реостата переміщують, збільшуючи його опір. Як зміняться покази амперметра і вольтметра?



5. Тягарець, підвішений до пружини, видовжує її на 3,6 см. Визначити період власних коливань тягарця, якщо його вивести з положення рівноваги і відпустити.

### Практичний тур

#### 8 клас

1. У „чорну посудину” з водою опущено на нитці циліндричне тіло. Оцінити густину тіла та його висоту. *Обладнання:* „чорна посудина” з водою, в яку опущене тіло на нитці, повністю занурене у воду, лінійка, динамометр.

2. Оцінити відношення мас 5-копійкової та 2-копійкової монети. *Обладнання:* монети, лінійка.

#### 9 клас.

1. Див. задачу 1 (8 клас).

2. Оцінити коефіцієнт тертя дерев'яного бруска по поверхні стола, вважаючи, що площа поперечного перерізу гумової нитки під час незначних видовжень залишається незмінною. *Обладнання:* брусок, гумова нитка, лінійка.

### 10 клас.

1. Оцінити коефіцієнт поверхневого натягу невідомої рідини. *Обладнання:* піпетка, шприц, посудина з водою, пластилін, посудина з невідомою рідиною.  $\rho_B=1000 \text{ кг/м}^3$ ,  $\sigma_B=73 \text{ мН/м}$ ,  $\rho_P=800 \text{ кг/м}^3$ .

2. Оцінити відношення жорсткостей двох гумових ниток однакової довжини. *Обладнання:* дві гумові нитки однакової довжини, лінійка.

### 11 клас.

1. Оцінити радіус кульки. *Обладнання:* кулька, нитка, штатив, секундомір (годинник з секундною стрілкою).

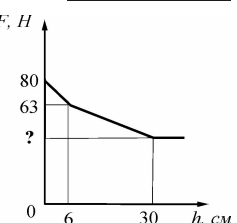
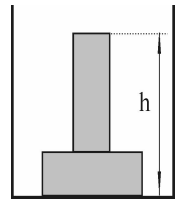
2. Оцінити довжину пластилінового корка, який знаходиться в трубці. Відомо, що корок суцільний і його довжина менша за половину довжини трубки. *Обладнання:* трубка з пластиліновим корком, пластилін, нитка, лінійка, штатив.

### м. Рівне, січень 2007 р. Теоретичний тур

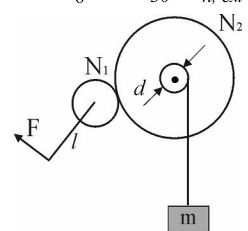
#### 8 клас

1. У калориметр з водою, у якій плаває шматок льоду, опускають нагрівник постійної потужності 340 Вт і щохвилини вимірюють температуру. На протязі першої і другої хвилини температура не змінювалась. На кінець третьої хвилини температура зросла на  $3^\circ\text{C}$ , а на кінець четвертої ще на  $6^\circ\text{C}$ . Нехтуючи теплоємністю калориметра і втратами тепла, оцінити початкові маси води і льоду в калориметрі.  $\lambda_L=340 \text{ кДж/кг}$ ,  $c_v=4200 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$ .

2. Дві однакові шорсткі цеглини поклали на дно акваріума так, як показано на малюнку. Після того як в акваріум почали наливати воду, сила тиску цеглин на дно акваріума залежно від висоти рівня води, налитой в акваріум, змінювалась за законом, відображеним на графіку. Визначити довжини ребер цеглини і густину матеріалу, з якого вони виготовлені. Якому значенню сили відповідає поділка на осі  $F$ , проти якої стоїть знак питання?



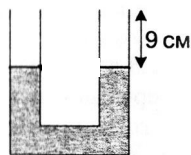
3. На довгому шосе на відстані 1 км встановлені світлофори. Червоний сигнал кожного світлофора горить на протязі 30 с, зелений – на протязі наступних 30 с. (Часом горіння жовтого сигналу знехтувати). За такої умови всі автомобілі, які рухаються зі швидкістю 40 км/год, проїхавши на зелене світло один світлофор, проїжджають без зупинки, тобто також на зелене світло всі інші світлофори. З якими іншими, більшими за 40 км/год, швидкостями можуть рухатися автомобілі, щоб, проїхавши один світлофор на зелене світло, потім ніде не зупинятися?



4. Механізм складається з двох шестерень, які мають 12 і 60

зубців. До меншої шестерні прикріплено рукоятку довжиною  $l=40$  см, до осі більшої – вал діаметром  $d=4$  см, на який намотано трос з підвищеним вантажем. Якої маси вантаж можна підняти, прикладаючи до рукоятки силу  $200$  Н?

5. Вода на  $9$  см не доходить до верхнього краю U-подібної трубки постійного перерізу. В ліве коліно трубки потроху наливають гас ( $\rho=800$  кг/м<sup>3</sup>). При якій висоті стовпа гасу рідина почне витікати з трубки?



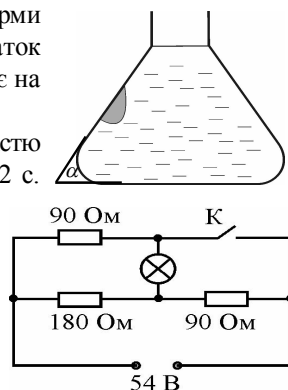
### 9 клас

1. Дотикаючись до стінки скляної мензурки конічної форми з кутом  $\alpha$ , наповненої водою, рівномірно спливає шматок корка об'ємом  $V$ . Визначити силу опору рідини, що діє на корок. Густина корка  $\rho$ , густина води  $\rho_0$ .

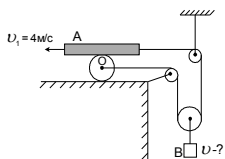
2. Стріла, випущена з лука під кутом до горизонту з швидкістю  $39$  м/с впала на землю зі швидкістю  $45$  м/с через  $4,2$  с.

Визначити мінімальну швидкість руху стріли під час польоту. Силу опору повітря не враховувати.

3. В електричному колі, схема якого зображена на малюнку лампочка горить однаково яскраво як при замкнутому, так і при розімкнутому ключі К. Знайти напругу на лампочці.



4. Дві кульки, що з'єднані гумовою ниткою рухаються рівномірно паралельними жолобами з швидкостями  $v_1$  і  $v_2$  ( $v_1 < v_2$ ). З якою швидкістю рухається середина шнура відносно свого зображення у плоскому дзеркалі, яке розміщене під кутом  $\alpha$  до напрямку жолобів і перпендикулярно до площини, в якій вони розміщені?



5. У системі тіл дошка А рухається зі швидкістю  $v_1 = 4$  м/с, циліндр О котиться без проковзування. Яка швидкість тіла В?

### 10 клас

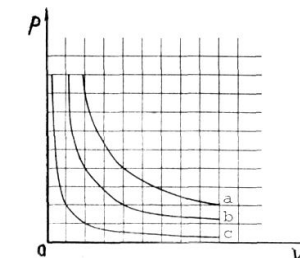
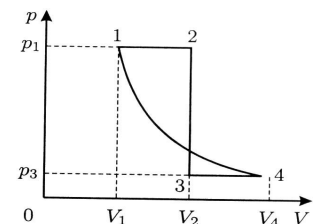
1. Каскадер падає з висоти  $50$  м. До нього прив'язаний гумовий шнур, другий кінець якого закріплений в місці старту. Довжина і жорсткість шнура підібрані так, що біля землі швидкість гаситься до нуля. Після затухання коливаний каскадер повис на висоті  $10$  м над землею. Якою була максимальна швидкість каскадера під час падіння? Опір повітря не враховувати.

2. Пожежник може втримати в руках вантаж до  $F_{\max}=900$  Н. Оцінити максимальну висоту, яку може досягти струмінь води, що виривається з брандспойта, якого утримує пожежник. Пожежна установка забезпечує об'ємний розхід води  $\mu=30$  л/с. Опір повітря не враховувати.

3. Теплова машина, робочим тілом якої є ідеальний одноатомний газ виконує роботу в циклі 1-2-3-4-1, який складається з двох ізобар, ізохори та адіабати. Знайти ККД

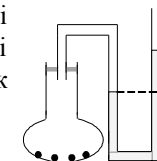
теплової машини, яка працює за таким циклом, якщо,  $p_1=3,17 \cdot 10^5$  Па,  $p_3=0,51 \cdot 10^5$  Па,  $V_1=5$  л,  $V_2=10$  л,  $V_4=15$  л.

4. У чотирьох посудинах містяться гази: азот ( $N_2$ ), водень ( $H_2$ ), гелій (He) та метан ( $CH_4$ ). Лаборант отримав завдання виявити в якій посудині який газ знаходиться. Для цього він брав однакові маси газу, по черзі поміщав їх під поршень теплопровідного циліндра, до якого приєднаний чутливий манометр. Опустивши циліндр у окріп, він почав повільно переміщувати поршень, знімаючи покази манометра залежно від положення поршня. Свої результати він відобразив на графіку залежності  $p=f(V)$  для трьох газів. З яким із газів лаборант не проводив дослід?



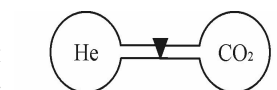
5. Для визначення вологості атмосферного повітря при  $20^\circ\text{C}$ , у колбу з повітрям капнули декілька краплин води, швидко її закрили і з'єднали з водяним манометром. Через декілька хвилин водяний стовпчик манометра перестав підніматися і виявив збільшення тиску в колбі на  $h = 10$  см (при цьому не всі краплини води випарувалися). Яка відносна вологість повітря? Тиск насиченої пари при  $20^\circ\text{C}$  дорівнює  $2,33$  кПа.

|        |       |         |        |   |   |   |   |
|--------|-------|---------|--------|---|---|---|---|
| 1      | H     | 2       | He     | 6 | C | 7 | N |
| Водень | Гелій | Вуглець | Азот   |   |   |   |   |
| 1,008  | 4,00  | 12,011  | 14,007 |   |   |   |   |



### 11 клас

1. Дві сферичні посудини жорстко з'єднані тонкою трубкою з краном, лежать на гладенькій горизонтальній поверхні. В одній з них знаходиться гелій, в другій – вуглекислий газ. Кількість молів однакова, віддаль між точками дотику куль до поверхні  $l=24$  см. На скільки і в якому напрямку змістяться посудини після того, як кран відкриють і гази остаточно змішаються. Маса посудин, трубки і крана, об'єм трубки не враховувати, тертям знехтувати.



2. Вольtmетр, підключений до батарейки показує  $U_1=9$  В. Коли паралельно до нього під'єднали ще один такий же вольtmетр, він показав  $U_2=8$  В. Що покаже третій такий же вольtmетр, під'єднаний паралельно першим двом? Яка ЕРС батарейки?

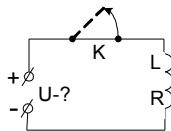
|       |         |        |   |   |   |
|-------|---------|--------|---|---|---|
| 2     | He      | 6      | C | 8 | O |
| Гелій | Вуглець | Кисень |   |   |   |
| 4,00  | 12,011  | 15,999 |   |   |   |

3. Вантаж масою  $m$ , приєднаний до одного з кінців пружини жорсткістю  $k$  здійснює гармонічні коливання вздовж горизонтальної осі з амплітудою  $A$ . Визначити максимальне значення потужності, що розвиває пружина.

4. Первинна обмотка трансформатора має  $2280$  витків. Скільки витків повинна мати вторинна обмотка, щоб забезпечити нормальну роботу споживача потужністю  $1,1$  кВт. Опір вторинної обмотки  $0,2$  Ом, опір підвідних проводів  $0,1$  Ом, номінальна

напруга на споживачі 110 В. Напруга на первинній обмотці 380 В. Який мінімальний переріз провідників вторинної обмотки, якщо допустима густина струму у міді 200 А/мм<sup>2</sup>? Опором первинної обмотки знехтувати.

5. Яка напруга на клеммах джерела струму, якщо при вимиканні ключа К в котушці опором 5 Ом і індуктивністю 0,1 Гн, виділяється 0,2 Дж енергії?



### Практичний тур

#### 8 клас

- Оцінити масу лінійки. *Обладнання:* аркуш паперу, наклейка з пачки, з якої взято цей аркуш, лінійка, нитки.
- Залізний (латунний) циліндр покритий пластиліном. Оцінити масу циліндра. Пластилін з циліндра знімати не можна. Густина пластиліну 1,28 г/см<sup>3</sup>, заліза - 7,8 г/см<sup>3</sup> (латуні - 8,5 г/см<sup>3</sup>). *Обладнання:* циліндр, покритий пластиліном, посудина з водою, динамометр.

#### 9 клас

- Оцінити масу медичного шприца. *Обладнання:* шприц, посудина з водою, нитки.
- Оцінити теплоємність склянки. *Обладнання:* склянка, мензурка, термометр, посудина з теплою водою.

#### 10 клас

- Оцінити густина пластиліну. *Обладнання:* посудина з водою, лінійка, шматок пластиліну, нитка.
- Оцінити коефіцієнт тертя стержня олівця по паперу. *Обладнання:* олівець, листок паперу, лінійка.

#### 11 клас

- Оцінити значення невідомого опору, ЕРС джерела струму та його внутрішній опір. *Обладнання:* джерело струму, два опори (відомий і невідомий), амперметр, провідники.
- Оцінити значення сталої Больцмана. *Обладнання:* термометр, шматочок вати, склянка з водою, психрометрична таблиця і таблиця залежності тиску та густини насиченої пари від температури.

### ЗАВДАННЯ ЗАОЧНОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ

#### 2002 рік

##### 8 клас

- Ворона сидить на дереві, висота якого 6 м. На дереві, що росте на відстані 6 м від першого, висить шматок сиру на висоті 2 м. Між деревами протікає річка. Яку мінімальну відстань необхідно пролетіти вороні до шматка сиру, попередньо змочивши дзьоб водою?
- До якої висоти необхідно налити молоко в дійницю циліндричної форми, щоб сила тиску молока на бокові стінки дорівнювала силі тиску на дно. Діаметр дна дійниці 20 см.
- Металева куля, занурена у досліджувану рідину, важить 1,2 Н. Вага кулі у воді 1 Н. Визначити густини досліджуваної рідини і матеріалу, з якого виготовлена куля.
- Вантаж піднімають за допомогою системи простих механізмів – блока і важеля. ККД блока 40 %, важеля – 30 %. Який ККД системи?
- Яку роботу треба виконати, щоб повністю занурити крижину, яка плаває на поверхні води? Маса крижини 60 кг.

##### 9 клас

- Два шматки морозива поклали на стіл. На один з них спрямували повітря від вентилятора. Який шматок морозива розтане швидше? Чому?
- Електрична лампочка потужністю 60 Вт занурена в прозорий калориметр, в якому міститься 600 г води. За 5 хв. вода нагрілася на 4°С. Нехтуючи теплоємністю калориметра, визначте енергію лампочки, яка виділилася у виді випромінювання.
- Електровимірювальний прилад з ціною поділки 1 мкА має 100 поділок. Як за допомогою цього приладу виміряти напругу 220 В? Внутрішній опір приладу 1 Ом.
- Динамометр, до якого підвішено злиток срібла і золота, у повітрі показує 3 Н, а у воді – 2,7 Н. Знайти вміст золота і срібла у злитку.
- У циліндричну посудину, закриту з одного боку, яка лежить на горизонтальній поверхні, починають повільно вводити з відкритого боку легкий гладенький поршень. Знайти тиск повітря в посудині в той момент, коли вона зрушить з місця. Маса посудини 200 г. Сила тертя, яка діє на посудину, становить 30 % сили тяжіння, атмосферний тиск 10<sup>5</sup> Па, площа поршня 5 см<sup>2</sup>.

##### 10 клас

- Пробірка з краплею ефіру підвішена на нитці завдовжки 0,8 м. З якою швидкістю повинен вилітати корок після підігрівання ефіру, щоб пробірка зробила повний оберт у вертикальній площині? Маса пробірки 50 г, маса корка 15 г. Масою підвісу знехтувати.
- Циліндр заввишки 100 см наповнений водою. Де треба зробити отвір у стінці циліндра, щоб дальність польоту струменя води, який витікає з отвору, була найбі-

льшою?

3. Супутник телезв'язку виведено на колову орбіту так, що він перебуває над однією і тією ж точкою в площині земного екватора. Визначте радіус орбіти супутника.

4. В архіві Снеліуса знайшли малюнок, на якому зображено два дзеркала, які розміщені під кутом  $80^\circ$  одне до одного і точкове джерело світла. З часом малюнок “вицвів” і на ньому не видно ходу світлових променів. Відновіть малюнок і визначте, скільки зображень давала така система.

5. З однорідної дротини довжиною  $l$  і поперечним перерізом  $S$  виготовили квадрат з однією діагоналлю. Визначити опір квадрата при підключенні його різними вершинами. Питомий опір матеріалу дротини  $\rho$ .

#### 11 клас

1. На яку висоту підніметься вода між паралельними скляними пластинками, розташованими на відстані  $0,1$  мм одна від одної?

2. Всмоктувальний насос піднімає холодну воду на висоту  $10,3$  м. На яку висоту він підніме окріп ( $100^\circ\text{C}$ ), якщо поршень рухається дуже повільно?

3. Силкові лінії однорідного електричного і магнітного полів взаємно перпендикулярні. Якими мають бути значення і напрям швидкості протона, щоб траєкторія його руху була прямолінійною? Напруженість електричного поля  $500$  В/м, індукція магнітного поля  $0,1$  Тл.

4. Підвішений на нитці тягар відхилили на деякий кут і відпустили. За якого максимального значення кута відхилення нитка не розірветься при подальшому русі, якщо міцність нитки на розрив становить  $2mg$ ?

5. Спираль нагрівника з опором  $5$  Ом живиться від джерела струму з внутрішнім опором  $20$  Ом. Яким повинен бути опір шунта до нагрівника для того, щоб кількість тепла, яке виділяється в нагрівнику, зменшилась в  $9$  разів?

#### 2003 рік (I тур)

#### 8 клас

1. Із Анатоліно у Славіно, відстань між якими  $90$  км, о  $8^{00}$  виїхав велосипедист, який рухався рівномірно зі швидкістю  $15$  км/год. В певний час із Славіно в Анатоліно виїхав мотоцикліст, який рухався з постійною швидкістю  $45$  км/год. На якій відстані знаходилися велосипедист і мотоцикліст о  $10^{00}$  і  $12^{00}$ , якщо відомо, що вони зустрілися на однаковій відстані між Анатоліно і Славіно?

2. Два хлопчики (Володя та Сергій), один з яких знаходиться на Землі, а другий на балконі, тягнуть у різні сторони легеньку мотузку, до якої посередині прив'язано тягар масою  $8$  кг. Зі сторони одного з хлопчиків прив'язано до мотузки два, зі сторони другого – три легеньких динамометри, які між собою з'єднані послідовно. Один з динамометрів Сергія показує  $120$  Н. Що показують решта динамометрів?

3. На двох пустотілих кубиках, які плавають у воді, лежить легенька паличка. Розміри ребер кубиків  $a_1 = 0,1$  м і  $a_2 = 0,2$  м, маса кубиків відповідно  $m_1 = 50$  г і  $m_2 = 100$  г.

Скільки води необхідно налити у один з кубиків, щоб паличка лежала горизонтально. Масою палички і товщиною кубиків знехтувати.

4. Дві вертикальні сполучені посудини заповнені водою і закриті поршнями, маси яких відповідно  $m_1 = 0,1$  кг і  $m_2 = 0,2$  кг. У положенні рівноваги лівий поршень вище правого на  $h = 2$  см. Коли на лівий поршень покласти гирю масою  $m = 100$  г, поршні розмістяться на одному рівні. Яка буде різниця висот між поршнями у положенні рівноваги, якщо гирю поставити на правий поршень? Тертям нехтувати.

#### 9 клас

1. На легкоатлетичних змаганнях земноводних молода жаба кинула виклик старшій на “перегони”. Старша дала згоду прийняти участь у перегонах на відстань  $S$ . Оцінити найбільшу відстань, за якої старша жаба виграє “перегони”, якщо відомо, що:

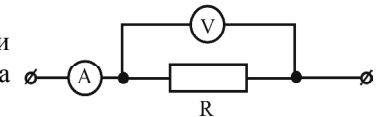
- молода жаба здійснює щосекунди один стрибок на  $5$  см;
- старша – 1 стрибок через кожні три секунди на відстань  $20$  см, причому після третього стрибка відпочиває  $6$  с.

Вважати, що переміщення жаб при стрибку відбувається практично миттєво.

2. Комар летить до лінзи уздовж головної оптичної осі з швидкістю  $10$  см/с. З якою швидкістю рухається зображення комара у той момент часу, коли він перебуває на відстані  $25$  см від лінзи? Оптична сила лінзи  $5$  дптр.

3. Сухі дрова, густина яких  $\rho_1 = 600$  кг/м<sup>3</sup>, намокли і їх густина стала  $\rho_2 = 700$  кг/м<sup>3</sup>. Для нагрівання будинку до кімнатної температури у холодну погоду за  $0^0$  необхідно спалити  $m_1 = 20$  кг сухих дров. Оцінити, скільки треба спалити мокрих дров, щоб нагріти будинок до тієї ж кімнатної температури. Питоме тепло згоряння сухих дров  $10^7$  Дж/кг.

4. Розрахуйте опір  $R$  у схемі, якщо покази вольтметра  $100$  В, амперметра  $1$  А. Опір вольтметра  $1000$  Ом.



#### 10 клас

1. На пластинку, яка підвішена до пружини жорсткістю  $40$  Н/м, падають вертикально краплини води зі швидкістю  $5$  м/с. Краплини, вдарившись об горизонтально розміщену пластинку, не відскакуючи, швидко стікають з неї на землю. Знайти, на яку величину  $\Delta x$  розтягнеться пружина, якщо відомо, що вона не здійснює коливань. Маса краплини  $m = 0,1$  г, число краплин в одиниці об'єму  $n = 3 \cdot 10^3$  м<sup>-3</sup>, площа пластини  $S = 40$  см<sup>2</sup>.

2. Тенісний м'яч, кинутий під кутом до горизонту, попадає на гладеньку дошку, яка розміщена похило. Після абсолютного пружного відбивання, м'яч попадає у точку кидання, затративши на політ у  $\sqrt{3}$  раз менший час. Під яким кутом кинули м'яч, якщо точка відбивання від дошки і точка кидання знаходяться на одному рівні стосовно земної поверхні. Опір повітря не враховувати.

3. На гладенькому горизонтальному столі знаходяться два однакових кубики, маси

яких  $M$ . У центр першого кубика попадає куля масою  $m$ , яка летить горизонтально зі швидкістю  $v_0$  вздовж прямої, що з'єднує центри кубиків. Пробивши перший кубик, куля продовжує рухатись зі швидкістю  $0,5v_0$ , попадає у другий і застряє у ньому. Через який час кубики зазнають зіткнення, якщо початкова відстань між ними  $l$ ? Розмірами кубиків знехтувати.

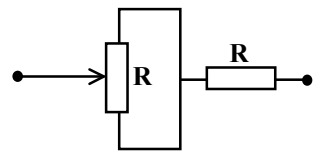
4. Для виготовлення кип'ятильника витрачено  $10 \text{ см}^3$  ніхромового дроту. Скільки води можна нагріти щохвилини цим кип'ятильником на  $80^\circ$  при густині струму у кип'ятильнику  $2 \text{ А/мм}^2$ ? ККД кип'ятильника  $80 \%$ .

### 11 клас

1. Посередині теплоізолюваної посудини, об'ємом  $V = 2 \text{ м}^3$  знаходиться перегородка. В одній половині посудини знаходиться  $1 \text{ кг}$  гелію, а у другій  $-1 \text{ кг}$  аргону, причому середні квадратичні швидкості руху атомів однакові ( $v = 500 \text{ м/с}$ ). Яким буде тиск суміші газів на стінки, якщо забрати перегородку?

2. Людина масою  $75 \text{ кг}$  стрибає з вікна на пожежне полотно з висоти  $h_1 = 15 \text{ м}$  і прогинає його на  $x_1 = 1,2 \text{ м}$ . Вважаючи, що полотно веде себе як звичайна пружина, розрахуйте на скільки прогнеться полотно, коли людина стрибне з висоти  $h_2 = 30 \text{ м}$ .

3. Реостат увімкнутий у коло так, як показано на малюнку. При якому положенні повзунка реостата у ньому буде виділятися максимальна потужність під час проходження електричного струму?



4. У однорідному магнітному полі з індукцією  $B$  знаходиться деякий точковий заряд. По колу радіуса  $R$  в центрі якого знаходиться цей заряд, обертається заряджена частинка. Якби напрям магнітного поля був протилежний, частинка рухалася б по колу цього ж радіуса у тому ж напрямі, але період обертання змінився б на  $\Delta T$ . Визначити напруженість електричного поля, яке створює точковий заряд у точках траєкторії частинки.

### 2003 рік (І тур)

#### 8 клас

1. Для приготування гречаної каші домогосподарка залила  $650 \text{ г}$  гречки водою об'ємом  $1,5 \text{ л}$ . Скільки води википіло під час приготування каші, вважаючи, що вода або кипить, або поглинається гречкою і йде на збільшення об'єму зерна. Густина сухої зернини гречки  $1,3 \text{ г/см}^3$ , вареної  $-1,1 \text{ г/см}^3$ .

2. На один кінець легенького стержня довжиною  $20 \text{ см}$  нанизано намистину із слонов'ячої кістки (густина  $\rho_1 = 2 \text{ г/см}^3$ ). На відстані  $3 \text{ см}$  від іншого кінця розміщена друга намистинка. Середина стержня підвішена до нитки і стержень займає горизонтальне положення у повітрі. Якщо систему опустити у воду, то для збереження рівноваги другу намистину необхідно перемістити на кінець стержня. Яка густина другої намистини?

3. Три спортсмени одночасно починають велокрос і рухаються на дистанції рівномірно: перший зі швидкістю  $10 \text{ м/с}$ , другий  $-9,8 \text{ м/с}$ . Другий спортсмен на фініші відстав від першого на  $10 \text{ с}$ , зате виграв  $5 \text{ с}$  у третього. З якою швидкістю рухався третій спортсмен?

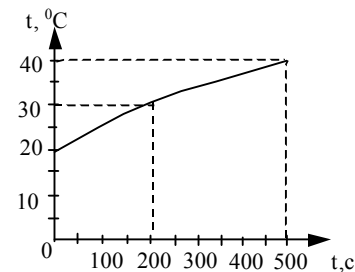
4. У каструлю, площа дна якої  $300 \text{ см}^2$ , налили  $2 \text{ л}$  води при  $8^\circ\text{C}$  і вкинули  $160 \text{ г}$  льоду при температурі  $0^\circ\text{C}$ . Якою буде температура і рівень води у каструлі після встановлення теплової рівноваги? Теплоємністю каструлі і теплообміном з навколишнім середовищем знехтувати.

### 9 клас

1. Прямолінійною дорогою рухається мікроавтобус з швидкістю  $20 \text{ м/с}$ . Неподалік дороги розташований табір туристів. У той момент, коли рухомий транспорт попадає у кут поля зору туриста, що становить  $120^\circ$ , турист виїжджає з табору на велосипеді. У якому напрямі він повинен рухатись, щоб "перехватити" мікроавтобус за найменшого значення швидкості руху? Визначте цю швидкість.

2. Дві спіралі електрочайника з опорами відповідно  $R_1$  і  $R_2$  з'єднані послідовно. У скільки разів може змінитися потужність електрочайника при заміні послідовного з'єднання спіралей на паралельне?

3. У калориметр, в якому знаходилася вода при  $20^\circ\text{C}$ , із шприца наливають з незмінною швидкістю гарячу воду. Графік залежності температури води від часу зображено на малюнку. Знайти температуру гарячої води, вважаючи, що при її попаданні в калориметр, теплова рівновага встановлюється миттєво.

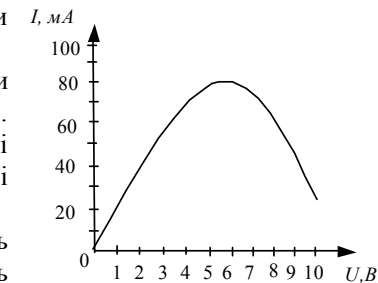


4. Автомобіль рухається по схилу вниз з постійним прискоренням  $a$ . Яким повинен бути коефіцієнт тертя, щоб це було можливо? Кут нахилу гори  $\alpha$ . Розглянути 2 випадки: 1)  $\alpha = 45^\circ$ ,  $a = 1 \text{ м/с}^2$ ; 2)  $\alpha = 30^\circ$ ,  $a = 7 \text{ м/с}^2$ .

### 11 клас

1. Батарея складається з двох паралельно з'єднаних конденсаторів. В яку найменшу кількість разів може зменшитись ємність батареї, якщо паралельне з'єднання замінити послідовним?

2. На малюнку зображено графік залежності сили струму від напруги на нелінійному резисторі. Визначити силу струму в колі при підключенні цього резистора до джерела струму з ЕРС  $10 \text{ В}$  і внутрішнім опором джерела  $100 \text{ Ом}$ .

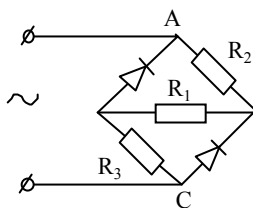


3. Після завантаження баржі період її коливань по вертикалі збільшився від  $7 \text{ с}$  до  $8 \text{ с}$ . Знайдіть



масу вантажу, якщо площа поперечного перерізу баржі по ватерлінії дорівнює  $600 \text{ м}^2$ . Характер руху води довкола баржі вважати незмінним.

4. На малюнку зображена схема, яка у точках А і С під'єднана до мережі змінного струму з ефективним значенням напруги  $220 \text{ В}$ . Вважаючи діоди ідеальними, визначити середню потужність, яка виділяється на резисторі  $R_1$ , якщо  $R_1=20 \text{ кОм}$ ,  $R_2=R_3=5 \text{ кОм}$ .



## 2004 рік, I тур

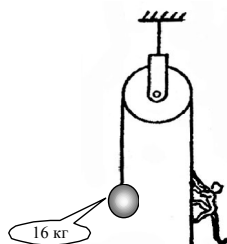
### 8 клас

1. Хлопчик йде від міста А до міста В. Першу половину шляху він рухався із швидкістю  $2,4 \text{ км/год}$ , потім половину часу, що залишився, із швидкістю  $5 \text{ км/год}$ , решту шляху він подолав із швидкістю, що чисельно рівна середній швидкості руху хлопчика на всьому шляху. Знайти середню швидкість руху хлопчика.

2. До коромисла зрівноважених рівноплечих терезів підвішено два тягарі рівної маси, але різних об'ємів. Якщо перший тягар занурити у воду, а другий в олію, то рівновага збережеться. У скільки разів відрізняються густини тягарів?

3. Через легкий блок перекинута мотузка, на якій зрівноважені мавпа і тягар так, як показано на малюнку. Яку роботу виконає мавпа, якщо вона підніметься по мотузці вгору на  $1 \text{ м}$ ?

4. Вага у воді прозорого каменя, знайденого геологами на Поліссі, виявилася у  $1,4$  рази меншою, ніж у повітрі. На користь скла чи алмазу слугують результати досліджень геологів?



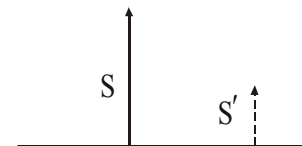
### 9 клас

1. Чи можуть два однойменно заряджених тіла притягуватися? За яких умов заряд одного тіла можна повністю “передати” іншому?

2. У калориметр, в якому міститься  $100 \text{ г}$  води при  $10^\circ \text{ С}$ , додали  $300 \text{ г}$  льоду при температурі  $-10^\circ \text{ С}$ . Температура, що встановилася у калориметрі  $0^\circ \text{ С}$ , причому кількість води і льоду лишилися незмінними. Знайти температуру, що встановиться, а також масу води і льоду, після того, як у цей калориметр додати ще  $300 \text{ г}$  льоду при температурі  $-10^\circ \text{ С}$ .

3. В електричному чайнику потужністю  $300 \text{ Вт}$  і електричному самоварі потужністю  $600 \text{ Вт}$  при ввімкненні їх у мережу з напругою  $220 \text{ В}$  вода закипає одночасно через  $20 \text{ хв}$ . Через який час закипить вода у самоварі і чайнику, якщо їх з'єднати послідовно і ввімкнути у мережу? (Зміною маси при випаровуванні нехтувати.)

4. На малюнку зображено предмет  $S$  і його зображення у лінзі  $S'$ . Висота предмета у  $2$  рази більша за висоту зображення, а відстань між предметом і зображенням  $5 \text{ см}$ . За цими даними побудуйте лінзу і визначить її оптичну силу.



### 10 клас

1. Куля масою  $3 \text{ кг}$ , яка рухалась із швидкістю  $4 \text{ м/с}$ , зазнає абсолютно непружне зіткнення з нерухомою кулею такої ж маси. Скільки тепла виділиться під час зіткнення?

2. З гори висотою  $2,5 \text{ м}$  і довжиною основи  $5 \text{ м}$  їздять санки і, пройшовши по горизонталі  $40 \text{ м}$ , зупиняються. Визначити коефіцієнт тертя, вважаючи його незмінним на всьому шляху руху санок.

3. З балкона висотного будинку ( $h=20 \text{ м}$ ) хлопчик кинув вертикально вгору м'яч, який після цього впав на поверхню Землі. Визначити швидкість руху на середині пройденого м'ячем шляху.

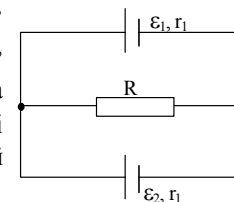
4. Автомобіль рушає з місця з прискоренням  $a_1=2 \text{ м/с}^2$ . При швидкості  $v=50 \text{ км/год}$  прискорення руху стало рівним  $a_2=1 \text{ м/с}^2$ . З якою найбільшою швидкістю може рухатися автомобіль, якщо сила опору пропорційна швидкості руху? Силу тяги автомобіля вважати незмінною.

### 11 клас

1. У нижній половині вертикально розміщеної трубки знаходиться повітря, а у верхній – ртуть. Початкова температура повітря  $T_0=273 \text{ К}$ . До якої мінімальної температури необхідно нагріти повітря у трубці, щоб воно витіснило всю ртуть? Атмосферний тиск нормальний, довжина трубки  $2l = 152 \text{ см}$ .

2. Перші  $10 \text{ с}$  струм у провіднику рівномірно збільшився від  $0$  до  $2 \text{ А}$ , наступні  $40 \text{ с}$  струм продовжував рівномірно зростати від  $2 \text{ А}$  до  $4 \text{ А}$ , а за останні  $10 \text{ с}$  – рівномірно зменшився до нуля. Визначити заряд, який пройшов за весь інтервал часу через поперечний переріз провідника.

3. Два гальванічних елементи з'єднані за схемою, зображеною на малюнку. ЕРС першого елемента  $\mathcal{E}_1=6 \text{ В}$ , другого -  $\mathcal{E}_2=1,5 \text{ В}$ , внутрішній опір першого елемента  $r_1=0,6 \text{ Ом}$ . При якому співвідношенні між опором  $R$  і внутрішнім опором другого елемента  $r_2$ , струм через другий елемент не йде?

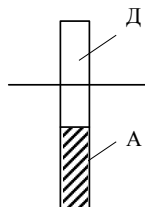


4. Протон і  $\alpha$ -частинка влітають в магнітне поле, перпендикулярно до ліній індукції. Порівняти радіуси кривизни траєкторії частинок, коли у них однакові імпульси; однакові енергії.

8 клас

1. Труба масою  $m=10$  кг і довжиною  $l=2$  м лежить на горизонтальній поверхні Землі. Хлопчик піднімає трубу, прикладаючи зусилля до одного з кінців. Яку мінімальну силу необхідно прикласти для утримання труби під кутом  $\alpha=60^\circ$  до горизонту? Яка мінімальна робота виконується при підніманні труби у це положення?

2. Два циліндри – алюмінієвий і дерев'яний – з'єднані між собою основами. Яка довжина алюмінієвого циліндра, якщо при плаванні у воді вони займають вертикальне положення, причому дерев'яний виступає над водою на  $\Delta l=2,9$  см. Довжина дерев'яного бруска  $l=20$  см, площі основ однакові. Густина дерева  $\rho_0=0,6$  г/см<sup>3</sup>, алюмінію  $\rho_A=2,7$  г/см<sup>3</sup>.

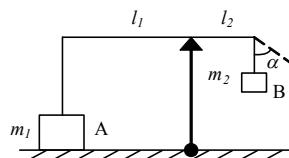


3. Потяг Київ-Ковель пройшов за  $t_1=9$  с повз зустрічну електричку Рівне-Здолбунів, яка рухалася з такою ж швидкістю, але мала вдвічі більшу довжину. За який час потяг пройде повз зустрічний потяг, який вдвічі довший електрички і рухається з вдвічі більшою швидкістю?

4. Змішали 1 кг води при  $10^\circ\text{C}$ , 2 кг при  $20^\circ\text{C}$ , 3 кг при  $30^\circ\text{C}$ , 4 кг при  $40^\circ\text{C}$ , 5 кг при  $50^\circ\text{C}$ , 6 кг при  $60^\circ\text{C}$ , 7 кг при  $70^\circ\text{C}$ , 8 кг при  $80^\circ\text{C}$ . Яка встановиться температура суміші?

9 клас

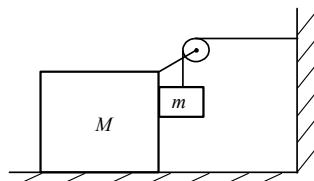
1. Два тіла А і В з масами  $m_1=1,5$  кг і  $m_2=0,45$  кг підвішені на нитках до легкого важеля, плечі якого мають довжини  $l_1=0,6$  м і  $l_2=1$  м (тіло А знаходиться на підлозі). На який мінімальний кут необхідно відхилити тіло В, щоб після його відпускання тіло А відірвалося від підлоги?



2. Невеликий кульці, яка знаходиться на поверхні горизонтально розміщеної тонкої лінзи з оптичною силою  $D=+0,5$  дптр, надали вертикально вгору швидкості  $v_0=20$  м/с. Який інтервал часу можливе існування дійсного зображення кульки у цій лінзі?

3. Чи можливо, маючи у розпорядженні тільки три електричні лампочки з потужностями  $P_1=P_2=25$  Вт і  $P_3=50$  Вт, розрахованих на напругу 110 В, ввімкнути їх в мережу з напругою  $U_2=220$  В так, щоб кожна з них споживала встановлену потужність? Якщо можливо, то як?

4. На кубі масою  $M$  закріплено легенький блок, через який перекинута невагома нерозтяжна нитка. Один кінець нитки прикріплений до стіни, другий до тягара масою  $m$  (ділянка ниток – вертикальна і горизонтальна, тягар дотикається до куба). Спочатку куб утримують. З яким прискоренням він почне



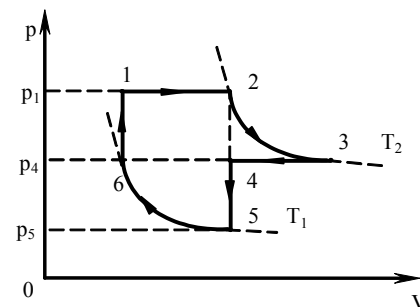
рухатися, якщо його відпустити? Тертя у системі знехтувати. Рух тіл вважати поступальним.

10 клас

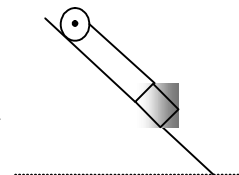
1. До невагомої пружини, довжина якої у недеформованому стані  $l_0$ , підвісили тягар маси  $m$ . Внаслідок цього довжина пружини змінилася у два рази. У якій точці розтягнутої пружини необхідно підвісити додатковий тягар маси  $m$ , щоб він був на однаковій відстані від кінців пружини?

2. 64 краплинки ртуті, радіус яких  $r=1$  мм, зливаються в одну краплину. На скільки змінилася температура ртуті після злиття краплин?

3. Між двома ізотермами одного моля одноатомного ідеального газу, зображеного на графіку залежності  $p=f(V)$  кривими  $T_1$  і  $T_2$ , здійснено замкнутий цикл 1-2-3-4-5-6-1. Визначити температуру газу у станках 1 і 4, якщо відомо, що на графіку ці точки лежать на одній ізотермі.

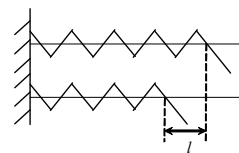


4. На вершині гори встановлена система для підйому вгору саночників за допомогою електродвигуна з блоком, на який намотується линва, одним кінцем під'єднана до санок. Для рівномірного підйому саночників необхідно, щоб сила натягу з боку линви була рівною  $F_0$ . Коли здійснювали підйом санок при силі натягу  $2F_0$ , линва на половині підйому обірвалася. Яку відстань проїдуть санки до першої зупинки? Довжина підйому  $l$ .

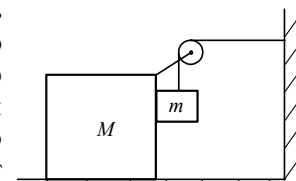


11 клас

1. Два паралельні стержні, на яких знаходяться дві пружини різної довжини з жорсткостями відповідно  $k_1$  і  $k_2$  вмуровані в стінку. Одним кінцем пружини закріплені до стіни. Різниця довжин пружин  $l$ . Яку мінімальну роботу необхідно виконати, щоб розмістити кінці пружин на однаковій відстані від стіни?



2. На кубі масою  $M$  закріплено легкий блок, через який перекинута невагома нерозтяжна нитка. Один кінець нитки прикріплений до стіни, другий до тягара масою  $m$  (ділянка ниток – вертикальна і горизонтальна, тягар дотикається до куба). Спочатку куб утримують. З яким прискоренням він почне рухатись, якщо його відпустити? Між тягарем і кубом є тертя (коефіцієнт



тертя  $\mu$ ), між кубом і горизонтальною поверхнею тертя відсутнє. Куб і тягар рухаються поступально.

3. У циліндрі під поршнем дуже малої маси знаходиться  $m_1 = 10$  г насиченої водяної пари при тиску  $p = 100$  кПа. В циліндр вводять  $m_2 = 5$  г води при температурі  $t_2 = 0^\circ\text{C}$ . На скільки при цьому опуститься поршень? Площа перерізу поршня  $S = 100$  см<sup>2</sup>. Теплоємністю циліндра знехтувати.

4. При під'єднанні до вторинної обмотки знижувального трансформатора споживача опором  $R_1 = 16$  Ом, сила струму у вторинній обмотці  $I_2 = 1$  А. Якщо до вторинної обмотки під'єднати опір  $R_2 = 8$  Ом, сила струму зросте на  $\Delta I = 0,8$  А. Визначити максимальне значення потужності струму у зовнішньому колі.

## 2005 рік

### 8 клас

- Оцінити масу земної атмосфери.
- З якою силою тисне на дно посудини алюмінієвий куб з ребром 0,5 м, якщо рівень води у посудині 2 м? Вважати, що дно посудини і грані куба ідеально гладенькі.
- Любитель бігу пробіг половину шляху зі швидкістю  $v_1 = 10$  км/год. Потім половину часу (що залишився) біг зі швидкістю  $v_2 = 8$  км/год, решту шляху йшов зі швидкістю  $v_3 = 4$  км/год. Визначити середню швидкість руху любителя бігу.
- Термометр, який знаходився у повітрі за температури  $20^\circ\text{C}$ , після занурення у склянку з водою об'ємом  $200$  см<sup>3</sup> показав  $78^\circ\text{C}$ . Яка справжня температура води у склянці, якщо теплоємність термометра  $25$  Дж/°C? Теплоємність посудини не враховувати.

### 9 клас

- Ракета запускається з поверхні Землі вертикально вгору і рухається з прискоренням  $a = 3,3$  м/с<sup>2</sup> протягом  $10$  с. З якою швидкістю ракета впаде на землю? Опором повітря знехтувати. ( $g = 10$  м/с<sup>2</sup>).
- Відстань між предметом і зображенням, одержаним за допомогою лінзи, дорівнює  $25$  см. Визначити оптичну силу лінзи, якщо зображення пряме і збільшене у  $2$  рази.
- Електродвигун трамвая працює під напругою  $600$  В, споживаючи силу струму  $100$  А. Опір обмотки двигуна  $3$  Ом. Визначити силу тяги двигуна, якщо трамвай рухається рівномірно зі швидкістю  $36$  км/год.
- Визначити питому теплоємність механічної суміші, яка складається з порошка міді ( $m_1 = 150$  г) і порошка алюмінію ( $m_2 = 300$  г).

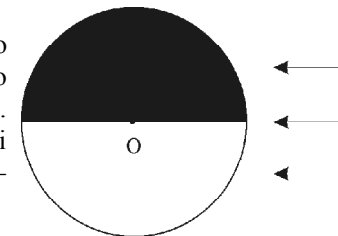
### 10 клас

- Тіло масою  $m$  рівномірно обертається по колу з частотою  $\nu_1$ . Внаслідок виконання роботи  $A$  частота зросла до  $\nu_2$ . Визначити радіус кола.

2. Визначити першу космічну швидкість для супутника, який запускають з гіпотетичної планети, маса і радіус якої у  $3$  рази більші, ніж у Землі.

3. Два тягарці з однаковими масами  $0,5$  кг зв'язані легенькою ниткою. Тягарці рухаються вгору під дією сили  $F$ . Нитка рветься, коли  $F = 20$  Н. За якої сили, спрямованої вертикально вгору порветься нитка, якщо нижній тягар прив'язати такою ж ниткою до підлоги?

4. На кулю, яка може обертатися навколо осі, що проходить через точку  $O$  перпендикулярно малюнку, спрямовано потік молекулярного кисню. Описати поведінку кулі, якщо темна частина кулі повністю поглинає молекули кисню, світла – відбиває (удар абсолютно пружний).



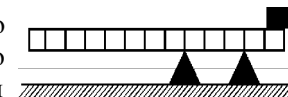
### 11 клас

- Визначити відносне видовження мідного стержня, якщо під час його розтягування робота сил пружності становить  $0,24$  Дж. Довжина стержня  $2$  м, площа поперечного перерізу  $2$  мм<sup>2</sup>, модуль Юнга  $1,2 \cdot 10^{11}$  Па.
- Акумулятор з ЕРС  $10$  В і внутрішнім опором  $1$  Ом замкнений на зовнішній опір, у якому виділяється потужність  $9$  Вт. Визначити напругу на клеммах акумулятора і значення зовнішнього опору.
- Кульку, яка закріплена на пружині, відвели на  $2$  см від положення рівноваги і відпустили. Власна частота коливань кульки становить  $5$  Гц. Який шлях пройде кулька за  $10$  с? За який час вона пройде шлях  $3$  см?
- Негативно заряджена частинка влітає зі швидкістю  $v$  під кутом  $\alpha$  до паралельно напрямлених силових ліній електричного і магнітного полів. Скільки обертів здійснить частинка до моменту початку руху у напрямку, зворотному полям? Напруженість електричного поля  $E$ , індукція магнітного поля  $B$ .

## 2006 рік, I тур

### 8 клас

- На археологічних знахідках двох зливків коштовного металу було викарбувано:  $40\%$  - Au,  $60\%$  - Ag. Чи правильно відображає напис вміст цих компонентів у зливку, якщо після вимірювання їх мас та об'ємів дістали такі дані:  $m_1 = 4,6$  кг;  $V_1 = 357$  см<sup>3</sup>;  $m_2 = 3,2$  кг;  $V_2 = 228$  см<sup>3</sup>?
- Лінійка масою  $50$  г лежить на двох опорах, як показано на малюнку. На її краю лежить тягарець. Визначити, якою може бути маса тягарця, щоб лінійка з тягарцем перебували у стані рівноваги.
- Пліт, що має форму прямокутника зі сторонами  $5$  м  $\times$   $10$  м, рухається вночі за течією річки зі швидкістю  $1$  м/с. По периметру плоту ходить людина з ліхтариком зі



швидкістю 0,5 м/с. Намалуйте траєкторію руху ліхтарика відносно землі за 1 хвилину руху (вигляд зверху). Початкову точку руху виберіть самостійно.

4. У двох сполучених посудинах з площами перерізу 10 см<sup>2</sup> і 15 см<sup>2</sup> знаходиться ртуть. Як і на скільки зміниться рівень ртуті у другій посудині, якщо в обидві посудини долити по 150 г масла?

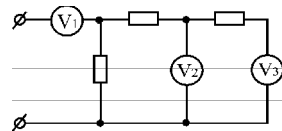
#### 9 клас

1. У калориметр з 5 літрами бензину за температури 10 °С занурили шматок льоду масою 1 кг за температури -10 °С. Визначити кінцеву температуру суміші. Як буде змінюватися рівень бензину в калориметрі?

2. Деяка кількість води нагрівається електронагрівником потужністю 500 Вт. За 2 хв вода у посудині нагрілася на 1 °С. Після вимкнення нагрівника вода за 1 хв охолола на 1 °С. Визначити масу води у посудині, вважаючи втрату теплоти за рахунок теплопередачі навколишньому повітрю пропорційну часові. Теплоємністю посудини знехтувати.

3. Знайдений на дні водоймища золотий скарб, водолаз зважив під водою, користуючись терезами зі сталевими гирями. Його маса становила 643 г. Однак, коли водолаз продавав свою знахідку, то його звинуватили в обмані. Скільки золота реально містив скарб?

4. Електричне коло, схема якого зображена на малюнку, зібрано з однакових вольтметрів і резисторів. Визначити покази другого вольтметра, якщо покази першого і третього вольтметра відповідно становлять:  $U_1=152$  В,  $U_3=10$  В.



#### 10 клас

1. Невеликий предмет знаходиться в спокої на краю столу шириною 1 м. Його штовхають таким чином, що він досягає протилежної сторони столу через 2 с. Чи має предмет колеса?

2. Микола біг по колу з постійною швидкістю. У точці А він зустрів Петра, що саме в цей момент почав бігти з постійним прискоренням по діаметру АВ. Швидкість Петра в момент зустрічі була рівна нулю. Микола, не змінюючи швидкості, пробіг півкола і зустрівся з Петром у точці В, куди той якраз прибіг. Визначити відношення прискорень Миколи і Петра.

3. Центр тяжіння пустої тонкостінної мензурки масою 100 г і діаметром 60 мм знаходиться на відстані 100 мм від основи. До якої висоти потрібно заповнити мензурку водою, щоб зробити її найбільш стійкою?

4. Два тіла масою  $m$  і  $3m$  рухаються у взаємно перпендикулярних напрямках. Після удару тіло масою  $m$  зупинилось. Яку частину його кінетичної енергії становить виділена під час удару кількість теплоти?

#### 11 клас

1. Два студенти А і Б, які живуть в сусідніх кімнатах, вирішили зекономити, з'єднавши свої світильники послідовно. Вони домовились, що встановлять лампочки по 100 Вт і будуть платити за електроенергію порівну. Однак, кожен вирішив отримати краще освітлення за рахунок іншого: студент А встановив лампочку потужністю 200 Вт, а студент Б – лампочку потужністю 50 Вт. Який студент отримає краще освітлення і який з них платитиме за іншого?

2. З центра підлоги циліндричної кімнати під кутом  $\alpha$  до горизонту з деякою швидкістю кидають мячик. Через час  $T$  після трьох пружних ударів об стінки і стелю він падає знову в центрі підлоги. Визначити швидкість мячика під час кидка. Радіус кімнати  $r$ . Опором повітря знехтувати.

3. Протон прискорюється з стану спокою однорідним електричним полем. Через 0,01 с він влітає в магнітне поле з індукцією  $10^{-5}$  Тл, яке перпендикулярне електричному. Знайти відношення нормального і тангенціального прискорення протона.

4. У вертикальному циліндрі під поршнем масою  $M$ , що може ковзати без тертя перебуває газ. Відстань від поршня до дна циліндра  $h$ . Якою буде відстань від поршня до дна циліндра, якщо циліндр рухатиметься вертикально вгору з прискоренням  $a$ , а температура газу залишиться незмінною?

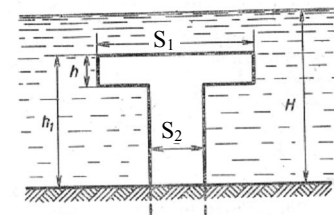
#### 2006 рік, II тур

#### 8 клас

1. Під час гонки Формула-1 автомобілі багато разів проходять кільцеву трасу. Ця траса умовно розбита на три ділянки однакової довжини, але різного рівня складності. Гонщик пройшов першу і другу ділянку з загальною середньою швидкістю 200 км/год, другу і третю - з загальною середньою швидкістю 150 км/год, а третю і першу - з загальною середньою швидкістю 225 км/год. На якій з ділянок (першій, другій чи третій), середня швидкість автомобіля була найбільшою? Визначте цю швидкість.

2. На дні водойми встановлена бетонна конструкція грибоподібної форми, розміри якої вказані на малюнку. Площа верхньої частини  $S_1$ , нижньої  $S_2$ . Глибина водойми  $H$ . З якою силою тисне конструкція на дно водойми? Густина бетону  $\rho$ , густина води  $\rho_0$ .

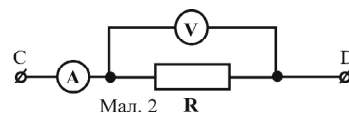
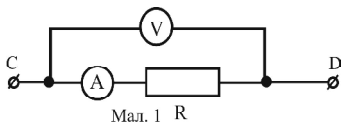
3. З дна озера намагаються підняти затонулий сталевий якір масою 780 кг за допомогою пінопластової кулі, яку прикріплюють до якоря легким тросом. При якому мінімальному об'ємі кулі це можливо? Густини сталі, води і пінопласту дорівнюють відповідно 7800 кг/м<sup>3</sup>, 1000 кг/м<sup>3</sup> і 150 кг/м<sup>3</sup>.



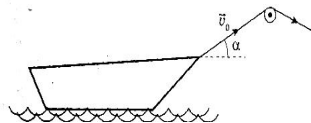
4. Для підтримання в кімнаті температури  $20^{\circ}\text{C}$  за температури на вулиці  $-10^{\circ}\text{C}$  доводиться щодня спалювати  $0,1\text{ м}^3$  сухих дров. Скільки дров доведеться спалювати щодня для підтримання в кімнаті тієї ж температури, якщо температура на вулиці знизиться до  $-20^{\circ}\text{C}$ ?

#### 9 клас

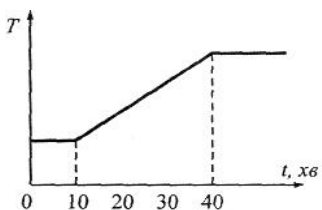
1. Опір резистора вимірюють двома способами, схеми електричних кіл яких зображені на малюнках 1,2. В обох випадках на клемі  $C$  і  $D$  подають однакову напругу. В першому випадку вольтметр показав напругу  $U_1 = 190\text{ В}$ , а амперметр - силу струму  $I_1 = 1,9\text{ А}$ ; у другому випадку покази цих же приладів відповідно були  $U_2 = 170\text{ В}$  і  $I_2 = 2\text{ А}$ . Використовуючи результати вимірювань, визначте опір  $R$  резистора.



2. Хлопчик тягне човен за допомогою мотузки. Швидкість руху мотузки  $v_0$ . Якою буде швидкість човна у той момент, коли мотузка утворить кут  $\alpha$  з горизонтом?



3. У калориметр помістили суміш води й льоду і рівномірно її нагрівають. Графік зміни температури в калориметрі від часу зображено на малюнку. Визначте початкове співвідношення мас води і льоду. Оцініть інтервал часу, через який температура знову почне змінюватись?



4. Відстань між двома автобусними зупинками рівна  $400\text{ м}$ . Автобус, відійшовши від зупинки і досягнувши максимальної швидкості  $36\text{ км/год}$  рухається рівномірно, а перед наступною зупинкою гальмує. Який шлях автобус пройшов, рухаючись рівномірно, якщо рух від однієї зупинки до іншої зайняв  $1\text{ хв}$ , а розгін й гальмування автобуса проходили при постійних (не обов'язково рівних) прискореннях?

#### 10 клас

1. Тіло кинули під кутом  $60^{\circ}$  до горизонту з початковою швидкістю  $30\text{ м/с}$ . Визначити переміщення тіла за останню секунду польоту.

2. Повітряна куля має постійний об'єм  $V = 1,1\text{ м}^3$ . Маса оболонки кулі  $m_0 = 0,187\text{ кг}$ . Куля повинна стартувати за температури навколишнього середовища  $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$  і нормального атмосферного тиску  $p_0 = 1,013 \cdot 10^5\text{ Па}$ . Розрахуйте мінімальну температуру  $t_2$ , до якої слід нагріти повітря всередині кулі, щоб вона почала підніматися.  $m_n = 29 \cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$ .

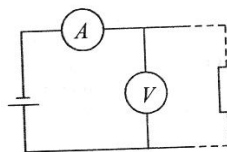
3. Кубик, пущений вгору по шорсткій похилій дошці, повернувся в точку старту зі швидкістю, яка удвічі менша за початкову. Чому рівний час підйому кубика, якщо

час його руху вгору-вниз рівний  $3\text{ секундам}$ ?

4. Хлопець здійснюючи постріл з рогатки вертикально вгору, влучив каменем у карниз будинку, який знаходиться на висоті  $20\text{ м}$ , після чого камінь падає на землю. Вважаючи удар абсолютно непружним (камінь після удару повністю втрачає швидкість), визначити силу удару, якщо відомо, що початкова швидкість каменя  $25\text{ м/с}$ , його маса  $100\text{ г}$  і камінь падає на землю через  $3,01\text{ с}$ .

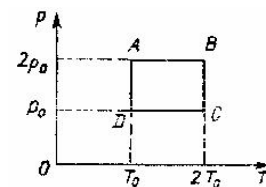
#### 11 клас

1. До батареї з електрорушійною силою  $E = 9\text{ В}$  і невідомим внутрішнім опором підключено послідовно амперметр і вольтметр. (Опори приладів невідомі. Якщо паралельно до вольтметра під'єднати резистор (опір невідомий), то покази амперметра вдвічі зростають. Якими стануть покази вольтметра, якщо відомо, що вони зменшилися вдвічі?



2. На  $pT$  діаграмі показано цикл теплової машини, робочим тілом якої є ідеальний газ. Визначити, на якій ділянці робота, виконана газом найбільша, а на якій - найменша?

3. Куля масою  $10\text{ г}$  рухається горизонтально з швидкістю  $500\text{ м/с}$  і застряє в бруску, маса якого  $490\text{ г}$ . Визначити час, за який брусок пройде відстань  $0,5\text{ см}$ . Жорсткість пружини  $5000\text{ Н/м}$ . Тертям знехтувати.



4. Однорідне магнітне і електричне поля у просторі розміщені взаємно перпендикулярно. Напруженість електричного поля  $0,5\text{ кВ/м}$ , а індукція магнітного поля  $1\text{ мТл}$ . Визначте з якою швидкістю і в якому напрямку повинен летіти електрон, щоб його рух був прямолінійним.

**м.Рівне, грудень 2001 р.**

**7 клас**

1. Різниця між масою шматка алюмінієвого сплаву і частиною води, що вилилася, згідно умови 25 г. Аналогічно різниця між масою сплаву і мастилом, що вилилось 26 г. Об'єми шматка сплаву, води і мастила, що вилились однакові. Тому,

$$m_c - \rho_v V_c = 25; \quad m_c - \rho_m V_c = 26;$$

$$V_c(\rho_c - \rho_v) = 25; \quad V_c(\rho_c - \rho_m) = 26.$$

$$\frac{\rho_c - \rho_v}{\rho_c - \rho_m} = \frac{25}{26}; \quad 26\rho_c - 26\rho_v = 25\rho_c - 25\rho_m; \quad \rho_c = 26\rho_v - 25\rho_m = 3,5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

2. Відстань між пунктами А і В позначимо S. Припустимо, що течія напрямлена від А до В. Тоді час, за який цю відстань пропливе човен

$$t = \frac{S}{v_u + v_m}. \quad \text{Час, який витратить катер, щоб двічі пройти від А до В й назад}$$

$$t = \frac{2S}{v_k + v_m} + \frac{2S}{v_k - v_m}. \quad \text{Оскільки ці часи рівні, то} \quad \frac{S}{v_u + v_m} = \frac{4Sv_k}{v_k^2 - v_m^2};$$

$$4v_k v_u + 4v_k v_m = v_k^2 - v_m^2; \quad v_m^2 + 40v_m + 20 = 0.$$

$$\text{Звідси} \quad v_m = \frac{-40 + 4\sqrt{95}}{2} \quad \text{або} \quad v_m = \frac{-40 - 4\sqrt{95}}{2}. \quad \text{Другий розв'язок не}$$

задовольняє умову задачі (швидкість течії не може бути більшою швидкості човна), отже  $v_m = -20 + 2\sqrt{95} \approx -0,5 \frac{\text{км}}{\text{год}}$ . Знак “-” означає, що наше припущення невірне, а значить течія має напрям від В до А.

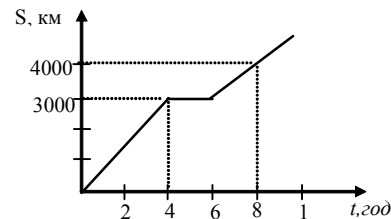
3. Розв'язком задачі буде графік, зображений на малюнку.

4. Пружина під дією сталевго тягарця розтягнулась у 4 рази більше, ніж під дією алюмінієвого, тому маса сталевго тягарця у 4 рази більша за масу алюмінієвого. Оскільки, за однакових

$$\text{об'ємів} \quad \frac{m_c}{m_a} = \frac{\rho_c}{\rho_a} = \frac{7800}{2700} = 2,9, \quad \text{то}$$

можна зробити висновок, що алюмінієвий тягарець має порожнину.

5. Коли людина біжить, вона створює тиск більший за той, який створила б при ходьбі, але час дотикання до поверхні льоду менший, тому лід не встигає проломитись.



**8 клас**

1. 3 умови плавання  $mg = F_{e1} + F_{e2}$ . Звідси  $\rho_k V g = \frac{1}{2} \rho_p V g + \frac{1}{2} \rho_m V g$ .

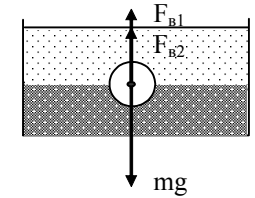
$$\rho_k = \frac{1}{2}(\rho_p + \rho_m) = 7,25 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

2. Знайдемо середню швидкість руху на другій половині шляху. Два відрізки цього шляху автомобіль проїхав за однаковий час.

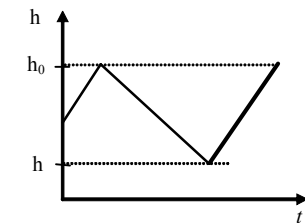
$$v_{c1} = \frac{S_1 + S_2}{t + t} = \frac{v_2 t + v_3 t}{2t} = \frac{v_2 + v_3}{2} = 30 \frac{\text{км}}{\text{год}}. \quad \text{Середня}$$

швидкість на всьому шляху

$$v_c = \frac{S + S}{t_1 + t_2} = \frac{2S}{\frac{S}{v_1} + \frac{S}{v_{c1}}} = \frac{2S}{\frac{S(v_{c1} + v_1)}{v_{c1}v_1}} = \frac{2v_{c1}v_1}{v_{c1} + v_1} = 40 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$



3. Коли вода підніметься до висоти  $h_0$ , з сифона почне витікати вода назовні. Швидкість зниження її рівня залежить від швидкості витікання води назовні, яка дорівнює різниці швидкостей витікання з сифонної трубки і підвідної. Згодом рівень води впаде до висоти  $h_1$  і витікання припиниться. Вода знову набиратиметься до висоти  $h_0$ .



4. Оскільки 50 % механічної енергії перетворюється у внутрішню, то

$$\eta mgh = cm(t_2 - t_1); \quad h = \frac{cm(t_2 - t_1)}{\eta mg} = \frac{c(t_2 - t_1)}{\eta g} = 67200 \text{ м}.$$

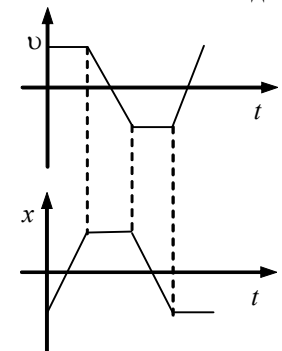
5. Цей вислів не позбавлений смислу, оскільки значення питомої теплоти пароутворення на порядок вище ніж питомої теплоти плавлення. Під час кипіння води пара забирає величезну кількість теплоти, внаслідок чого деяка частина води може замерзнути.

**9 клас**

1. Проаналізувавши графік, бачимо, що координата змінюється при сталій швидкості, а коли напрям швидкості змінюється на протилежний, координата тіла не змінюється. Тому графічна залежність може бути такою (див.малюнок).

2. Задачу доцільно розв'язати відносно системи відліку, яка рухається вгору з прискоренням g.

В цій системі відліку траєкторії руху тіл є прямими лініями. Напрями



відносної швидкості першого тіла відносно другого в момент, коли тіла знаходяться на одній вертикалі, визначимо з малюнків.

Модуль цієї відносної швидкості визначається із співвідношення  $v_{12} = v_{21} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$ , де  $v_1, v_2$  – модулі початкових швидкостей руху тіл, кинутих під кутом до горизонту. Оскільки відстані, які пролітають тіла однакові, то з формули  $l = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$  отримаємо  $v_1^2 = \frac{gl}{\sin 2\alpha}$ ;

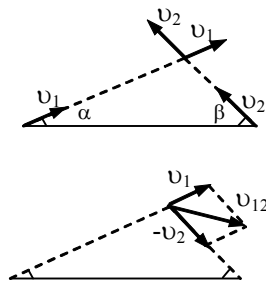
$$v_2^2 = \frac{gl}{\sin 2\beta}. \text{ Тоді } v_{12} = v_{21} = 2\sqrt{\frac{gl}{\sqrt{3}}} \approx 1,5 \frac{m}{c}.$$

3. Оскільки маса стінки значно більша маси кульки, то зміною швидкості стінки після удару м'яча можна знехтувати (хоч імпульс стінки збільшується на незначну величину). Вважаючи швидкість стінки незмінною, перейдемо в систему відліку стосовно стінки. Швидкість м'яча відносно стінки  $v_0 - u$  і спрямована до стінки. Це означає, що після одного удару швидкість м'яча відносно нерухомої системи відліку (Землі) становить  $v_1 = v_0 - 2u$ , а після  $n$  ударів  $v_1 = v_0 - 2nu$ . М'яч не досягне стінки за умови  $v \leq u$ . Тоді  $v_0 - 2nu \leq u$ . Звідси  $n \leq \frac{v_0 - u}{2n}$ .

4. Запишемо II закон Ньютона для гелікоптера  $F_{\text{тяги}} - Mg - T = Ma$  і для вантажу  $T - mg = ma$ . Відповідно після обриву лінви  $F_{\text{тяги}} - Mg = Ma_1$ . Виключивши з перших двох рівнянь силу натягу лінви  $T$ , отримаємо  $F_{\text{тяги}} = Ma + Mg + ma + mg$ . Тоді  $a_1 = \frac{F_{\text{тяги}} - Mg}{M} = a + \frac{m(a + g)}{M}$ .

5. При послідовному з'єднанні плиток закон збереження енергії можна записати  $\frac{U^2}{2R} t = mc\Delta t_1$ , де  $2R$ - загальний опір спіралей плиток.

При паралельному з'єднанні цей закон запишеться  $\frac{U^2}{R/2} t = mc\Delta t_2$ , де  $R/2$  – загальний опір спіралей. Поділивши одне рівняння на друге, отримаємо  $\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \frac{1}{4}$ . Звідси  $\Delta t_2 = 4\Delta t_1 = 400^\circ C$ . Отже, спіралі плиток при паралельному з'єднанні нагріються до  $400 + 20 = 420^\circ C$ .



## 10 клас

1. Коефіцієнт корисної дії циклу  $\eta = \frac{A}{Q_H}$ , де  $A$  – робота системи,  $Q_H$  –

кількість теплоти, наданої системі. Робота протягом циклу  $A = A_{23} + A_{31}$ , де  $A_{23}$ - робота системи при адіабатному процесі,  $A_{31}$ - робота над газом при ізобарному процесі. Враховуючи, що при адіабатному процесі ( $Q_{\text{зов.}} = 0$ )

$$A_{23} + \Delta U = 0, \quad \text{визначаємо} \quad A_{23} = \frac{3}{2} vR(T_2 - T_3). \quad \text{Оскільки}$$

$$A_{31} = p(V_1 - V_3) = vR(T_1 - T_3), \quad \text{одержуємо} \quad A = \frac{3}{2} vR(T_2 - T_3) + vR(T_1 - T_3).$$

Враховуючи, що для процесу 1-2  $Q = \frac{3}{2} vR(T_2 - T_1)$ , визначимо  $T_1$  і

$$\text{підставимо в формулу для визначення роботи. Тоді } A = \frac{5}{2} vR(T_2 - T_3) - \frac{2}{3} Q.$$

$$\text{За цих умов коефіцієнт корисної дії циклу становить } \eta = \frac{5}{2} \frac{vR\Delta T}{Q} - \frac{2}{3} = 16\%.$$

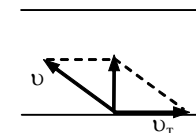
2. Нехай  $v_m$  – швидкість течії, а  $v$  – швидкість спортсмена. Тоді при русі за

$$\text{течією } v_1 = v + v_m, \text{ а проти течії } v_1 = v - v_m. \text{ Звідси } v = \frac{v_1 + v_2}{2},$$

$$v_m = \frac{v_1 - v_2}{2}. \text{ Щоб плисти перпендикулярно до течії,}$$

спортсмен повинен тримати курс, як показано на

$$\text{малюнку. Тоді його швидкість } v_0 = \sqrt{v^2 - v_m^2} = \sqrt{v_1 v_2}$$



3. Зробимо розгортку даного конуса. Найкоротшою відстанню від точки А до точки В буде відрізок АВ.

$$AB = \sqrt{R^2 + 4R^2} = R\sqrt{5}. \text{ Тоді час руху комахи}$$

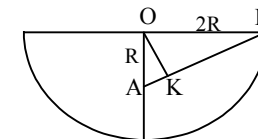
$$t = \frac{R\sqrt{5}}{v}. \text{ Найкоротша відстань, на яку комаха}$$

наблизиться до вершини конуса, це відрізок ОК.

Оскільки трикутник АОВ прямокутний то його площу можна знайти двома способами

$$S = \frac{1}{2} AB \cdot OK; S = \frac{1}{2} AO \cdot OB. \text{ Звідси } R\sqrt{5} \cdot OK = 2R^2; OK = \frac{2R}{\sqrt{5}}. \text{ Як бачимо}$$

з малюнка, комаха на ділянці АК піднімалася вгору, на КВ - опускалася вниз. Відповідно при рівномірному русі на першій ділянці вона розвивала більше зусилля.



4. Згідно закону збереження енергії  $mgh = \frac{kx^2}{2} = \frac{Fx}{2}$ . Оскільки маса тіла і сила розтягу нитки незмінні, то висота підняття залежатиме від видовження нитки  $x$ . З закону Гука  $F = \frac{x}{l_0} ES = \frac{x}{l_0} E\pi r^2$ . Звідси  $x = \frac{Fl_0}{E\pi r^2}$ . З даного співвідношення видно, що зменшення товщини нитки в два рази приведе до збільшення видовження в чотири рази. Отже висота піднімання тіла зросте в 4 рази.

5. Поки пара ненасичена, вона поводить себе як ідеальний газ. Відносна вологість в першому випадку  $\varphi = \frac{p_1}{p_n} 100\%$ . Після перевертання трубки за ізотермічного розширення, тиск повітря і пари відповідно до закону Бойля-Маріотта зменшуються в  $\frac{p_a}{p_a - \rho gh}$  разів. Тиск пари становитиме  $p_2 = \frac{p_1(p_a - \rho gh)}{p_a}$ . Тоді  $\frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{p_2}{p_1} = \frac{p_a - \rho gh}{p_a}$ . Звідси  $\varphi_2 = 60\%$ .

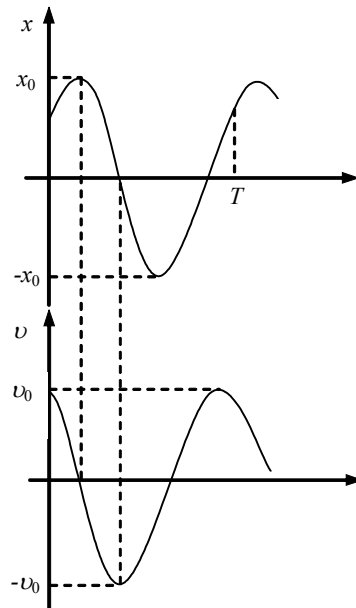
### 11 клас

1. Аналізуючи графічну залежність між параметрами  $v$  та  $x$  бачимо, що математично цю залежність можна записати так:  $\left(\frac{x}{x_0}\right)^2 + \left(\frac{v}{v_0}\right)^2 = 1$ . Оскільки

графік є коло, то  $x(t) = x_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$ , а  $v(t) = v_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$ . Враховуючи, що  $v(t) = x'(t)$  одержимо  $v_0 = \omega x_0$  або  $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi x_0}{v_0}$ . За даними умови задачі,

початкову фазу  $\varphi_0$  визначити неможливо, тому графічні залежності  $v(t)$  і  $x(t)$  матимуть вигляд, зображений на малюнку

2. При швидкій зміні індуктивності котушки  $L$ , магнітний потік, що пронизує котушку зберігається. Енергія магнітного поля котушки  $W = \frac{LI^2}{2} = \frac{\Phi^2}{2L}$ , а її зміна  $\Delta W = -\frac{\Phi^2}{2L^2} \Delta L$ .



Оскільки при максимальному струмові індуктивність котушки зменшують ( $\Delta L < 0$ ), то за рахунок роботи зовнішніх сил енергія магнітного поля струму

зростає на величину:  $\Delta W = \frac{\Phi^2}{2L^2} \Delta L = \frac{I_0^2 \Delta L}{2}$ . (явище носить назву

параметричного резонансу). За період коливань в контурі таке збільшення енергії відбувається двічі. Тому енергія, яка надходить в контур  $\Delta W_0 = 2\Delta W = I_0^2 \Delta L$ . Втрати енергії на Ленц-Джоулеве тепло за період

становлять  $\Delta Q = I_e^2 RT = \frac{I_0^2 RT}{2}$ . Враховуючи, що  $\Delta W_0 \geq \Delta Q$  і що

$T = 2\pi\sqrt{LC}$ , одержимо  $\Delta L \geq \pi R\sqrt{LC} = 9,4 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$ .

3. У процесі руху кульок повна енергія системи не змінюється, тому зміна енергії дорівнює нулю  $\Delta E_k + \Delta E_n = 0$  (1).

З симетрії системи очевидно, що крайні кульки будуть рухатися з однаковими за модулями швидкостями і відстань між ними буде мінімальною тоді, коли швидкості всіх кульок будуть однакові. Цю швидкість  $u$  визначимо з закону збереження імпульсу:

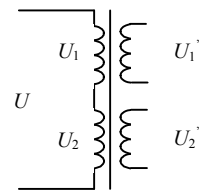
$Mv_0 = (M + 2m)u \Rightarrow u = \frac{Mv_0}{M + 2m}$ . В цей момент кінетична енергія системи

$E_{k2} = \frac{(M + 2m)u^2}{2}$ , а її зміна  $\Delta E_k = \frac{(M + 2m)u^2}{2} - \frac{Mv_0^2}{2} = -\frac{mMv_0^2}{M + 2m}$ .

Оскільки потенціальна енергія взаємодії середньої і крайніх кульок не змінюється, то зміна енергії взаємодії дорівнює зміні взаємодії крайніх

кульок:  $\Delta E_n = \frac{kq^2}{L_{\min}} - \frac{kq^2}{L}$ . Враховуючи рівняння (1), одержимо

$L_{\min} = \frac{kq^2}{\frac{kq^2}{L} + \frac{mMv_0^2}{M + 2m}}$ , де  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ .



4. Струм, який іде через первинну обмотку

$I = \frac{U}{X_1 + X_2}$ , де  $X_1$  і  $X_2$  – індуктивні опори обмоток.

Враховуючи, що  $X_1 = \omega L_1 = \alpha \omega n_1^2$ , а  $X_2 = \omega L_2 = \alpha \omega N_1^2$ , одержимо

$I = \frac{U}{\alpha \omega (n_1^2 + N_1^2)}$ , де  $\alpha$  – коефіцієнт пропорційності,  $\omega$  – циклічна частота.

Відповідно напруги на первинних обмотках:  $U_1 = IX_1 = \frac{Un_1^2}{n_1^2 + N_1^2}$  і



$$U_2 = IX_2 = \frac{UN_1^2}{n_1^2 + N_1^2}. \text{ Оскільки } \frac{U_1'}{U_1} = \frac{n}{n_1}, \text{ а } \frac{U_2'}{U_2} = \frac{n}{N_1}, \text{ одержимо, що значення}$$

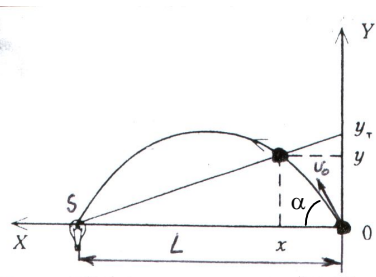
$$\text{напруг на вторинних обмотках відповідно становлять } U_1' = \frac{Un_1n}{n_1^2 + N_1^2} = 132B \text{ і}$$

$$U_2' = \frac{UN_1n}{n_1^2 + N_1^2} = 176B.$$

5. Координата  $y_m$  тіні на стіні зв'язана з координатами  $y$  і  $x$  каменя співвідношенням  $\frac{y_m}{y} = \frac{l}{l-x}$ . Оскільки

$$l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}, \text{ то для } \alpha = 45^\circ: l = \frac{v_0^2}{g}, \text{ де}$$

$v_0$  – початкова швидкість каменя. З рівнянь руху каменя вздовж відповідних осей  $y = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$  і  $x = v_0 \cos \alpha t$



виключимо  $t$  і одержимо:  $y = x \tan \alpha - \frac{x^2}{2l \cos^2 \alpha}$ . Або, враховуючи що

$$\alpha = 45^\circ: y = x - \frac{x^2}{l}. \text{ Тоді } y_m = \frac{yl}{l-x} = x = v_0 \cos \alpha t. \text{ Взявши похідну,}$$

$$\text{одержимо: } v_m = y_m' = v_0 \cos \alpha = \sqrt{l \cdot g} \cdot \cos 45^\circ = \sqrt{\frac{l \cdot g}{2}}.$$

м.Рівне, грудень 2002 р. І тур

#### 7 клас

1. Кладуть по три кульки на кожну шальку. Якщо терези в рівновазі, то другим зважуванням визначимо легшу серед двох, які залишились, якщо ні – з трьох кульок, які легші, кладуть по одній кульці на шальки.

2. Середню швидкість знаходять за формулою  $v_c = \frac{S}{t} = \frac{S_1 + S_2}{2t_1}$ , де  $t_1$  – половина часу руху;  $S_1, S_2$  – шлях пройдений пішоходом за кожну половину часу руху.  $S_1 = v_1 t_1$ ;  $S_2 = v_2 t_1$ , тоді  $v_c = \frac{v_1 + v_2}{2} = 4,5 \text{ км/год}$ .

3. Площа однієї грані  $25 \text{ см}^2$ , довжина ребра  $5 \text{ см}$ . Об'єм куба  $125 \text{ см}^3$ . Маса куба  $m = \rho \cdot V$ .

4. Нехай  $v$  – швидкість потяга. Тоді його довжина  $10v$ .  $30v = 400 + 10v$ , звідки  $v = 20 \text{ м/с}$ , а довжина потяга  $200 \text{ м}$ .

5. Нехай швидкість човна  $v$ , швидкість течії  $v_m$ , відстань між пунктами  $S$ . Тоді  $v_m = \frac{S}{12}$ ;  $v + v_m = \frac{S}{3}$ , звідки  $v = \frac{S}{3} - \frac{S}{12}$ . Час руху човна проти течії

$$t = \frac{S}{v - v_m} = 6 \text{ год}.$$

#### 8 клас

1. Виходячи з того, що потужність холодильної камери незмінна, одержуємо:

$$\frac{m_1 c_1 \Delta t + m_2 c_2 \Delta t}{t_1} = \frac{m_1 L}{t_2}. \text{ Звідси знаходимо } t_2. \text{ Символами позначено: } m_1 -$$

маса води,  $m_2$  – маса каструлі,  $c_1$  і  $c_2$  – відповідно питома теплоємність води і каструлі,  $t_1$  – час охолодження,  $t_2$  – час замерзання.

2. З рівноваги блоків випливає:  $T = mg = 2F$ , але  $F = 2F_1$ .

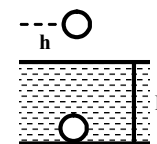
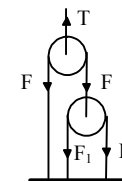
$$\text{Звідси } F_1 = \frac{mg}{4} \approx 125 \text{ Н}.$$

3. Ні. Оскільки відсутній підвід теплоти від зовнішнього джерела.

4. З умови плавання  $mg = 0,5 \rho g V$ , де  $\rho$  – густина води,  $V$  – об'єм кулі.

Враховуючи, що  $m = \rho_1 V_1$ , де  $\rho_1$  – густина чавуну, а  $V_1$  – його об'єм, знаходимо:  $V_{\text{порож}} = V - V_1 = \frac{m}{0,5\rho} - \frac{m}{\rho_1} = \frac{2m(\rho_1 - 0,5\rho)}{\rho\rho_1}$ .

5. З закону збереження енергії  $mg(H+h) = m_1 gH$ , де  $m_1$  і  $m_2$  – маса м'яча і маса води в об'ємі м'яча. Звідси  $h = \frac{(m_1 - m_2)H}{m}$ , де  $m_1 = \rho \cdot V$ ,  $\rho$  – густина води,  $V$  – об'єм м'яча.



#### 9 клас

1. Куля в рівновазі:  $mg = F_g$ . Скинули баласт:  $F_g - 0,8mg = 0,8ma$ . Звідси  $a = \frac{0,2mg}{m} = 0,2g$ . Враховуючи, що  $S_1 = \frac{at^2}{2}$ ,  $S_2 = \frac{gt^2}{2}$ , одержимо:  $S = 625 \text{ м}$ .

2. Знайдемо  $U$  на кінцях схеми.  $U = 0,5 \text{ А} \cdot (50 \text{ Ом} + 200 \text{ Ом}) = 125 \text{ В}$ . Коли опори переставимо:  $R_{\text{заг}} = \frac{200 \cdot 100}{300} + 100 = \frac{500}{3} \text{ Ом}$ ,

$$I_{\text{заг}} = \frac{125 \text{ В} \cdot 3}{500 \text{ Ом}} = 0,75 \text{ А}. \text{ Враховуючи, що } \frac{I_3}{I_2} = \frac{R_2}{R_3}, \text{ визначаємо, що через } R_3$$

йде струм  $0,25 \text{ А}$ , а через  $R_2$  – струм  $0,5 \text{ А}$ .

3. Розглянемо два випадки. 1 випадок: вісь обертання проходить через стержень.  $\frac{v_2}{x} = \frac{v}{l-x}$ ,

$v_2 = \frac{vx}{l-x}$ , де  $l$  - довжина стержня,  $x$  - відстань від осі обертання до другого його кінця.

Враховуючи, що  $\omega = \frac{v}{l-x}$ , одержимо  $x = l - \frac{v}{\omega}$ .

Підставляючи значення  $x$  у формулу для визначення  $v_2$ , знаходимо:

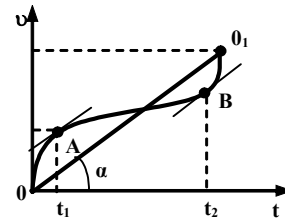
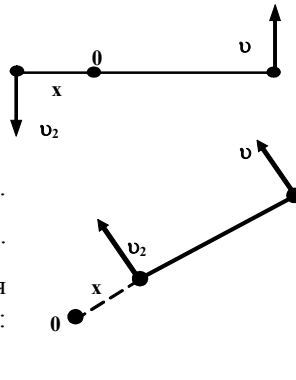
$$v_2 = 2\pi\sqrt{l} - v = 100 \text{ м/с}.$$

2 випадок: вісь обертання поза стержнем. Тоді  $\frac{v_2}{x} = \frac{v}{l+x} \Rightarrow v_2 = 214 \text{ м/с}.$

4. Початкова швидкість води, яка є швидкістю витікання з труби  $v = \sqrt{2gH}$ .

Тоді  $m = \rho V = \rho Svt = \rho S\sqrt{2gH} \cdot t$ .

5. Дотичні до графіка в точках А і В є паралельними до прямої, що з'єднує кінці графіка 00<sub>1</sub>. Враховуючи, що  $v_{cp} = tg\alpha$ , значення миттєвих швидкостей в моменти часу  $t_1$  і  $t_2$  будуть дорівнювати  $v_{cp}$ .



#### 10 клас

1. Оскільки  $t = 100^0 \text{ C}$ , то тиск насиченої водяної пари  $p_n = 10^5 \text{ Па} = 1 \text{ атм}$  і під час зменшення об'єму залишається незмінним. Початковий тиск повітря 1,5 атм. Під час стиснення тиск повітря збільшується до 3 атм. За цих умов об'єм циліндра зменшиться до  $V = 15 \text{ л}$ . З рівняння Менделєєва-Клапейрона визначимо масу пари:  $VP_n = \frac{m_n RT}{\mu}$ .  $m = \frac{PV\mu}{RT}$ . Тоді  $m_{води} = m_{заг} - m_{пари}$ .

(в задачі нехтуємо об'ємом води, яка знаходиться в посудині).

2. Найшвидше м'яч впаде, коли відбивання буде один раз. Оскільки м'яч відбивається під кутом  $45^0$ , дальність польоту по горизонталі дорівнює  $H$ . Тоді швидкість у горизонтальному напрямі повинна становити  $v_0$ , яка визначається із співвідношення  $v_0 t = H$ . Оскільки  $H = \frac{gt^2}{2}$ , одержимо:

$$v_0 = \sqrt{\frac{gH}{2}}.$$

Щоб досягти такої швидкості, м'яч повинен впасти з висоти  $h$ ,

$$\text{яка визначається із співвідношення } v_0 = \sqrt{2gh}. \text{ Звідси, одержимо } h = \frac{H}{4}.$$

3. Максимальна швидкість буде тоді, коли  $p_{в \text{ циліндрі}} = p_{атм}$ . (далі рух сповільнюється). Згідно закону Бойля-Маріота  $p l_0 S = p_a l S$ . Звідси  $l = \frac{p l_0}{p_a}$ .

4.  $\sigma_{міцн} = \frac{mg - F_6}{S} \Rightarrow h = \frac{\sigma_{міцн}}{(\rho_c - \rho_{води})g}$ , де  $F_6$  - виштовхувальна сила, що діє на трос,  $S$  - площа його перерізу.

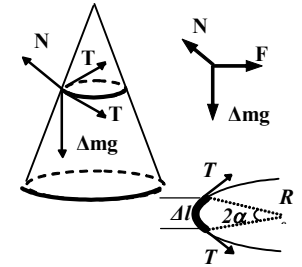
5. На елемент кільця  $\Delta l$  діють сили  $N$ ,  $\Delta mg$  і  $F$ , де  $F$  - результуюча двох сил натягу  $T$ , що розтягують елемент кільця  $\Delta l$ . Кільце буде у рівновазі за умови:  $\frac{F}{\Delta mg} = tg\alpha$ . Враховуючи,

що  $F = 2T \sin \alpha$ ,  $\sin \alpha = \frac{\Delta l}{2R_0}$ ,  $\Delta m = \frac{m}{l}$ , одержимо:

$$\frac{2T \sin \alpha}{\Delta mg} = tg\alpha = \frac{T \Delta l \cdot l}{R_0 mg}.$$

Врахуємо, що  $\Delta l = 2\pi R - 2\pi R_0$ . Тоді

$$tg\alpha = \frac{T 2\pi(R - R_0) \cdot 2\pi R_0}{R_0 mg} = \frac{4\pi^2 T \cdot \Delta R}{mg}. \text{ Звідси } \Delta R = \frac{mg \cdot tg\alpha}{4\pi^2 T}, \text{ а } R = R_0 + \Delta R.$$



#### 11 клас

1. Заряд пластинки  $q$ . Сила, що діє з боку електричного поля  $F = q \frac{E}{2} d \geq mg$ . Враховуючи, що  $E = \frac{U}{d}$ ;  $C = \frac{q}{U}$ ;  $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$ ,  $U \geq \sqrt{\frac{2mgd}{\epsilon_0 S}}$ .

2. див. розв'язок задачі 5 (10 клас).

3. Закон Ома для кола змінного струму у першому випадку:  $I_1 = \frac{E}{\sqrt{R_a^2 + X_p^2}}$ ,

де  $R_a$  - активний опір котушки,  $X_p$  - реактивний опір. Згідно з умовою  $\frac{I_2}{I_1} = 2$ ,

де  $I_2 = \frac{E}{\sqrt{\frac{R_a^2}{9} + X_p^2}}$ . Коли питомий опір збільшити, то  $I_3 = \frac{E}{\sqrt{9R_a^2 + X_p^2}}$ . Тоді

$$\frac{I_1}{I_3} = 7,75. \text{ Отже, струм зменшиться в 7,75 рази.}$$

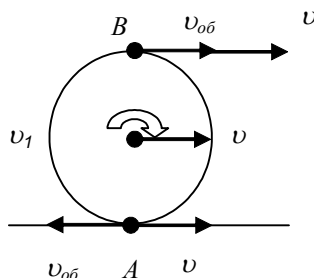
$$4. \quad \eta = \frac{Pt}{mgh} = \frac{Pt}{\rho g V h} \Rightarrow \frac{V}{t} = \frac{P}{\eta \cdot \rho g h}.$$

5. Коефіцієнт трансформації визначається із співвідношення  $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{U_1}{I_2(R+r)} = \frac{n_1}{n_2}$ . Враховуючи, що  $I_2 = \frac{P}{U_2}$ , одержимо:
- $$n_2 = \frac{n_1 I_2 (R+r)}{U_1} = \frac{n_1 P (R+r)}{U_1 U_2}.$$

м.Рівне, грудень 2002 р. II тур

7 клас

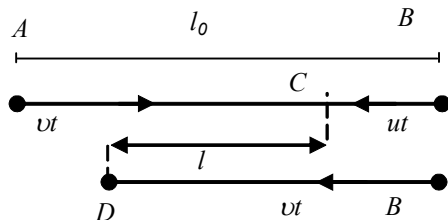
1. Нехай вісь колеса має швидкість  $v$  відносно землі. Тоді рух різних точок на ободі колеса розглядатимемо як суму двох рухів: поступального руху осі колеса і обертального руху точок обода навколо осі  $v_{об}$ . Розглянемо точку А. Ця точка нерухома відносно землі (відсутнє проковзування). Це означає, що з відсутністю проковзування швидкості поступального руху осі колеса (автомобіля, трактора) і обертального руху точок обода – рівні  $v_{об} = v$ , отже  $v_A = 0$ . У точці В швидкості поступального і обертального рухів додаються, тому  $v_B = v_{об} + v = 2v$ . Верхня ланка гусениці трактора має таку ж швидкість, що й точка В:  $v_1 = 2v = 20$  км/год. Нижня – нерухома:  $v_2 = 0$ .



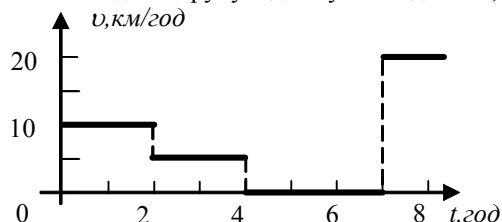
2.  $AB = l_0$  – колона, що зустріла тренера у точці В. Точка С – точка зустрічі тренера з останнім спортсменом колони.  $l_0 = vt + ut$ ,

звідки  $t = \frac{l_0}{u+v}$ , де  $t$  – час

формування нової колони, в якій перший спортсмен з точки В перемістився в точку D, а останній спортсмен знаходиться у точці С. Тоді довжина нової колони  $l = vt - ut = \frac{(v-u)l_0}{u+v}$ .



3. Залежність швидкості руху від часу виглядає так, як показано на малюнку:



4.  $v_{cp} = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{\frac{S_1}{v_1} + \frac{S_2}{v_2} + \frac{S_3}{v_3}}$ . Враховуючи, що  $t_2 = t_3$ ,  $v_2 = \frac{1}{3}v_3$ , отримаємо:  $S_3 = 3S_2$ ,

$$S_1 = S_2 + S_3 = 4S_2, v_1 = 4v_2, v_3 = 3v_2. \text{ Після підстановок: } v_{cp} = \frac{8S_2 v_1 v_2 v_3}{36S_2 v_2^2} = 40 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

5.  $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{(m_1 + m_2)\rho_1 \rho_2}{m_1 \rho_2 + m_2 \rho_1} = 8100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$

8 клас

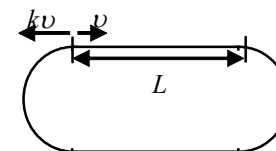
1. Частина енергії електричного струму ( $A = Pt_I$ ) йде на нагрівання води  $cm\Delta T$ , частина на випромінювання у навколишнє середовище  $\alpha t_1$  ( $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі).  $Pt_I = cm\Delta T + \alpha t_1$  (1).

Після вимкнення нагрівника вода охолоджується і енергія йде у навколишнє середовище. Тому  $cm\Delta T = \alpha t_2$  (2).

З розв'язку системи рівнянь теплового балансу одержимо:

$$\alpha = \frac{Pt_I}{t_1 + t_2}, m = \frac{\alpha t_2}{c\Delta T} = \frac{Pt_I t_2}{c\Delta T(t_1 + t_2)} = 4,8 \text{ кг}.$$

2. Нехай наступна зустріч хлопців відбудеться на відстані  $L$  (див. малюнок). Тоді для першого хлопця можна записати  $L = vt$ , для другого –  $S - L = kv$ . З цих двох рівнянь визначаємо  $S$ :  $S = L + kL$ .



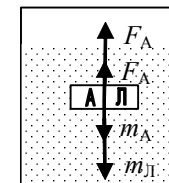
3. При опусканні алюмінію у воду з температурою  $0^\circ \text{C}$  почнеться теплообмін.

Алюміній приймає кількість теплоти  $Q_1 = c_a \rho_a V_a t_a$ , а вода при кристалізації віддає  $Q_2 = \lambda \rho_l V_l$ . Оскільки  $Q_1 = Q_2$ , то  $c_a \rho_a V_a t_a = \lambda \rho_l V_l$  (1). Щоб система алюміній-лід почала спливати, повинна виконуватися умова рівноваги:

$$F_A = F_{Aa} + F_{Al} = m_a g + m_l g, \text{ звідки } \rho_a g(V_a + V_l) = \rho_a g V_a + \rho_l g V_l \quad (2)$$

Розв'язавши систему рівнянь (1) та (2), отримаємо:

$$t_a = \frac{\lambda \rho_l (\rho_a - \rho_e)}{c_a \rho_a (\rho_e - \rho_a)} = -2100^\circ \text{C}.$$



Температура алюмінію  $t_a = -2100^\circ \text{C}$ . Температури  $t = -2100^\circ \text{C}$  досягти неможливо. Отже, охолоджуючи алюміній, неможливо спричинити його підняття у воді за рахунок обмерзання льодом.

4. Пластина повертатиметься навколо точки В. Тиски води з обох боків пластини зрівноважуються скрізь, крім площини над трубкою. Тут сила тиску води  $F = \rho g(H - h) \pi r^2$ . Її момент відносно точки В  $\rho g(H - h) \pi r^3$ . Пластина повертатиметься, якщо  $\rho g(H - h) \pi r^3 < Mg(R - 2r) + F(2R - 2r)$ . Тоді

$$F > \frac{\rho(H-h)\pi r^3 - M(R-2r)}{2(R-r)} g.$$

5. Під час швидкого руху за виступаючими частинами літака (хвіст, кабіна пілота) утворюється розрідження з пониженим тиском. Внаслідок цього відбувається швидке розширення і охолодження повітря в цій області, що призводить до утворення краплинок туману.

## 9 клас

1.  $F_A = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha$ ,  $F_B = mg \cdot \frac{\cos 2\alpha}{\cos \alpha}$ . Вказівка: радіус півсфери, проведений в точку

A, утворює з горизонтом кут  $\alpha$  (або  $\pi - \alpha$ ).

2. Перейдемо в систему відліку, пов'язану з одним з кораблів. У цій системі відліку другий корабель рухається рівномірно і прямолінійно. Позначимо вектор переміщення корабля за час між двома послідовними вимірами відстані  $\vec{s}$ . Тоді  $\vec{a}_1 = \vec{a}_2 - \vec{s}$ ,  $\vec{a}_3 = \vec{a}_2 + \vec{s}$ , звідки

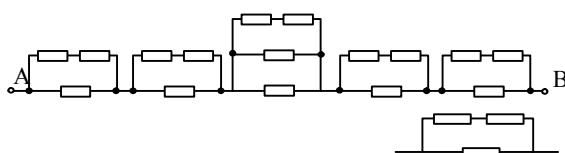
випливає, що  $a_1^2 + a_3^2 = 2a_2^2 + s^2$ .

Аналогічно отримуємо співвідношення  $a_2^2 + a_4^2 = 2a_3^2 + s^2$ . З останніх

двох рівнянь отримуємо:  $a_4 = \sqrt{a_1^2 + 3(a_3^2 - a_2^2)}$ .  $a_4 = 6,7$  км.

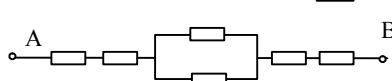
3. Еквівалентне коло:

Як видно з рисунка еквівалентне коло складається з таких ділянок:



Знайдемо опір ділянки:  $R_I = \frac{2R}{3}$ , тоді

еквівалентне коло матиме вигляд:



Звідси  $R_{AB} = 4R_1 + \frac{R_1 R}{R_1 + R} = \frac{46}{15} R$ .

4. Центр кулі знаходиться на відстані  $R\sqrt{3}/2$  від миттєвої осі обертання. Тому за відсутності проковзування його кутова швидкість пов'язана з лінійною співвідношенням  $\omega = 2v/R\sqrt{3}$ , а момент інерції кулі відносно миттєвої осі обертання  $I = \frac{2}{5} mR^2 + m(R\sqrt{3}/2)^2 = 1,15mR^2$ . Якщо куля пройшла по нахилений

площині відстань  $s$  без початкової швидкості, то із закону збереження енергії випливає:  $mgs \cdot \sin \alpha = I\omega^2/2$ . Звідси  $v^2 = (30/23)gs \cdot \sin \alpha$ ,  $a = (15/23)g \cdot \sin \alpha$ . Рух без проковзування можливий, якщо коефіцієнт тертя не менший 0,30.

5. Зрозуміло, що зображення, зображення зображення і т.д. знаходяться на колі. Якщо  $\frac{360}{\alpha} = N_0$  - ціле число, то кількість зображень

$N$  скінченна.  $N = \frac{360}{\alpha} - 1$ . Для  $\alpha = 45^\circ$ ,  $N = 7$ .

## 10 клас

1. Щоб поверхня рідини була паралельною похилій площині, посудина має рухатись з прискоренням  $a = g \sin \alpha$ . Опишемо рух посудини відносно поверхні. Застосуємо другий закон Ньютона у проєкціях на осі.

OX:  $mg \sin \alpha = F + mg \sin \alpha - F_{mp}$  (1);

OY:  $N - mg \sin \alpha = 0$

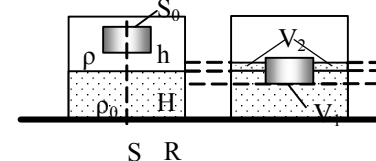
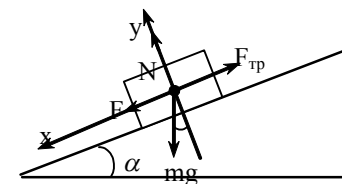
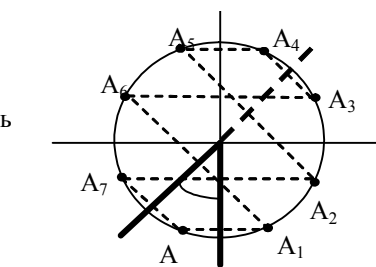
$N = mg \cos \alpha$ ,  $F_{mp} = \mu mg \cos \alpha$ . Тоді з рівняння (1)  $F = F_{mp} = \mu mg \cos \alpha$ .

2. Потенціальна енергія корка  $W_1 = \rho S_0 h g (H + x_2)$  "йде" на збільшення потенціальної енергії води об'ємом  $V_1$ , що переміститься в об'єм  $V_2$ :

$W_2 = \rho_0 V_1 g \left( \frac{x_2}{2} + \frac{x}{2} \right)$  і частково на

збільшення внутрішньої енергії Q:

$\rho S_0 h g (H + x_2) = \rho_0 V_1 g \left( \frac{x_2}{2} + \frac{x}{2} \right) + Q$  (1).



Визначимо  $x_1$  з умови плавання корка:  $\rho S_0 h g = \rho_0 S_0 x_1 g$ , звідки  $x_1 = \frac{\rho h}{\rho_0}$  (2).

$V_1 = V_2$  - умова нестисливості рідини:  $S_0(x_1 - x) = (S - S_0)x$  (3). Звідси

$x_2 = x_1 - x = \frac{\rho h}{\rho_0} \left( \frac{S - S_0}{S} \right)$  (4);  $V_1 = S_0 \frac{\rho h}{\rho_0} \left( \frac{S - S_0}{S} \right)$  (5). З (1), врахувавши (3),

(4) та (5), отримаємо:  $Q = \pi r^2 \rho g h \left( H + \frac{\rho h}{2\rho_0} \left( 1 + \frac{r^2}{R^2} \right) \right)$ .

3. Температура з рівняння стану газу біля поверхні планети:  $T = \frac{pV\mu}{mR}$ , де

$\rho = \frac{m}{V}$  - густина газу. Тоді  $T = \frac{p\mu}{R\rho}$ . Визначимо тиск газу за умови, що сила

тиску атмосфери на поверхню планети  $pS = p4\pi R_n^2$  дорівнює силі тяжіння атмосфери, тобто  $4\pi R_n^2 = \rho 4\pi R_n^2 h g$ , звідки  $p = \rho g h$ . Визначимо прискорення вільного падіння за умови, що сила тяжіння атмосфери, дорівнює силі

притягання атмосфери до планети:  $mg = G \frac{mM}{R_n^2}$ , звідки  $g = G \frac{M}{R_n^2}$  і відповідно

$$\text{температура атмосфери: } T = \frac{\mu \rho h G M}{\rho R R_n^2}.$$

4. Очевидно, першим повинен переходити по дошках той з братів, чия дошка опирається краєм на другу. Найнебезпечнішим є момент, коли він доходить до краю своєї дошки. Якщо хлопчик успішно подолає це місце, то він перейде річку, займе місце брата, а той перейде в зворотному напрямку таким же чином. Розглянемо умову рівноваги систем під час вказаного моменту. Нехай  $x$  та  $y$  довжини ділянок дошок, які лежать на берегах річки. Очевидно  $y = 2l - L - x$ . Знайдемо силу тиску правого кінця дошки 1 на дошку 2. Ця сила складається з ваги хлопчика  $Mg$  і частини  $F_{II}$  ваги  $mg$  самої дошки, що припадає на праву точку опори. З правила моментів випливає, що

$$F = \frac{mg \left( \frac{l}{2} - x \right)}{l - x}, \text{ звідки } F = Mg + \frac{mg \left( \frac{l}{2} - x \right)}{l - x}. \text{ Отриманий вираз справджується}$$

і для випадку  $x > l/2$  (сила тяжіння дошки 1 відіграє роль противаги, зменшуючи силу  $F$ ). Умова рівноваги дошки 2 має вигляд

$$Mgy \geq mg \left( \frac{l}{2} - y \right) + F(L - l + x). \text{ Цю нерівність можна переписати у вигляді}$$

$$f(x) \geq 0, \text{ де } f(x) = x^2(1 + \beta) - x \left( 2l - L + \beta \frac{5l - 2L}{2} \right) + \beta l \frac{3l - 2L}{2} + l^2 - \frac{3}{4}lL$$

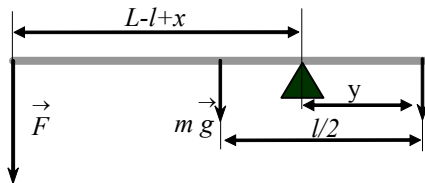
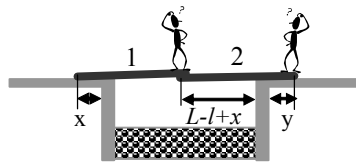
є квадратичною функцією  $x$ , а

$$\beta = \frac{M}{m}. \text{ Переправа можлива тоді,}$$

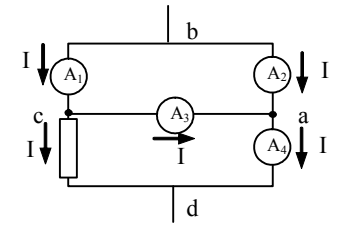
коли ця нерівність виконується хоча б для якого-небудь значення  $x$  в інтервалі від  $x_1 = 0$  до  $x_2 = 2l - L$ . Оскільки графік функції  $f(x)$  є параболою вершиною донизу, отримаємо: брати зможуть перебраться через річку, якщо при будь-яких додатних значеннях  $\beta$  хоча б одне з двох значень функції додатне; переправа неможлива, якщо при будь-яких додатних значеннях  $\beta$  значення функції від'ємні. Враховуючи, що

$$f(x_1) = \frac{3\beta l}{2} \left( l - \frac{2}{3}L \right) + l \left( l - \frac{3}{4}L \right), f(x_2) = l \left( l - \frac{3}{4}L \right) - \frac{\beta l}{2} (L - l), \text{ неважко}$$

пересвідчитись: перший випадок реалізується при  $l > 3L/4$ , другий – при  $l < 2L/3$ .



5. Напруга  $U_I$  між точками  $b$  та  $a$  визначається формулою  $U_I = I_2 r$ , де  $r$  – внутрішній опір амперметра. В той же час  $U_I = I r + I_3 r$ . Тому  $I r + I_3 r = I_2 r$ . Це означає, що  $I_3 = I_2 - I_1 = 1$  А. Через амперметр  $A_4$  проходить струм  $I_4 = I_2 + I_3 = 4$  А, а через резистор – струм  $I = I_1 - I_3 = 1$  А. Напруга між точками  $c$  та  $d$  рівна  $IR$ . В той же час

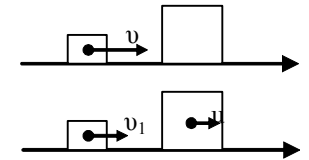


$$\text{вона рівна } I_3 r + I_4 r. \text{ Отже, } IR = (I_3 + I_4) r. \text{ Звідси } \frac{r}{R} = \frac{I}{I_3 + I_4} = \frac{1}{5}.$$

## 11 клас

1. Розглянемо непружний удар. Зовнішні сили діють по вертикалі. Закон збереження імпульсу для горизонтальної осі  $OX$ :  $mv = mv_1 + Mu$  (1). З-н

$$\text{збереження енергії: } \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} + Q \quad (2).$$



$$\text{З (1) та (2) отримаємо } Q = \frac{m}{2}(v^2 - v_1^2) - \frac{Mu^2}{2} = \frac{Mu}{2m}(2mv_1 + Mu - mv) \quad (3).$$

Проаналізуємо цей вираз на екстремум.

$$\frac{\partial Q}{\partial v_1} = \frac{M}{2m} \left[ \frac{\partial u}{\partial v_1} (2mv_1 + Mu - mv) - u \left( 2m + (M - m) \frac{\partial u}{\partial v_1} \right) \right] = 0.$$

$2mv_1 + Mu - mv - 2mu - (M - m)u = 0$ , звідки  $v_1 = u$ . Кількість теплоти досягне максимального значення при  $v_1 = u$ , тобто зіткнення абсолютно непружне.

Закон збереження імпульсу:

$$(m + M)v_1 = mv, \text{ звідки } v_1 = \frac{mv}{m + M}$$

(4). Підставимо (4) в (2):

$$Q = \frac{mv^2}{2} \left( \frac{M}{m + M} \right). \text{ Якщо } M \gg m,$$

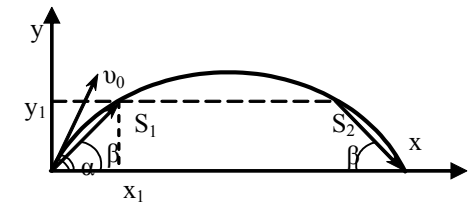
то вся кінетична енергія кулі перетвориться у внутрішню.

2. Оскільки траєкторія симетрична,

то модуль переміщення  $S_2$  за останню секунду дорівнює модулю переміщення

$$\text{за першу секунду } S_1. \text{ Враховуючи, що } x_1 = v_0 t \cos \alpha, y_1 = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2},$$

$$\text{одержимо: } S_1 = S_2 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2} = \sqrt{(v_0 t \cos \alpha)^2 + \left( v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \right)^2}. S_1 = 26 \text{ м.}$$



$$\operatorname{tg} \beta = \frac{y_1}{x_1} = \frac{v_0 \sin \alpha - \frac{gt}{2}}{v_0 \cos \alpha} \approx 1,4, \quad \beta \approx 54^\circ.$$

3. Кількість зіткнень молекул газу зі стінкою:  $z = \frac{1}{6} n \bar{v} t S = \frac{1}{6} \frac{N}{V} \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} St$ . Тоді

$$\text{кількість зіткнень однієї частинки зі стінками: } z_1 = \frac{z}{N} = \frac{1}{6\sqrt{V}} \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} t \approx 2,3 \cdot 10^3.$$

З урахуванням розподілу Максвелла кількість зіткнень зі стінкою посудини:

$$z = \frac{1}{4} n \langle v \rangle St, \text{ тоді } z_1 = \frac{z}{N} = \frac{1}{4\sqrt{V}} \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} t = 3,1 \cdot 10^3.$$

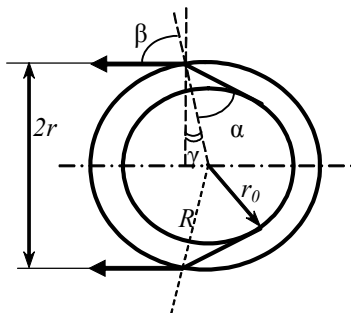
$$4. T = \frac{4 \cdot 2^{\frac{3}{4}} \cdot \pi^{\frac{3}{2}} \cdot l}{q} \sqrt{\varepsilon_0 m l}.$$

5. Видимий внутрішній діаметр капіляра визначається тими променями, які, виходячи з трубки паралельними, виходять з точок на внутрішній поверхні трубки по дотичній до цієї поверхні. У цьому випадку вони максимально віддалені один від одного.

$$\text{Оскільки } \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{n}, \quad \sin \beta = \cos \gamma = \frac{r}{R},$$

то  $\sin \alpha = \frac{r}{R} \cdot \frac{1}{n}$ . Як видно з малюнка,  $r_0 = R \sin \alpha = r \frac{1}{n}$ . Це справедливо, коли

$R > r_0 n$ . Якщо ж  $R \leq r_0 n$ , то видимий внутрішній радіус трубки буде співпадати з її зовнішнім радіусом і тому внутрішню поверхню трубки не буде видно.



**м.Рівне, грудень 2003 р.**

**7 клас**

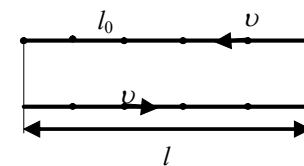
1. Час руху команди буде мінімальним за умови, що час руху обох спортсменів пішки однаковий  $t_{11}=t_{12}=t_1$  і час руху на велосипеді однаковий  $t_{21}=t_{22}=t_2$ . Ці умови виконуються, якщо кожен спортсмен половину дороги йде пішки, а решту їде на велосипеді. Перший спортсмен стартує на велосипеді й на середині дистанції залишає велосипед, а далі йде пішки. Другий спортсмен робить все навпаки:

$$t = t_1 + t_2 = \frac{l}{2v_1} + \frac{l}{2v_2} = \frac{l}{2} \left( \frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2} \right) = 2 \text{ год } 10 \text{ хв}.$$

$$2. F_1 = F_{mp} - mg; \quad F_2 = F_{mp} + mg; \\ F_1 + mg = F_2 - mg; \quad F_2 = F_1 + 2mg. \quad F_2 = 2,5H.$$

3. Тролейбуси по маршруту розподілені рівномірно, тому відстань між ними:  $l_0 = \frac{2l}{N}$ .

Час між зустрічами троллейбусів:  $t = \frac{l_0}{v+v}$ . Звідси  $v = \frac{l_0}{2t} = \frac{l}{Nt} = 4,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .



$$4. \rho_{\text{вол}} = \frac{\rho V_n + \rho_{\text{в}} V_{\text{в}}}{V_n + V_{\text{в}}}; \quad \rho_{\text{сух}} = \frac{\rho V_n}{V_n + V_{\text{в}}} \Rightarrow \frac{V_n}{V_{\text{в}}} = \frac{\rho_{\text{в}} + \rho_{\text{сух}} - \rho_{\text{вол}}}{\rho_{\text{вол}} - \rho_{\text{сух}}}.$$

$$\rho = \rho_{\text{сух}} \left( 1 + \frac{V_{\text{в}}}{V_n} \right) \approx 4,09 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

$$5. t = \frac{n_1 l}{v-u} = \frac{n_2 l}{v+u}, \text{ звідки } v = u \frac{n_1 + n_2}{n_2 - n_1} = 76 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

$$\text{Або } L = n_1 l + ut = n_2 l - ut, \quad l = 2ut(n_2 - n_1), \quad v = \frac{L}{t} = u \frac{n_1 + n_2}{n_2 - n_1} = 76 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

**8 клас**

$$1. \rho_c = \frac{m_c}{V_c}, \quad \rho_{\text{в}} = \frac{m_c + m_{\text{в}}}{V_c + V_{\text{в}}} = \frac{m_c + m_{\text{в}}}{\frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}}}.$$

$$m_{\text{в}} = \frac{m_c (\rho_{\text{в}} - \rho_c) \rho_{\text{в}}}{\rho_c (\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{в}})} = \frac{3}{2} \text{ кг}.$$

Маса води, яка випарувалася  $m = 4 \text{ кг} - 1,5 \text{ кг} = 2,5 \text{ кг}$ .  $Q = mq = 1,1 \cdot 10^8 \text{ Дж}$ .

$$2. \text{Висоту частини шматка льоду, яка виступає над водою, знайдемо із співвідношення: } mg = F_A = \rho_{\text{в}} g S (H - h_0) \Rightarrow h_0 = \frac{\rho_{\text{л}} - \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} H.$$

По мірі занурення архімедова сила зростає, тому слід прикласти більшу силу, максимальне значення якої:  $F_{\text{max}} = gSH(\rho_{\text{л}} - \rho_{\text{в}})$ .

$$\text{Робота змінної сили дорівнює } A = F_{\text{сер}} \cdot h = \frac{F_{\text{max}} \cdot h_0}{2} = \frac{gSH^2(\rho_{\text{л}} - \rho_{\text{в}})^2}{2\rho_{\text{в}}}.$$

3. Циліндр виготовлено з липи (плаває у бензині і у воді). Глибина занурення циліндра у воду  $h = \frac{\rho_{\text{л}} H}{\rho_{\text{в}}}$ . Якщо наливати бензин у посудину, тиск на рівні

$$\text{дна } p = \rho_{\text{в}} gh = \rho_{\text{б}} gh_x \Rightarrow h_x = \frac{\rho_{\text{л}} h}{\rho_{\text{б}}} = \frac{\rho_{\text{л}} H}{\rho_{\text{б}}}. \text{ Оскільки } h_x < H, \text{ то}$$

$m = \rho_{\text{б}} Sh_x = 0,75 \text{ кг}$ . Циліндр виготовлено з парафіну (тоне у бензині і плаває

у воді):  $\rho_e gh = \rho_e gx + \rho g(H - x) \Rightarrow x = \frac{\rho_e - \rho_n}{\rho_e - \rho_e} H$ ;  $m = \rho_e Sx = 0,35 \text{ кг}$ .

4. При рівномірному русі сила тяги автомобіля  $F$  дорівнює силі опору  $F_0$ ,

$$F_m = F_0 = 0,01mg. \text{ Тоді } \eta = \frac{A_{\text{кор}}}{A} = \frac{F_T v t_0}{q m_0}, \text{ звідки } v = \frac{\eta q m_0}{0,01mg t_0}$$

5. З умови рівноваги важеля для двох випадків:

$$\frac{mg}{m_1 g} = \frac{l_2}{l_1}, \quad \frac{m_2 g}{mg} = \frac{l_2}{l_1}, \text{ звідки } \frac{m}{m_1} = \frac{m_2}{m}. \text{ Тоді } m = \sqrt{m_1 m_2} \approx 3,2 \text{ кг}.$$

## 9 клас

1. Збільшиться або зменшиться в 4 рази. Початковий стан (рідину налито у вужче коліно):  $R_0 = \rho \frac{l}{S_1}$ . Після відкривання трубки  $V = V_1 + V_2$ ,

$lS_1 = l_1 S_1 + l_2 S_2$ . Враховуючи, що  $l_1 = l_2$  (сполучені посудини), а також  $S_2 = 4S_1$ , отримаємо:  $lS_1 = l_1(S_1 + S_2) = 5l_1 S_1$ . Звідси  $l = 5l_1$ . Опір між рівнями:  $R = R_1 + R_2 = \rho \frac{l_1}{S_1} + \rho \frac{l_1}{S_2} = \rho l_1 \frac{5}{4S_1} = \rho \frac{l}{4S_1}$ . Тоді  $\frac{R_0}{R} = 4$ . ( $\frac{R_0}{R} = \frac{1}{4}$ ,

за аналогією для випадку, коли рідину наливають у ширше коліно).

2. Перейдемо в систему відліку, пов'язану із точкою А (прискорення точки В при цьому не зміниться). У цій системі відліку точка В рухається по колу з радіусом  $b$ , причому модуль горизонтальної складової швидкості в будь-який момент дорівнює  $\frac{v}{6}$ . Отже, в момент, коли швидкість утворить із горизонталлю кут  $45^\circ$ ,

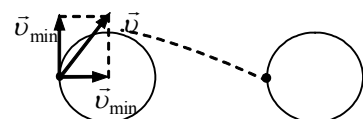
модуль швидкості точки В дорівнює  $\frac{v\sqrt{2}}{6}$ , а модуль нормального

прискорення  $a_n = \frac{v^2}{18b}$ . Повне прискорення  $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$ . З рівності нулю

горизонтальної складової прискорення випливає, що тангенціальне і нормальне прискорення однакові за модулем, так що повне прискорення

направлене вертикально вниз:  $a = a_n \sqrt{2} = \frac{v^2 \sqrt{2}}{18b}$ .

3. Для того, щоб шматок багнюки впав на попереднє місце, колесо повинне здійснити повний оберт:  $S = 2\pi R$ . Час



руху шматка:  $T = \frac{2\pi R}{v_{\min}}$ . Це буде за умови, що швидкість  $v$  напрямлена під

кутом  $45^\circ$  до горизонту, а вертикальна складова швидкості дорівнює горизонтальній. За цих умов  $v_{\min} = \frac{gT}{2} = \frac{g}{2} \frac{2\pi R}{v_{\min}} = \frac{g\pi R}{v_{\min}}$ ;  $v_{\min} = \sqrt{g\pi R}$ .

4. Висота рівня води, яка утвориться у посудині, після того як лід почне плавати, визначається із співвідношення  $h = \frac{m}{S\rho_e}$ . Умова плавання льоду

(рівень не змінюється):  $\rho_l a^3 g = \rho_e a^2 h g$ . Звідси, довжина ребра кубика,

який плаває  $a = \frac{h\rho_e}{\rho_l}$ , а його маса  $m' = \rho_l a^3 = \frac{m^3}{\rho_l^2 S^3}$ . Маса льоду, що

розплавився:  $\Delta m = m - m'$ . Тоді  $Q = mc\Delta t + \lambda m(1 - \frac{m^2}{\rho_l^2 S^3}) = 3,5 \text{ кДж}$ .

5. Виберемо прямокутну систему координат з початком у точці відліку, причому вісь  $OX$  спрямуємо вздовж пагорба,  $OY$  – перпендикулярно до нього. Рівняння руху вздовж вибраних осей запишеться так:

$$y = v_0 \sin(\alpha - \beta)t - \frac{a_y t^2}{2} \text{ і}$$

$$x = v_0 \cos(\alpha - \beta)t - \frac{a_x t^2}{2}, \text{ де}$$

$a_y = g \cos \beta$ ,  $a_x = g \sin \beta$ . Враховуючи, що

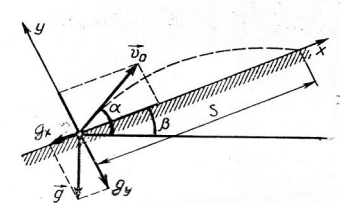
у момент падіння  $y=0$ , визначимо  $t$ :

$$t = \frac{2v_0 \sin(\alpha - \beta)}{g \cos \beta}. \text{ Тоді } x = \frac{2v_0^2 \sin(\alpha - \beta) \cos \alpha}{g \cos^2 \beta}. \text{ Ця відстань максимальна,}$$

якщо  $\sin(\alpha - \beta) \cos \alpha$  буде найбільшим.

$\sin(\alpha - \beta) \cos \alpha = \frac{1}{2} [\sin(2\alpha - \beta) - \sin \beta]$ . Останній вираз максимальний, якщо

$\sin(2\alpha - \beta) = 1$ . Тоді  $2\alpha - \beta = \frac{\pi}{2}$ . Звідси  $\alpha = \frac{\beta}{2} + \frac{\pi}{4}$ .



## 10 клас

1. Запишемо закон збереження імпульсу (вважаючи опір води незначним) при переміщенні людини з носу до корми човна:  $m_1 v_1 + m_2 v_2 = 0$

$m_1 v_1 t + m_2 v_2 t = 0$  або  $m_1 S_1 + m_2 S_2 = 0$ , звідки  $m_2 = -m_1 \frac{S_1}{S_2}$ , де  $S_1$  і  $S_2$  –

переміщення людини і човна відносно нерухомої води. Враховуючи, що

людина проходить відносно човна відстань  $l$ :  $S_1 = S_2 + l$ . Отже,  
 $m_2 = -m_1 \frac{S_2 + l}{S_2}$ . Якщо  $S_2$  і  $l$  вважати модулями відповідних переміщень, то

розрахункова формула набуде вигляду:  $m_2 = m_1 \frac{l - S_2}{S_2}$ . Залишається

виміряти  $l - S_2$  та  $S_2$  в умовних одиницях, наприклад, відрізках мотузки.

$$2. \frac{V_A}{V_D} = \frac{T_A}{T_D} = \frac{V_B}{V_C} = \frac{T_B}{T_C} \Rightarrow T_C = \frac{T_B T_D}{T_A}.$$

Аналогічно  $T_0 = \frac{T_M T_K}{T_A}$ . Температуру в точках К

і М визначимо з рівняння Менделєєва-Клапейрона:  $T_K = \frac{p_A V_K}{R}$ . Враховуючи,

що  $V_K = \frac{V_D + V_A}{2}$ , одержимо:  $T_K = \frac{p_A V_A + p_A V_D}{2R} = \frac{1}{2}(T_A + T_D)$ . Аналогічно

$$T_M = \frac{1}{2}(T_A + T_B). T_0 = \frac{1}{4} \frac{(T_A + T_D)(T_A + T_B)}{T_A}.$$

3. Вважатимемо, що вся теплота йде на зміну внутрішньої енергії води і пари, яка утворилася при нагріванні.  $Q = mc\Delta t + \Delta m L$ , де  $\Delta m$  – маса пари, яка випаровувалася. Час, протягом якого нагрівають воду до кипіння  $t_1 = 5 \text{ хв}$ . За незмінної потужності нагрівника час випаровування  $t_2$  знайдемо із співвідношення:  $\frac{mc\Delta t}{t_1} = \frac{\Delta m L}{t_2}$ , а  $\Delta m$  з рівняння Менделєєва-Клапейрона:

$$pV = \frac{\Delta m}{M} RT. \text{ Отже, } t_2 = 0,75 \text{ хв. Тоді } t = 5,75 \text{ хв.}$$

4. На кожну бусинку діють дві сили пружності і дві кулонівські сили. При відсутності тертя обидві сили натягу однакові.  $\frac{kq_1 q_2}{r_{12}^2} = \frac{kq_1 q_3}{r_{13}^2}$ , звідки

$$\frac{r_{13}}{r_{12}} = \sqrt{\frac{q_3}{q_2}}. \text{ Таким чином, довжини сторін трикутників відносяться як}$$

$$2 : \sqrt{3} : 1. \text{ Отже, кути цього трикутника } 90^\circ, 60^\circ, 30^\circ.$$

5. Терези знаходяться у рівновазі за умови  $T_1 = T_2$ .  $T_1 = m_1 g - F_{A_1}$  (1).

$T_2 = m g - F_{A_2}$  (2), де  $m_1$  – дійсна маса тіла.  $F_{A_1} = \rho_0 g V$  (3) – сила Архімеда,

що діє на тіло з боку повітря,  $F_{A_2} = \rho_0 g V_1 = \rho_0 g \frac{m}{\rho}$  (4) – сила Архімеда, що

діє на різноважки з боку повітря. Прирівняємо (1) та (2), враховуючи (3), (4):

$$m_1 g - \rho_0 g V = m g - \rho_0 g \frac{m}{\rho}, \quad m_1 - m = \rho_0 \left(V - \frac{m}{\rho}\right). \text{ Відносна похибка:}$$

$$\varepsilon = \frac{m_1 - m}{m_1} \cong \frac{m_1 - m}{m} = \frac{\rho_0}{m} \left(V - \frac{m}{\rho}\right) = 0,0015 = 0,15\%.$$

## 11 клас

1. Коли напруга на конденсаторі  $C_1$  досягає найбільшого значення, сила струму  $I=0$ , заряд у системі  $q=C_1 U_0$ . Цей заряд незмінний після розмикання ключа, оскільки права частина конденсатора  $C_1$  з'єднана з лівою пластинною  $C_2$  і не з'єднана з котушкою індуктивності. Коли напруга на першому конденсаторі дорівнює нулю, весь заряд зосередиться на другій пластині:

$$q = C_2 U_2 = C_1 U_0. \text{ Згідно закону збереження енергії: } \frac{1}{2} C_1 U_0^2 = \frac{q^2}{2C_2} + \frac{LI^2}{2} \text{ або}$$

$$\frac{1}{2} C_1 U_0^2 = \frac{C_1^2 U_0^2}{2C_2} + \frac{LI^2}{2}, \text{ звідки } I = U_0 \sqrt{\frac{C_1(C_2 - C_1)}{C_2 L}}.$$

2. Коли рівень води підніметься у лівому коліні  $\Delta V_1 = (x_1 + y_1) S_1$ .

$$\Delta V_1 = \frac{S_1}{S_2} (S_1 + S_2) x_1. \text{ Сила, яка повертає рідину у положення рівноваги при її}$$

підніманні на  $x_1$  (у лівому коліні) та опусканні на  $y_1$  (у правому коліні) відносно деякого рівноважного положення

$$F_1 = \Delta m_1 g = \rho g \frac{S_1}{S_2} (S_1 + S_2) x_1 \Rightarrow k_{1\text{суст.}} = \rho g \frac{S_1}{S_2} (S_1 + S_2).$$

Коли рівень води підніметься у правому коліні:  $\Delta V_2 = (x_2 + y_2) S_2$ ,

$$F_2 = \rho g \frac{S_2}{S_1} (S_1 + S_2) y_2 \Rightarrow k_{2\text{суст.}} = \rho g \frac{S_2}{S_1} (S_1 + S_2). \text{ Тоді півперіод коливань}$$

$$\frac{T}{2} = \pi \sqrt{\frac{m}{k_1}} \quad \text{і} \quad \frac{T}{2} = \pi \sqrt{\frac{m}{k_2}} \text{ визначається масою і } k \text{ системи, коли рідина}$$

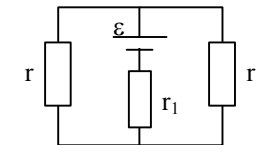
перебуває вище в лівому коліні і відповідно у правому. Отже,

$$T = \pi \sqrt{m \left( \frac{1}{\sqrt{k_1}} + \frac{1}{\sqrt{k_2}} \right)} = \pi \sqrt{\frac{m}{\rho g} \frac{(S_1 + S_2)}{S_1 S_2}}.$$

3. Зобразимо еквівалентну схему. Значення

$$r = \frac{\pi l \rho}{2s}, \quad r_1 = \frac{l \rho}{s}, \text{ де } l - \text{довжина перемички. ЕРС}$$

індукції у рухомому провіднику  $\varepsilon_i = Blv$ . Тоді





$$I = \frac{\varepsilon_i}{\frac{r}{2} + r_1} = \frac{Blv}{\frac{\pi \rho}{4s} + \frac{l\rho}{s}} = \frac{Bvs}{(\pi + 1)\rho}. \text{ Звідси } B = \frac{\rho I(\pi + 4)}{4vs}.$$

4. Максимальна швидкість руху вантажу буде тоді, коли момент сил, що діють на обід, зрівняються:  $2mgR \cos \alpha = mgR \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{3}$  ( $\alpha$  - кут повороту).

За цей час вантаж підніметься на висоту  $h=S$ , де  $S$  - довжина нитки, що намоталася на обід:  $S = R\alpha = h = \frac{\pi R}{3}$ . Зміна енергії

$$\Delta W_{\text{кін}} = \frac{mv^2}{2} + \frac{2mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2}, \Delta W_{\text{ном.}} = mgh = mgR\alpha, \Delta W_{\text{2ном.}} = 2mgR \sin \alpha.$$

$$W_{\text{кін.}} + \Delta W_{\text{1ном.}} = \Delta W_{\text{2ном.}} \Rightarrow 2mv^2 = (2 \sin \alpha - \alpha)mgR. \text{ Звідси}$$

$$v = \sqrt{0,5 \left( \sqrt{3} - \frac{\pi}{3} \right) gR} = 0,59 \sqrt{gR}.$$

5. Електрони перестануть потрапляти на кулю, якщо  $\frac{mv^2}{2} \leq e\varphi$ , де  $\varphi$  -

потенціал сфери:  $\varphi = k \frac{Ne}{R}$ . Підставимо значення потенціалу:  $\frac{mv^2}{2} = k \frac{Ne^2}{R}$ .

Звідси кількість електронів, що потрапляє на кулю  $N = \frac{mv^2 R}{2ke^2}$  (1).

Згідно закону збереження енергії для початкового і кінцевого станів системи:

$$N \frac{mv^2}{2} = \frac{1}{2} q\varphi + Q \quad (2). \text{ Кінетична енергія електронів (на нескінченості}$$

взаємодією електронів знехтуємо) перетворюється в енергію електричного поля зарядженої кулі й внутрішню енергію кулі. З (2), враховуючи (1):

$$\Delta T = \frac{Q}{C_k} = \frac{N \frac{mv^2}{2} - \frac{1}{2} Nek \frac{Ne}{R}}{C_k} = \frac{R}{2kC_k} \left( \frac{mv^2}{2e} \right)^2 = \frac{\pi \varepsilon_0 R}{2C} \left( \frac{mv^2}{e} \right)^2.$$

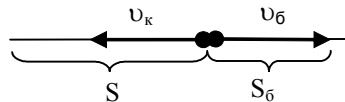
м.Рівне, листопад 2004 р.

7 клас

$$1. \text{ Тіло відліку - річка: } t_1 = \frac{S_0}{v_k}; t_2 = \frac{S_0 + S_{\bar{o}}}{v_k} = \frac{S_0 + v_{\bar{o}}t_1 + v_{\bar{o}}t_2}{v_k}.$$

$$t_2 - \frac{v_{\bar{o}}t_2}{v_k} = \frac{S_0 + v_{\bar{o}}t_1}{v_k}, \text{ звідки } t_2 = \frac{v_k + v_{\bar{o}}}{v_k - v_{\bar{o}}} t_1.$$

$$t = t_1 + t_2 = \frac{2S_0}{v_k - v_{\bar{o}}}.$$



2. За час  $t$  шлях, пройдений спортсменами  $S_1 = v_1 t$ ;  $S_2 = v_2 t$ .

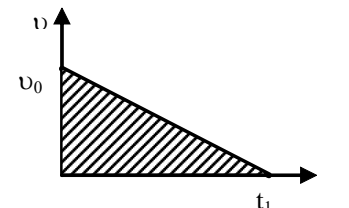
З іншого боку  $S_1 = nl$ ;  $S_2 = ml$ , де  $l$  - довжина колової доріжки,  $n, m$  - кількість кругів, пройдених першим та другим спортсменами відповідно.

Прирівнявши, отримаємо:  $nl = v_1 t$ ,  $ml = v_2 t$ , звідки  $\frac{n}{m} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{6,5}{4,5} = \frac{13}{9}$ .

Зважаючи на те, що 13 - число просте, перша зустріч спортсменів відбудеться, коли перший спортсмен подолає 13 кругів, другий - 9 кругів відповідно.

3. Шлях, пройдений першим автомобілем за час  $t_1$ , чисельно дорівнює площі заштрихованого

трикутника:  $S_1 = \frac{1}{2} v_0 t_1$ .



Шлях, пройдений другим автомобілем  $S_2 = v_2 t_1$ . З умови задачі  $S_1 = S_2$ , звідки  $v_0 = 2v_2 = 40$  м/с.

4. - Налити по вінця в склянку рідини і зважити на терезах ( $m_1$ ).

- Опустити в склянку гирку масою  $m$  якомога більшого об'єму. Зважити склянку на терезах ( $m_2$ ).

- Визначити масу витісненої рідини  $m_p = m_1 - (m_2 - m)$ .

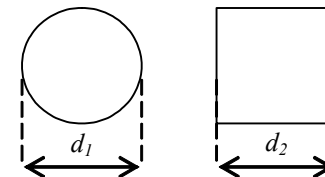
- Визначити об'єм витісненої рідини  $V_p = V = \frac{m}{\rho}$ , де  $\rho$  - густина латуні.

- Визначити густину рідини  $\rho_p = \frac{m_p}{V_p}$ .

$$5. v_2 = 1,5v_1; v_c = \frac{S_1 + S_2}{t_1 + t_2} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2} = \frac{3}{2,5}v_1. v_1 = 36 \text{ км/год}, v_2 = 54 \text{ км/год}.$$

8 клас

3. Обмін теплом між водою та навколишнім середовищем відбувається через бокові стінки і торці посудини. Торці обох посудин однакові згідно умови задачі. Бокові ж поверхні неоднакові: у циліндричній діжки площа бокової поверхні менша, тому така посудина втрачає менше тепла. З умови рівності площ



дна:  $\frac{\pi d_1^2}{4} = d_2^2$ ,  $d_2 = d_1 \sqrt{\frac{\pi}{4}}$ . Площа бокової поверхні циліндричної

посудини  $S_1 = \pi d_1 h$ . Площа бокової поверхні квадратної посудини

$S_2 = 4d_2h = 4hd_1\sqrt{\frac{\pi}{4}} = d_1h\sqrt{4\pi}$ .  $S_1 < S_2$ . Відповідь: У господаря з посудиною у формі діжки.

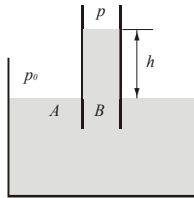
4. Один з можливих розв'язків такий: Підвісити рибу на ліву чашку і зрівноважити терези, поклавши на праву чашку гирі масою  $m_1$ . З рівноваги терезів (важеля)  $m_p g l_1 = m_1 g l_2$ , де  $l_1$  і  $l_2$  - довжини плеч терезів-важеля, довжина яких є невідомою. Покласти на ліву чашку гирю масою  $m_2$  і знову зрівноважити терези, поклавши на праву чашку гирю масою  $m_3$ . Рівновага за цих умов запишеться так:  $(m_p + m_2) g l_1 = (m_1 + m_3) g l_2$ . Поділивши рівності

одна на одну, отримаємо:  $\frac{m_p}{m_p + m_2} = \frac{m_1}{m_1 + m_3}$ , звідки  $m_p = \frac{m_1 m_2}{m_3}$ .

5. У статичному стані тиски у точках А і В рівні за законом сполучених посудин:  $p_A = p_B$ .  $p_A = p_0 = 10^5 \text{ Па}$  - нормальний атмосферний тиск.  $p_B = p_1 + \rho g h$  (тиск у точці В створюється зовнішнім тиском  $p_1$ , що передається за законом Паскаля й власним тиском рідини). Тоді  $p_0 = p_1 + \rho g h$ . Звідси висота підйому води  $h$  при створенні в шлангу розрідження  $p_1$

визначиться як  $h = \frac{p_0 - p_1}{\rho g} = 5 \text{ м}$ . Якщо тепер шланг

зігнути так, щоб один кінець перебував в посудині, а другий знаходився нижче рівня води в посудині (сифон), то зможемо викачати всю воду з посудини.

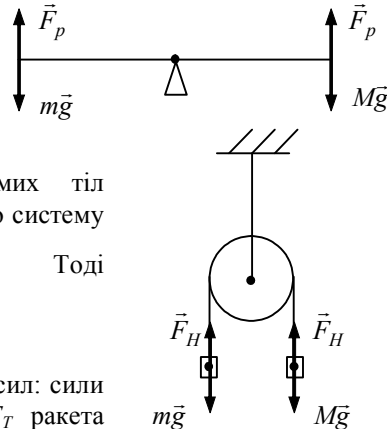


#### 9 клас

2. На кульки діють сили тяжіння і сили реакції опори. Ситуація у цій задачі аналогічна руху зв'язаних тіл ниткою, перекинutoю через блок. За цих умов сила тиску на вісь важеля дорівнює силі тиску на вісь блока. Тобто  $F_T = 2F_H$ . З другого закону Ньютона для рухомих тіл  $F_H - mg = ma$  і  $Mg - F_H = Ma$ . Розв'язуючи цю систему рівнянь, одержимо:  $F_H = \frac{2Mmg}{M + m}$ . Тоді

$$F_T = 2F_H = \frac{4Mmg}{M + m}.$$

3. Рух ракети відбувається під дією двох сил: сили тяги  $F_T$  і сили тяжіння. Під дією  $F_T$  ракета рухається з прискоренням  $a = \frac{F_T}{m}$ , проходить



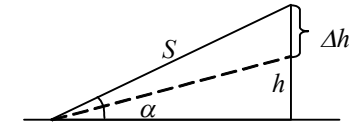
шлях  $S = \frac{at^2}{2}$  і повинна бути на висоті

$H = S \sin \alpha = \frac{F_T t^2}{2m} \sin \alpha$ . За цей же час під дією сили тяжіння ракета опуститься на

$\Delta h = \frac{gt^2}{2}$ . Тоді висота, на якій знаходитиметься ракета, визначатиметься з

співвідношення  $h = H - \Delta h$ .  $h = \frac{F_T t^2}{2m} \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$ .

5. На посудину з трубкою в момент відриву від опори (зникає сила реакції) діють: сила тяжіння (вниз) та сила тиску на дно посудини (вгору). Умова рівноваги має вигляд:  $mg = p(S - S_0) = \rho g H(S - S_0)$ , звідки  $H = \frac{m}{\rho(S - S_0)}$ .

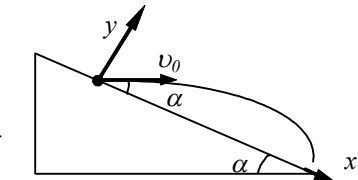


#### 10 клас

1. Вибираємо систему відліку пов'язану з похилою площиною. Тоді в даній системі відліку відносно осі ОУ тіло матиме початкову швидкість  $v_{OY} = v_0 \sin \alpha$  і рухатиметься з прискоренням  $g_y = g \cos \alpha$ . У найвищій

точці траєкторії  $v_y = 0$ . Тоді  $h = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{-2g_y}$ ,

$$h = \frac{v_{0y}^2}{2g_y} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g \cos \alpha} = \frac{v_0^2}{2g} \tan \alpha \cdot \sin \alpha. \quad h = 7,1 \text{ м}.$$



2. Середня кінетична енергія руху молекул

$E = \frac{mv^2}{2}$ . Ця енергія не повинна перевищувати її потенціальної енергії у

гравітаційному полі:  $\frac{mv^2}{2} \leq G \frac{Mm}{r}$  або  $\frac{v^2}{2} \leq \frac{GM}{r}$  (1), де  $r$  - радіус планети.

Враховуючи, що  $\frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2} kT$ , одержимо  $v^2 = \frac{3kT}{m}$ . Оскільки маса

молекули  $m = \frac{\mu}{N_A}$ , де  $\mu$  - молярна маса, одержимо  $v^2 = \frac{3kN_A T}{\mu} = \frac{3RT}{\mu}$ .

Враховуючи, що маса планети  $M = \rho V = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho$ , рівняння (1) прийме

вигляд:  $\frac{3RT}{2\mu} \leq \frac{G \frac{4}{3} \pi r^3}{r}$ . Звідси  $r = \sqrt{\frac{9}{8} \frac{RT}{G \rho \mu}} = 9 \cdot 10^5 \text{ м}$ .

4. Тиск  $p$  всередині склянки в обох випадках однаковий. Для першого випадку умова рівноваги:  $mg + p_0 S = p_{нов} S$ , причому  $p_{нов} = p_0 + \rho g h$ , де  $h$  – висота від поверхні води в посудині до рівня її в склянці. Тоді  $mg = \rho g h S$ .

У другому випадку глибина занурення з умови рівноваги повинна бути такою ж:  $mg + p_0 S = p_{сум} S$ , причому  $p_{сум} = p_0 + \rho g h$ . Враховуючи, що  $p_{сум} = p_{2нов} + p_{нас.парів} = p_{2нов} + p_0$ , одержимо:  $p_{2нов} - p_0 = \rho g h$ . Застосуємо об'єднаний закон газів:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{(p_0 + \rho g h) h S}{T_1} = \frac{\rho g h (h + \Delta h) S}{T_2}.$$

$$\text{Враховуючи, що } mg = \rho g h S, \text{ одержимо: } \Delta h = \left( p_0 + \frac{mg}{S} \right) \frac{T_2}{\rho g T_1} - \frac{m}{\rho S} = \frac{1}{\rho g} \left[ \left( p_0 + \frac{mg}{S} \right) \frac{T_2}{T_1} - \frac{mg}{S} \right].$$

### 11 клас

1. Накреслимо графік залежності  $p$  від  $V$  для даного процесу. На ділянці 1-2 тиск змінюється за законом  $p = \alpha \sqrt{T}$ ,

де  $\alpha$  – деяка стала. Виразимо

температуру газу через тиск:  $T = \frac{p^2}{\alpha^2}$

і підставимо в рівняння Менделєєва-Клапейрона  $pV = RT$ . Отримаємо

$$p = \frac{\alpha^2}{R} V.$$

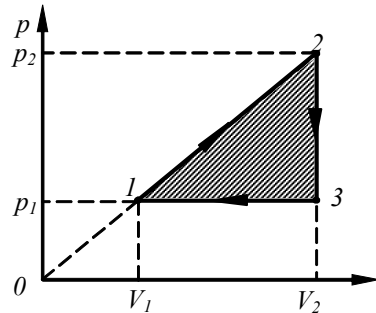
На цій ділянці газ виконує додатню роботу. Процес 2-3 – ізохорний, під час цього процесу робота дорівнює нулю. В ізобарному процесі 3-1 робота виконувалась над газом, тобто газ виконував від'ємну роботу. Таким чином, повна робота газу рівна площі трикутника 1 2 3:

$$A = \frac{p_2 - p_1}{2} (V_2 - V_1).$$

$$\text{Так як } V_2 = \frac{RT_2}{p_2}, \quad V_1 = \frac{RT_1}{p_1}, \text{ отримаємо } A = \frac{p_2 - p_1}{2} \left( \frac{T_2}{p_2} - \frac{T_1}{p_1} \right) R.$$

2. Під час руху санок поверхнею, посипаною піском, діє сила тертя, яка змінюється за значенням від 0 до  $F_{m,max} = \mu mg$ . Сила тертя, коли на поверхні, посипаній піском, знаходиться довжина санок  $x$ , дорівнює:

$$F_m = \mu \frac{mg}{l} x, \text{ де } l - \text{загальна довжина санок. Прискорення руху санок у цей}$$



момент  $a = -\frac{F_T}{m} = -\frac{\mu g}{l} x$ . Аналізуючи рівняння, бачимо, що прискорення

прямо пропорційне переміщенню і обернене йому за напрямком. За таким же законом змінюється координата при коливальному русі. Оскільки швидкість руху санок змінюється від максимального значення до нуля, то час цієї зміни відповідає одній четвертій періоду коливального руху.

Враховуючи, що  $\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{l}}$ , а  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ , одержимо:

$$t_{зальм.} = \frac{1}{4} T = \frac{\pi}{2\omega} = 0,5\pi \sqrt{\frac{l}{\mu g}}.$$

За аналогією з рівнянням руху тіла під час гармонічних коливань з амплітудою  $l/2$ , запишемо рівняння руху санок:

$$x = \frac{l}{2} \sin \omega t = \frac{l}{2} \sin \sqrt{\frac{\mu g}{l}} t.$$

Враховуючи, що  $v = x'$ , одержимо:

$$v = \frac{l}{2} \sqrt{\frac{\mu g}{l}} \cdot \cos \left( \sqrt{\frac{\mu g}{l}} t \right).$$

Початкова швидкість санок відповідає моменту часу  $t = 0$ , тобто відповідає амплітудному значенню швидкості під час коливального руху:  $v_0 = \frac{l}{2} \sqrt{\frac{\mu g}{l}} = 0,5\sqrt{\mu g l}$ . Це співвідношення можна також одержати із закону збереження енергії, вважаючи, що квазіпружність системи  $k = \frac{\mu mg}{l}$ . Тоді з рівності  $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$ , одержимо:  $mv_0^2 = \frac{\mu mg}{l} x_0^2$ .

Звідси, враховуючи що  $x_0 = \frac{l}{2}$ , одержимо:  $v_0 = 0,5\sqrt{\mu g l}$ .

4. У будь-який момент часу, коли у вертикальній частині трубки знаходиться мотузка, довжина якої  $x$  від коліна, прискорення руху мотузки

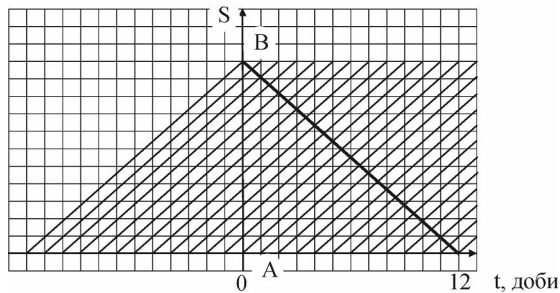
$$a = -\frac{m_1 g}{m} = -\frac{mg}{lm} = -\frac{g}{l} x.$$

Як бачимо, прискорення руху мотузки прямо пропорційне довжині, яка знаходиться у вертикальній трубці, і обернене за напрямком. За аналогією з коливальним рухом, мотузка залишить

вертикальну частину трубки за четвертину періоду. Тобто,  $t = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{l}{g}}$ .

7 клас

1. Задачу доцільно розв'язати графічно. Розглянемо, скільки теплоходів зустріне теплохід, який вийшов з порту В. З першим він зустріне в порту В, з останнім в порту А. В дорозі він зустріне 23 теплоходи.



2. Густина монети  $\rho = \frac{m}{V}$ , де  $m$  – маса монети,  $V$  – об'єм.  $V = V_3 + V_c$ .

$$V_3 = \frac{0,9m}{\rho_3}; V_c = \frac{0,1m}{\rho_c}. \text{ Отже, } \rho = \frac{m}{\frac{0,9m}{\rho_3} + \frac{0,1m}{\rho_c}} = \frac{\rho_c \rho_3}{0,9\rho_c + 0,1\rho_3}.$$

3. Час руху поїзда мостом  $t = \frac{100m + 200m}{20m/c} = 15c$ . Швидкість хлопчика повинна бути не меншою, ніж  $v = \frac{100}{15} = \frac{20}{3}$  м/с.

4. Така ситуація можлива, коли автомобілі рухаються по колах різних радіусів. Оскільки  $v_2 = 2v_1$ , то  $R_2 = 2R_1$ .

5. Оскільки маса цеглини велика, час дії молотка на цеглину малий, то швидкість цеглини внаслідок інертності зміниться на невелику величину і людина болю не відчує.

8 клас

1. Літаки рухаються один відносно одного із швидкістю  $v = v_1 + v_2 = 400 \frac{m}{c}$ .

Інтервал часу між двома пострілами  $t = \frac{1}{900}xv = \frac{1}{15}c$ . Відстань між кульовими отворами повинна бути рівною відносному переміщенню другого літака за цей час:  $S = v \cdot t = \frac{400}{15} \approx 27m$ .

2. У другому випадку поверхневий шар краплини майже вмить випаровується, утворюючи в місці дотику із сковорідкою газовий прошарок, що значно послаблює підведення тепла до краплини. Тому така крапля ще певний час “житиме” на сковорідці.

9 клас

1. Кількість теплоти, яка потрібна для плавлення 1 кг льоду  $Q_1 = m_1\lambda = 0,34 \cdot 10^6$  Дж. Кількість теплоти, яка виділяється під час конденсації пари  $Q_2 = m_2L = 0,23 \cdot 10^6$  Дж. Кількість теплоти, яка виділяється під час охолодження води, утвореної з пари від  $100^\circ\text{C}$  до  $0^\circ\text{C}$   $Q_3 = m_2c\Delta t = 0,042 \cdot 10^6$  Дж.  $Q_2 + Q_3 = 0,272 \cdot 10^6$  Дж. Оскільки  $Q_1 < Q_2 + Q_3$ , то після встановлення теплової рівноваги в посудині буде лід і вода при  $0^\circ\text{C}$ . Розтане маса льоду  $m = \frac{Q_2 + Q_3}{\lambda} = 0,8$  кг.

2. Відстань між станціями  $S = v_c \cdot t_1 = 24$  км. Шлях розгону та гальмування  $S_1 = S_2 = \frac{v}{2} \cdot t_2$ , де  $v$  – швидкість, до якої розганяється поїзд,  $t_2 = 2$  хв. Шлях рівномірного руху  $S_3 = vt$ ,  $t = 16$  хв. Отже,  $S = \frac{v}{2} \cdot t_2 \cdot 2 + v \cdot t$ . Звідси  $v = \frac{S}{t_2 + t} = 80$  км/год.

3. Після під'єднання проводів кільце можна розглядати, як два паралельно з'єднані опори  $R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ . Опір всього дроту  $R_1 + R_2$ . Згідно умови задачі  $4,5 \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = R_1 + R_2$ . Звідси  $(R_1 + R_2)^2 = 4,5R_1R_2$ ;  $1 + \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 - 2,5\left(\frac{R_2}{R_1}\right) = 0$ .

Розв'язавши квадратне рівняння, отримаємо, що  $\frac{R_2}{R_1} = 2$ , а отже і  $\frac{l_2}{l_1} = 2$ .

4. Обидві кулі будуть рухатись з прискоренням до тих пір поки сила тяжіння і сила опору зрівняються:  $mg = kv^2$ . Надалі рух куль буде рівномірним. Опір повітря пропорційний квадрату швидкості, отже швидкість кулі більшої маси буде більшою, а значить вона впаде раніше.

5. На кулю діє архімедова сила  $F_A = 0,8H$ .  $F_A = \rho_a g V_k$ . Об'єм алюмінію  $V_a = \frac{F_{нов.}}{\rho_a g}$ . Тоді об'єм порожнини  $V = \frac{F_A}{\rho_a g} - \frac{F_{нов.}}{\rho_a g}$ .  $V \approx 6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 6 \text{ см}^3$ .

10 клас

1. Висихання білизни відбуватиметься швидше. Оскільки температура на вулиці нижча, ніж на кухні, то пара, що утворюється при висиханні білизни, за високої температури чинитиме більший тиск (парціальний), ніж пара на вулиці (тиск насиченої пари дуже швидко збільшується із зростанням

температури). Тому, при відкриванні квартирки пара буде виходити з кухні, що пришвидшить висихання білизни.

### 11 клас

1. Заряд однаковий. Кількість теплоти більша при швидкому русі магніту.

Індукційний струм у котушці  $I = -\frac{1}{R} \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ , де  $R$  – опір котушки. За час  $\Delta t$

через котушку проходить заряд  $\Delta q = I \cdot \Delta t = -\frac{\Delta\Phi}{R}$ . Увесь заряд, який пройде

по колу  $q = -\frac{\Phi}{R}$ , де  $\Phi$  – кінцеве значення магнітного потоку (початкове рівне нулю). Отже,  $q$  не залежить від швидкості процесу. Кількість теплоти  $Q$  рівна роботі сторонніх сил  $Q = q \cdot \mathcal{E}_i$ . Оскільки  $\mathcal{E}_i$  пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, то при швидкому русі магніту  $Q$  більше.

### м.Рівне, листопад 2005 р., І тур

#### 7 клас

1. Задачу доречно розв'язати графічним методом.

Шлях, пройдений “Мерседесом”  $S_1 = \frac{1}{2} v_1 \cdot t_1$

рівний площі трикутника. Шлях, пройдений патрульним авто  $S_2 = v_2 \cdot t_2$ . Оскільки  $S_1 = S_2$ , то

$$\frac{1}{2} v_1 t_1 = v_2 t_2 \text{ звідки } v_2 = \frac{v_1 t_1}{2 t_2}.$$

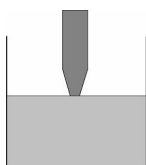
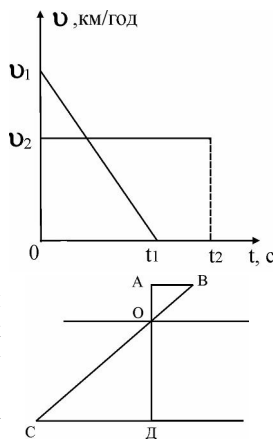
2. Розв'язок задачі зрозумілий з рисунка.

В початковий момент хлопчики знаходяться один навпроти одного (т. О, т. Д). Потім перший хлопчик перпендикулярно до річки відходить на певну відстань (т. А) і, повернувши на  $90^\circ$ , проходить таку ж відстань в паралельному до річки напрямку (т. В). Після цього 2-ий хлопчик відходить вздовж річки в протилежному напрямку до тих пір, поки початкове (т. О) і кінцеве положення (т. В) першого хлопчика не виявиться на одній прямій (т. С).

З подібності трикутників ОАВ та ОДС випливає, що  $CD=DO$ . Таким чином, вимірявши  $CD$ , дізнаємось ширину річки.

3. Оскільки відро має циліндричну форму, то для того, щоб розділити його вміст навпіл необхідно обережно нахилити відро, відливаючи молоко, аж поки не стане видно дно.

4. Можна за умови, що відро заповнене олією, а пляшка водою. Зважаючи, що густина води більша від густини олії, вода буде опускатись вниз, а її місце займатиме олія.



5. І-й випадок  $v_I = v_1 + v_2$ ;  $v_I = \frac{S_I}{t_I} = 1,6 \frac{M}{c}$ .

ІІ-й випадок  $v_{II} = v_1 - v_2$ ;  $v_{II} = \frac{S_{II}}{t_{II}} = 0,6 \frac{M}{c}$ .  $v_I - v_{II} = 1 \frac{M}{c}$ .

$v_1 + v_2 - (v_1 - v_2) = 1$ ;  $2v_2 = 1$ ;  $v_2 = 0,5 \frac{M}{c}$ ;  $v_1 = 1,1 \frac{M}{c}$ .

### 8 клас

1. При нерівномірному нагріванні посудини в ній виникають конвекційні потоки, які біля дна спрямовані від холодної стінки до теплої. Ці потоки переносять бруд, що осідає на дно, до більш нагрітої стінки. Зимою, очевидно, стінка, повернена до кімнати, тепліша, ніж повернена до вікна. Отже, дослід проводився зимою.

2. Умова рівноваги системи, зображеної на малюнку в повітрі:

$$T_1 + F_{A1} = m_c g \quad (1). \quad T_2 + F_{A2} = m_a g \quad (2).$$

Умова рівноваги терезів:  $T_1 l_1 = T_2 l_2 \quad (3).$

$$m_c = \rho_c V_c g; \quad m_a = \rho_a V_a g; \quad F_{A1} = \rho_0 V_c g; \quad F_{A2} = \rho_0 V_a g.$$

З рівнянь (1)–(3) маємо:

$$(\rho_c - \rho_n) V_c l_1 = (\rho_a - \rho_n) V_a l_2 \quad (4), \text{ де}$$

$\rho_c$  – густина свинцю,  $\rho_a$  – алюмінію,  $\rho_n$  – повітря. Якщо система знаходиться у вакуумі:  $T_3 = m_a g \quad (5); \quad T_4 = m_c g \quad (6); \quad T_3 l_1 = T_4 l_2 \quad (7).$  З рівнянь (5) – (7)

отримаємо:  $\rho_a V_a l_1 = \rho_c V_c l_2 \quad (8).$  З рівнянь (4) та (8):

$$l_1^2 (\rho_c - \rho_n) \rho_a = l_2^2 (\rho_a - \rho_n) \rho_c. \text{ Звідси } \frac{l_1}{l_2} = \sqrt{\frac{(\rho_a - \rho_n) \rho_c}{(\rho_c - \rho_n) \rho_a}} = 0,9998.$$

$l_1$  відрізняється від  $l_2$  на 0,02%.

3. Рівновага не порушиться. При «зависанні» в повітрі папуга відкидає повітря вниз, щоб створити підйомну силу, яка підтримує його в повітрі. При цьому повітря, яке відкидається вниз, буде створювати додатковий тиск на дно ящика і середнє значення сили цього тиску буде рівне силі тяжіння, що діє на папугу.

4. Визначимо, на скільки нагріється краплина води  $\Delta t_k$ , падаючи з висоти 4,2 м за умови, що вся її потенціальна енергія  $mgh$  перетвориться у внутрішню  $c_m \Delta t_k$  без тепловіддачі іншим тілам:  $mgh = c_m \Delta t_k$ . Звідси

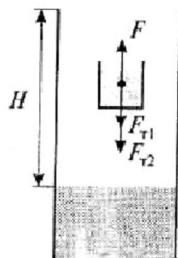
$$\Delta t_k = \frac{gh}{c_g} = 0,01^\circ C. \text{ Це означає, що при падінні краплі у калориметр система}$$

крапля-калориметр нагрівається на  $\Delta t < 0,01^\circ\text{C}$ , тобто зафіксувати падіння краплі неможливо.

5. Сила, яку прикладають при підніманні відра, визначається з умови рівномірності піднімання

$F = F_{T_1} + F_{T_2} = mg + \rho_v g V_{\text{біжуче}}$ . Її значення у нижній точці – максимальне, у верхній – мінімальне  $F_{\text{max}} = mg + \rho g V$ ,  $F_{\text{min}} = mg + \alpha \rho g V$ . Оскільки вода витікає рівномірно, відро піднімається рівномірно, роботу розраховують через середню силу:

$$A = F_c H = \frac{F_{\text{max}} + F_{\text{min}}}{2} H = \left( m + \rho V \frac{1 + \alpha}{2} \right) g H \approx 2900 \text{ Дж}.$$



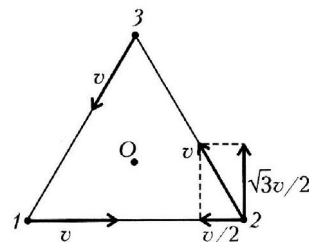
## 9 клас

1. Центр мас кулі, яка стоїть на підставці піднімається, а центр мас кулі, яка висить опускається, отже потенціальна енергія першої кулі збільшується, а другої зменшується. Тому кількість теплоти, яка підводиться до першої кулі йде на виконання роботи по підняттю центра мас, а значить її температура буде менша.

2. Розкладемо вектор швидкості равлика 2 на дві складові: одну в напрямку равлика 1, іншу – в перпендикулярному напрямку. Ці равлики наближаються з відносною швидкістю

$$v + \frac{v}{2} = \frac{3v}{2}.$$

$$t = \frac{2a}{3v} = 8 \text{ хв.}$$

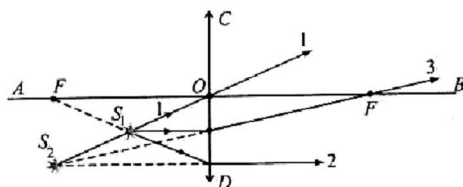


висновок, що і всі равлики зустрінуться через 8 хв.

3. Охолодження нижньої кулі викликає в ній посилену конденсацію пари. Це в свою чергу викликає випаровування води у верхній кулі. Випаровування води призводить до її охолодження. По мірі конденсації пари випаровування води у верхній кулі відбувається все швидше. В результаті цього температура води у верхній кулі знижується настільки, що вода замерзає.

4. Проведемо промінь 1 через

$S_2 S_1$ . Він перетне АВ в оптичному центрі лінзи О. Проведемо лінію лінзи CD як перпендикулярну до АВ. Проведемо промінь 3 паралельно АВ до лінзи. Після лінзи промінь заломлюватиметься так, що його продовження



пройде через  $S_2$ . Його перетин з АВ є фокусом лінзи (точка F). Отже, лінза збірна. Проведемо промінь 2 так, щоб він за лінзою йшов паралельно АВ, а його продовження через  $S_2$ , тоді його перетин з АВ дасть положення іншого фокуса.

5. Еквівалентна схема кола:

З міркувань симетрії резистори  $R_1$  та  $R_2$  можна викинути. Визначимо опір одиниці довжини провідника:

$$r = \frac{R_0}{3(2\pi l + 2l)} = \frac{R_0}{6l(\pi + 1)}, \text{ де } l -$$

радіус кола. Знайдемо опори  $R$  та  $R_3$ .

$$R = r \frac{\pi l}{2} = \frac{\pi R_0}{12(\pi + 1)}, \quad R_3 = 2rl = \frac{R_0}{3(\pi + 1)}.$$

$$\text{Тоді опір електричного кола } R_x = 2R + \frac{RR_3}{R + R_3} = R_0 \frac{2\pi(\pi + 6)}{12(\pi + 1)(\pi + 4)} = 0,67 \text{ Ом}.$$

## 10 клас

1. Розглянемо гору, яка має форму коробки з середньою густиною  $\rho$ , площею основи  $S$  і висотою  $h$ . Щоб розплавити шар її основи товщиною  $d$  і питомою теплою плавлення  $\lambda$  потрібна енергія  $\lambda \rho d S$ . Вся маса гори  $\rho h S$ , тому енергія, яка виділяється при опусканні на відстань  $d$  була б рівною  $\rho g h S d$ . Основа гори не буде плавитись під своєю вагою, якщо  $\rho \lambda d S > \rho g h S d$ ,

тобто  $h < \frac{\lambda}{g}$ . Підставивши відомі значення питомої теплоти плавлення

типових металів  $\left( (200 - 300) \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right)$ , можемо оцінити висоту гір як 20-30 км.

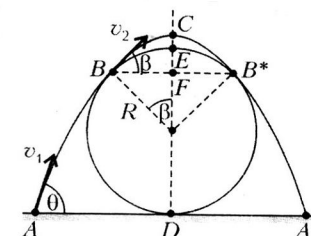
2. Траєкторія коника-стрибунця – парабола, яка торкається стовбура в

симетрично розміщених точках В і В\* на двох сторонах стовбура. Згідно малюнка  $v_2 \sin \beta = g t_2$ , де  $t_2$  - час руху на траєкторії ВС. Горизонтальне переміщення BF дорівнює  $v_2 t_2 \cos \beta$ . З цих двох рівнянь

$$v_2^2 = \frac{gR}{\cos \beta}.$$

Закон збереження енергії при польоті між точками А і В запишеться у

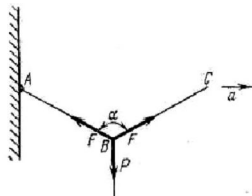
$$\text{вигляді: } \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + mg(R + R \cos \beta). \text{ Звідси } v_1^2 = 2gR \left( 1 + \cos \beta + \frac{1}{2 \cos \beta} \right).$$



Дослідивши на мінімум вираз в дужках отримаємо, що  $\beta = 45^\circ$ . Тоді

$$v_{\min} = \sqrt{2gR(1 + \sqrt{2})} \approx 2,2 \text{ м/с.}$$

3. Треба підвісити пляшку, попередньо наповнивши водою, до волосіні так, як показано на малюнку, а потім потягнути в напрямку стрілки а. Між силами  $F$  і  $P$  існує співвідношення  $P = 2F \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ , звідки



$$F = \frac{P}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{mg}{2 \cos \frac{\alpha}{2}}. \text{ Поступово натягуючи волосінь, ми збільшуємо кут } \alpha,$$

в результаті чого зростає сила натягу  $F$ . Вимірявши за допомогою транспортиру кут, при якому відбувається розрив волосіні, можна підрахувати допустиме навантаження.

4. У першому випадку  $I_2 = I_3$ , тоді:  $R_3 = \frac{U_{B1}}{I_2} = 40 \text{ Ом}$ .

$$U_1 = U_2 + U_3 = U_2 + U_{B1}, \text{ звідки } U_2 = U_1 - U_{B1}; R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{U_1 - U_{B1}}{I_2} = 60 \text{ Ом}.$$

У другому випадку  $U_{B2} = U_2 + U_{R2}$ , звідки  $U_{R2} = -U_2 + U_{B2}$ .

$$I_2 = \frac{U_{R2}}{R_2} = \frac{-U_2 + U_{B2}}{R_2} = I_{R1} = 0,75 \text{ А. } R_1 = \frac{U_2}{I_{R1}} = 20 \text{ Ом},$$

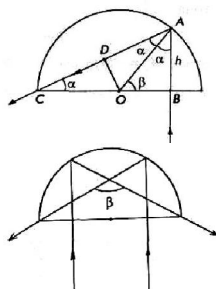
отже,  $R_1 = 20 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 60 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 40 \text{ Ом}$ .

5. 3  $\triangle OAB$ :  $h = R \cos \alpha$ . 3  $\triangle CBA$ :  $h = 2R \cos \alpha \sin \alpha$ .

$$2R \cos \alpha \sin \alpha = R \cos \alpha, \text{ звідки випливає, що } \sin \alpha = \frac{1}{2};$$

$\alpha = 30^\circ$ . Найбільший кут розходження променів

$$\beta = 4\alpha = 120^\circ.$$



## 11 клас

2. З допомогою транспортира визначаємо кут між стіною і закріпленим кінцем мотузки. Тоді сила натягу  $T = \frac{F}{\sin \alpha}$ . Сила тяжіння  $mg = T \cos \alpha$ ,

$$\text{звідки } m = \frac{F}{g \cdot \tan \alpha}.$$

3. Вважаємо, що центри мас відра і наливої в нього води співпадають з центрами відповідних циліндрів (відро циліндричної форми). Коли вода витікає, центр мас системи спочатку знижується, що приводить до збільшення періоду коливання, а потім, коли води залишається мало, центр

мас системи піднімається і знову досягне початкового положення, коли вода виллється. На протязі цього інтервалу часу період буде зменшуватись і досягне попереднього значення.

4. Випадок 1. (система рухається в полі тяжіння Землі)  $g_3 = g$ . Перейдемо в неінерціальну систему відліку, що рухається з прискоренням  $a=g$ . На кожну кульку діятимуть сили натягу ниток  $T$

і  $T_1$ , кулонівські сили  $F_k = k \frac{q^2}{l^2}$ , сили

тяжіння  $mg$  і сили інерції. Умова рівноваги кульки:

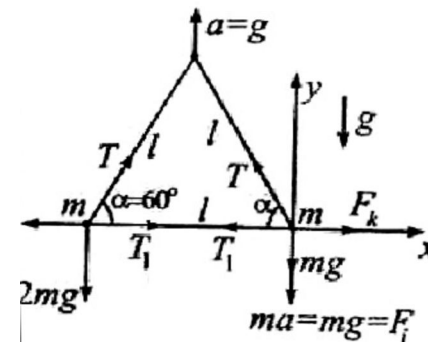
$$\text{ОУ: } T \sin \alpha = 2mg \quad (1).$$

$$\text{ОХ: } F_k = T_1 + T \cos \alpha \quad (2).$$

$$\text{З (1) отримаємо: } T = \frac{2mg}{\sin \alpha} \quad (3).$$

Підставимо (3) в (2):

$$T_1 = F_k - \frac{2mg}{\sin \alpha} \cos \alpha = k \frac{q^2}{l^2} - \frac{2mg}{\tan \alpha} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 l^2} - \frac{2mg}{\tan \alpha} = 0,11 \text{ Н}.$$



Випадок 2.  $g_3 = 0$  За відсутності поля тяжіння Землі задача розв'язується

аналогічно. Враховуючи відсутність сили тяжіння:  $T_1 = k \frac{q^2}{l^2} - \frac{mg}{\tan \alpha} = 0,17 \text{ Н}.$

5. Якщо для освітлення використовується імпульсна лампа, частота спалахів якої дорівнює числу обертів шпинделя, то деталь буде видно постійно в одному і тому ж положенні і її поверхню можна буде чітко роздивитися.

**м.Рівне, грудень 2006 р.**

## 7 клас

1. Спідометр автомобіля має дві складові частини: лічильник пройденого шляху (в км) та пристрій реєстрації миттєвої швидкості. Таким чином, для того щоб зупинитися рівно за годину, водію необхідно проїхати відстань 60 км із швидкістю 60 км/год.

2. Час руху космонавта чисельно рівний площі під графіком ( $\Delta t = \frac{\Delta x}{v}$ ). Після

нескладних обчислень отримуємо:  $t=28,5 \text{ с}$ .

4. Для визначення процентного вмісту інженеру потрібно виміряти:

а)  $m$  (масу) і  $V$  (об'єм) суміші; б)  $\rho_1$  і  $\rho_2$  - відповідно густину кукурудзи і гороху. (Для визначення  $\rho_1$  і  $\rho_2$  потрібно відібрати невелику кількість чистої кукурудзи і гороху й визначити  $\rho_1 = m_{10}/V_{10}$ ;  $\rho_2 = m_{20}/V_{20}$ ). Об'єм суміші у мішку дорівнює сумі об'ємів кукурудзи  $V_1$  і гороху  $V_2$ :  $V = V_1 + V_2$ . (1). Маса суміші  $m = m_1 + m_2 = \rho_1 V_1 + \rho_2 V_2$ . (2). Розв'яжемо систему рівнянь (1) і (2):

$$V_1 = \frac{m - \rho_2 V}{\rho_1 - \rho_2}; \quad V_2 = \frac{m - \rho_1 V}{\rho_2 - \rho_1}; \quad \alpha_1 = \frac{V_1}{V} = \frac{\frac{m}{V} - \rho_2}{\rho_1 - \rho_2}; \quad \alpha_2 = \frac{V_2}{V} = \frac{\frac{m}{V} - \rho_1}{\rho_2 - \rho_1}.$$

Якщо  $V \neq V_1 + V_2$ , інженеру потрібно розділити всю суміш.

5. Нехай  $u$  – швидкість хлопчика,  $v$  – швидкість ескалатора. Тоді в першому

випадку  $u + v = \frac{s}{t_1}$  (1), в другому  $2u + v = \frac{s}{t_2}$  (2). Час руху нерухомого

хлопчика на ескалаторі  $t_3 = \frac{s}{v}$ . Віднявши почленно від (2) (1), отримаємо

$u = \frac{s}{180}$  (3). Підставивши (3) в (1), отримаємо  $v = \frac{s}{90}$ . Тоді  $t_3 = 90 \text{ с} = 1,5 \text{ хв}$ .

### 8 клас

1. В початковий момент занурення в гарячий чай скляна колбочка термометра, в якій міститься термометрична рідина, нагрівається швидше від рідини. Внаслідок розширення скла об'єм порожнини збільшується і стовпчик термометра дещо опускається. Таке явище, звичайно, спостерігається за умови достатньо великих розмірів термометра.

2. Для розпалювання грубки потрібний постійний доступ кисню до дров, який забезпечується внаслідок явища конвекції при теплій грубці. Під час розпалювання холодної грубки конвективні потоки майже відсутні, крім того утворюється вуглекислий газ, який не підтримує горіння.

3.  $t \approx 9^\circ \text{C}$ . Розв'язком задачі буде розв'язок рівняння теплового балансу:

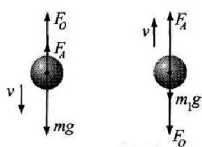
$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5$ , де  $Q_1 = c_l m_l (t_{nl} - t_l)$  – кількість теплоти, необхідна для нагрівання льоду до температури плавлення.  $Q_2 = \lambda m_l$  – кількість теплоти, необхідна для плавлення льоду.  $Q_3 = c_w m_l (t - t_{nl})$  – кількість теплоти, необхідна для нагрівання утвореної з льоду води.  $Q_4 = c_w m_w (t_w - t)$  – кількість теплоти, яку віддає вода в склянці, охолоджуючись.  $Q_5 = E = m_l g h$  – кількість теплоти, яку отримує вода в склянці, внаслідок перетворення механічної енергії у внутрішню при падінні льоду.

4. Законом Архімеда користуються тільки для нерухомої рідини (у рухомій рідині відбувається зміна статичного тиску в рідині залежно від швидкості її руху, а сила Архімеда – це сума сил статичного тиску, що діють на тіло).

Вважаймо, що кулька рухається так повільно, що можна користуватись законом Архімеда. Розглянемо умови рівномірного руху кульки. Сила опору кульки в обох випадках однакова тому, що форма, розміри і швидкість однакові:

$mg = F_A + F_{on}$  (1).  $F_A = m_l g + F_{on}$  (2). Розв'яжемо систему рівнянь (1) та (2):

$$mg - F_A = F_A - m_l g. \text{ Звідси } m_l = \frac{2F_A}{g} - m = 2\rho \frac{4}{3}\pi R^3 - m. \quad m_l = \frac{8\rho\pi R^3}{3} - m.$$



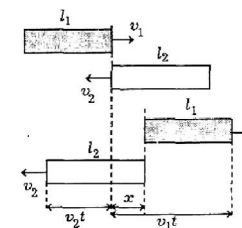
5. Відносна швидкість потягів  $v = v_1 + v_2$ .

Довжина вантажного потяга  $l_2 = vt = (v_1 + v_2)t$ .

Визначимо час  $t_1$ , за який потяги розминуться.

Відносно пасажирського потяга  $t_1 = \frac{l_1 + l_2}{v_1 + v_2}$ . 3

малюнка маємо  $x = -v_2 t_1 + l_2$  або  $x = v_1 t_1 - l_1$ .



### 9 клас

1. Оскільки рух води в струмені відбувається з прискоренням вільного падіння  $g$ , між швидкістю її витікання з крана та швидкістю, якою вода володіє на відстані  $h$  від крана існує простий зв'язок:  $v_2^2 - v_1^2 = 2gh$ .

З іншого боку, через переріз крана і переріз, зроблений поперек струменя на відстані  $h$  від крана за одиницю часу проходять однакові об'єми води:

$Q = \frac{\pi d_1^2}{4} v_1 = \frac{\pi d_2^2}{4} v_2$ , де  $d_1, d_2$  – діаметри струменя біля крана і на відстані  $h$  від нього відповідно. Знайшовши з останньої рівності  $v_2$  та підставивши її в попередній вираз, отримаємо:  $v_1^2 \left( \frac{d_1^4}{d_2^4} - 1 \right) = 2gh$ , звідки  $v_1 = d_2^2 \sqrt{\frac{2gh}{d_1^4 - d_2^4}}$ .

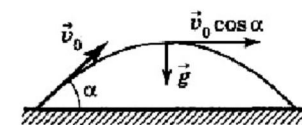
Після цього шукаємо кількість води, яка витікає з крана за одиницю часу

(витрати води):  $Q = \frac{\pi d_1^2}{4} v_1 = \frac{\pi d_1^2 d_2^2}{4} \sqrt{\frac{2gh}{d_1^4 - d_2^4}}$ . Таким чином, для визначення

витрат води достатньо виміряти  $d_1, d_2$  та  $h$ , для чого достатньо однієї лінійки.

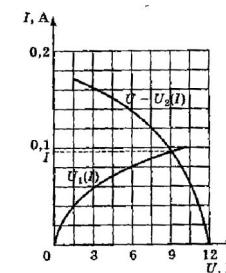
2.  $\frac{N_c}{N_d} = 3$ .

3. Нехай  $R$  – радіус кривизни траєкторії в верхній точці. Знаходимо  $R = \frac{(v_0 \cos \alpha)^2}{g}$ .



Прискорення птаха в верхній точці  $a = \frac{v_0^2}{R} = \frac{g}{\cos^2 \alpha}$ .

4. При послідовному з'єднанні лампочок через кожну з них проходить струм силою  $I$ . При цьому напруга  $U_1(I)$  на лампочці  $L_1$  і напруга  $U_2$  на лампочці  $L_2$  пов'язані співвідношенням  $U_1(I) = U - U_2(I)$ , де  $U$  – напруга джерела живлення. Точка перетину графіків залежностей  $U_1(I)$  та  $U - U_2(I)$  визначає напруги на лампочках та силу струму в них.  $I = 0,084 \text{ А}$ .



5. Позначимо площу горизонтального поперечного

перерізу шхуни через  $S$  (оскільки борти шхуни вважаються вертикальними, -

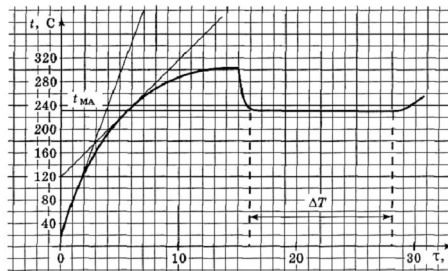


$S$  постійна), густину менш солоної води через  $\rho_n$ , більш солоної через  $\rho_c$ . Тоді в менш солоній воді  $m_n = \rho_n S h_n$ , в більш солоній  $m_c = \rho_c S h_c$ . Звідси  $\frac{\rho_c}{\rho_n} = \frac{m_c h_n}{m_n h_c} = \frac{1,26}{1,2} = 1,05$ . Далі, позначивши через  $V_n$ ,  $V_c$  об'єми води, які витісняються порожнім судном в менш солоному та більш солоному морях, отримаємо:  $m_0 = \rho_n V_n$ ,  $m_0 = \rho_c V_c$ ,  $\frac{V_c}{V_n} = \frac{\rho_n}{\rho_c}$ .  $V_n - V_c = S(h_c - h_n) = \frac{m_c}{\rho_c} - \frac{m_n}{\rho_n}$ .

$$m_0 = \left( \frac{m_c}{\rho_c} - \frac{m_n}{\rho_n} \right) \cdot \frac{\rho_c \rho_n}{\rho_c - \rho_n} = \frac{m_c - 1,05 m_n}{1,05 - 1} = 210 \text{ т.}$$

### 10 клас

1. З графіка залежності температури від часу випливає, що 80 г олова плавилась протягом 12 хв. Щоб знайти питому теплоту плавлення олова, необхідно визначити потужність, яка безпосередньо затримується на плавлення. На початку процесу нагрівання пічки, коли її температура була близькою до температури навколишнього середовища, можна знехтувати тепловіддачею в навколишній простір і вважати, що повна потужність електронагрівача витрачалась на нагрівання пічки. Швидкість зростання температури визначена за нахилом дотичної на початковій ділянці графіка складала в цьому випадку  $\approx 60 \text{ K/хв.}$  При температурі плавлення олова ( $t_{\text{пл}} = 232^\circ \text{C}$ ) швидкість зростання температури була рівною  $\approx 18 \text{ K/хв.}$ , тобто майже в 3 рази меншою. Це означає, що тепловіддача в навколишній простір при  $t = t_{\text{пл}}$  складала близько 66% від повної потужності нагрівача, а 34% потужності йшло на нагрівання печі. Така ж частка потужності нагрівача затримується на плавлення олова при  $t = t_{\text{пл}}$ . З цих даних можна визначити питому теплоту плавлення олова:  $\lambda = \frac{0,34 P_0 \Delta \tau}{m} = 61 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

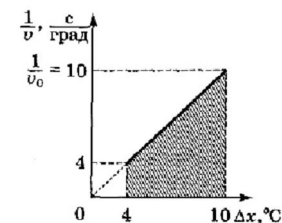


2. Задача розв'язується з використанням закону Бойля-Маріотта. Аквапаністу слід зануритись на дно, тримаючи мензурку отвором донизу, і подивитись, навпроти якої поділки встановиться рівень води, що ввійде в мензурку. За нормального атмосферного тиску  $p_0$  повітря в мензурці займало об'єм  $V_1 = lS$ , де  $l$  — висота, а  $S$  — площа поперечного перерізу мензурки. На дні озера тиск зростає до  $p = p_0 + \rho gh$ , де  $h$  — глибина озера,  $\rho$  — густина води,  $g$  — прискорення вільного падіння. Тому об'єм мензурки зменшиться до  $V_2 = xS$ ,

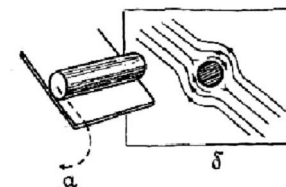
де  $x$  — висота повітряного стовпа в мензурці, коли вона знаходиться на дні озера. Вважаючи температуру і густину води на різних глибинах незмінними:  $p_0 l S = (p_0 + \rho gh)xS$ , звідки  $h = \frac{p_0(l-x)}{\rho gx}$ .

3.  $A = \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}} \left( m - \frac{P \mu a^3}{RT} \right) g a = 4 \text{ Дж}$  (потрібно враховувати виштовхувальну силу повітря).

4. Швидкість руху стовпчика ртуті пропорційна потужності, яка надходить до ртуті:  $v \sim P$ . В свою чергу  $N \sim \Delta T / \Delta x$ , де  $\Delta T$  — різниця температур між нагрівачем і ртуттю,  $\Delta x$  — відстань між нагрівачем і ртуттю, виражена в показках термометра, тобто  $\Delta x \sim (t_x - t)$ , де  $t$  — поточні покази термометра. Згідно умови задачі різниця температур лишається майже постійною. Тому  $v \sim 1 / \Delta x$ . Для знаходження шуканого часу побудуємо графік в координатах  $\Delta x$ ,  $1/v$ , де  $\Delta x$  — різниця між  $30^\circ \text{C}$  і температурою ртуті, а  $v$  — швидкість руху вершини стовпчика ртуті, виражена в градус/с. В таких позначеннях площа під графіком буде часом. Отже, шуканий час чисельно рівний заштрихованій площі і складає  $\tau = 42 \text{ с}$ .



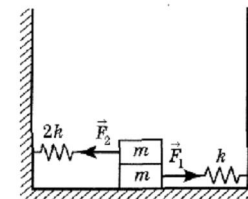
5. Форму траєкторії показано на мал.а. Вона зумовлена тим, що під час обертально-поступального руху циліндра моделюється картина, показана на мал.б. Вгорі повітряний потік спрямований проти напрямку обертального руху циліндра, внизу — співпадає з ним. Тому швидкість потоку вгорі відносно циліндра менша, а тиск більший, ніж внизу.



### 11 клас

1. У випадку, коли бруски знаходяться в рівновазі,  $F_1 = F_2$ , тобто  $k \Delta x_{01} = 2k \Delta x_{02}$ . Таким чином,  $\Delta x_{02} = 1 \text{ см}$ .

Система здійснює гармонічні коливання, отже, ковзання одного бруска по поверхні іншого немає. Оскільки загальна маса системи  $2m$ , а ефективна жорсткість пружини  $3k$ , рівняння руху буде мати вигляд:  $2ma = -3kx$ , де  $x$  — зміщення від положення рівноваги,  $a$  — прискорення системи. Для того, щоб верхній брусок рухався з прискоренням  $a$ , сила тертя  $F_{\text{тр}}$



повинна задовольняти рівняння:  $ma = -2k(x + \Delta x_{02}) + F_{Tp}$ , звідки

$$F_{Tp} = \frac{kx}{2} + 2k\Delta x_{02}. \text{ Оскільки сила тертя не може перевищувати величину}$$

$$\mu mg, \text{ то для максимальної амплітуди маємо: } \mu mg = \frac{kA}{2} + 2k\Delta x_{02}.$$

$$A = \frac{2(\mu mg - 2k\Delta x_{02})}{k} \approx 6 \text{ см}.$$

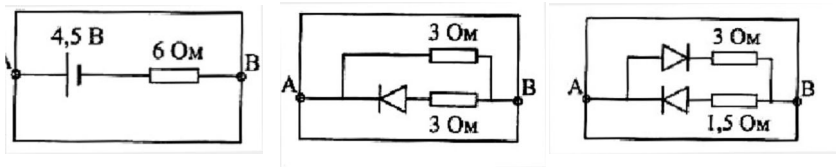
2. При увімкненому електричному полі рівняння руху краплі має вигляд (в проекціях на вісь  $x$ , спрямовану вертикально вниз):  $ma = mg + eE - kv$ , де  $e$  – заряд краплі,  $E < 0$  – напруженість електричного поля,  $k$  – коефіцієнт пропорційності між швидкістю  $v$  і силою опору,  $g$  – прискорення вільного падіння. Після вимикання поля ( $t > t_1$ ) рівняння руху набуде вигляду:  $ma = mg - kv$ . Максимальне прискорення  $a_1$  краплі досягається в момент  $t_1$ . Воно визначається з виразу  $ma_1 = mg - kv_1$ , де  $v_1$  – швидкість в момент  $t_1$ . Прискорення стане рівним нулю, коли сила опору зрівноважить силу

тяжіння, тобто  $mg = kv_\infty$ . Звідси  $a_1 = g \left( 1 - \frac{v_1}{v_\infty} \right)$ . Значення  $v_1$  і  $v_\infty$  знаходяться

з графіка:  $v_\infty$  пропорційна площі під всім графіком,  $v_1$  – під першою половиною графіка до точки  $t_1$ . Звідси  $v_1 / v_\infty = 14,5/34,5 = 0,42$ .

$$3. \mu = \frac{\sqrt{2} \sin \alpha - \sin \beta}{\sqrt{2} \cos \alpha + \cos \beta} = 0,089.$$

4. Можливі варіанти розв'язку:



5. Визначимо кількість зіткнень молекул газу зі стінкою:

$$z = \frac{1}{6} n \bar{v} t S = \frac{1}{6} \frac{N}{V} \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} St.$$

Тоді кількість зіткнень однієї частинки зі стінками:

$$z_1 = \frac{Z}{N} = \frac{1}{6\sqrt{V}} \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} t \approx 2,3 \cdot 10^3.$$

3 урахуванням розподілу Максвелла кількість зіткнень зі стінкою

$$\text{посудини } Z = \frac{1}{4} n \langle v \rangle St. \text{ Тоді } z_1 = \frac{Z}{N} = \frac{1}{4\sqrt{V}} \sqrt{\frac{8RT}{\mu}} t \approx 3,1 \cdot 10^3.$$

## РОЗВ'ЯЗКИ ЗАВДАНЬ П'ЯТАПУ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ

м.Рівне, січень 2002 р.

8 клас

1. При зануренні ареометра у воду  $mg = \rho_0 \left( \pi r_2^2 l + \pi r_1^2 \frac{l}{2} \right) g$ . Якщо ареометр

повністю занурюється в досліджувану рідину, то  $mg = \rho_{\min} \left( \pi r_2^2 l + \pi r_1^2 l \right) g$ .

Якщо верхній циліндр знаходиться над поверхнею рідини, то  $mg = \rho_{\max} \pi r_2^2 l \cdot g$ . Оскільки ліві частини виразів рівні, то прирівнявши праві

$$\text{частини, отримаємо: } \rho_0 \left( r_2^2 + \frac{r_1^2}{2} \right) = \rho_{\min} \left( r_2^2 + r_1^2 \right); \quad \rho_0 \left( r_2^2 + \frac{r_1^2}{2} \right) = \rho_{\max} r_2^2.$$

$$\text{Враховуючи, що } r_2 = 5r_1, \text{ отримаємо } \rho_{\min} = \frac{51}{52} \rho_0 \approx 981 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\rho_{\max} = \frac{51}{50} \rho_0 \approx 1020 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

2. Загальний опір даного кола  $\frac{(R_0 + R) \cdot R_0}{2R_0 + R} + R$ . Згідно з умовою він

повинен дорівнювати  $R_0$ . Після спрощень отримаємо квадратне рівняння  $R^2 + 2R_0R - R_0^2 = 0$ , звідки  $R = R_0(\sqrt{2} - 1)$ .

3. Для плавлення 1 кг льоду і нагрівання його до  $100^\circ\text{C}$  потрібна кількість теплоти  $Q_1 = m\lambda + mc_\ell \Delta t_1 = 7,6 \cdot 10^5 \text{ Дж}$ . При охолодженні пари до  $100^\circ\text{C}$  виділиться кількість теплоти  $Q_2 = mc_n \Delta t_2 = 11000 \text{ Дж}$ . При повній

конденсації пари виділиться кількість теплоти  $Q_3 = mL = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ .

Можна зробити висновок, що температура в посудині буде  $100^\circ\text{C}$ . При цьому весь лід розтане і вода нагріється до  $100^\circ\text{C}$ . Пара охолоне і деяка її частина

сконденсується. Маса сконденсованої пари  $m_1 = \frac{Q_1 - Q_2}{L} \approx 325 \text{ г}$ .

4. Якщо фігуристка обертається в ту ж сторону, що й фігурист, то вона робить 2,2 об/с, якщо в протилежну – 1,8 об/с.

5. Один з способів: спочатку за допомогою медичного шприца визначають об'єм дробу. Потім, наливши певний об'єм води і всипавши дріб, добиваються, щоб шприц плавав у склянці з водою і помічають рівень занурення шприца. Після цього наливають у шприц лише одну воду і добиваються, щоб він плавав, занурившись до того ж рівня. Різниця мас води

в другому і першому випадку дорівнює масі дробу. Тоді  $\rho = \frac{m}{V}$ .

## 9 клас

1. Шлях, який потяг пройшов під час розгону  $S_1 = \frac{0+v_p}{2}t_1$ , під час рівномірного руху  $S_2 = v_p t_2$ , під час гальмування  $S_3 = \frac{v_p+0}{2}t_3$ .

Тоді  $\frac{v_p}{2}t_1 + v_p t_2 + \frac{v_p}{2}t_3 = v_c t$ . Враховуючи, що  $t_1 + t_3 = t_{pe} = 4xv$ , отримаємо

$$v_p = \frac{2v_c t}{2t - t_{pe}} = 80 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

2. Оскільки  $I_{2002} = 10 \text{ мА}$ , то через  $V_{2002}$  і  $V_{2003}$  проходить струм 5 мА.

Знаючи напругу, що показує  $V_{2003}$ , знайдемо опір  $R = \frac{1,5B}{0,005A} = 300 \text{ Ом}$ .

Амперметр  $I_{2002}$  показує струм, який проходить через вольтметри  $V_{2002}$  і  $V_{2003}$ . Аналізуючи послідовно покази амперметрів, приходимо до висновку,

що амперметр  $I_1$  покаже струм, який проходить через всі вольтметри. Тому  $\sum U = R(I_{V1} + I_{V2} + \dots + I_{V2003}) = R \cdot I_1 = 30B$ .

3. Зобразимо на малюнку положення дзеркала на стіні так, щоб людина АВ могла бачити в дзеркалі всю стінку, яка знаходиться за її спиною. З подібності трикутників  $\frac{H}{h} = \frac{L+l}{l}$ . Тоді  $h = \frac{Hl}{L+l}$ .

4. Із закономірностей руху  $T - mg = ma$ ,  $2mg - T = 2ma$ .

Розв'язавши систему рівнянь, одержимо:  $T = \frac{4}{3}mg$ .

Оскільки  $F = Mg$  і  $F = 2T$ , то  $m = \frac{3}{8}M$ . Сила натягу шнура

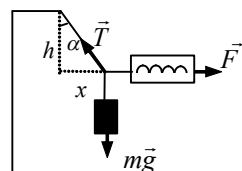
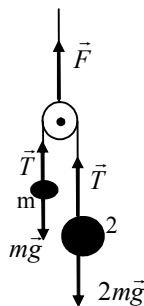
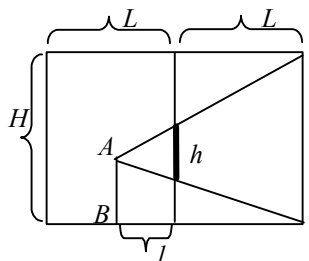
АВ відрізняється від  $2Mg$  за умови прискореного руху тягара М, причому, якщо тягар рухається вгору, то сила натягу шнура АВ більша  $2Mg$ , а при русі вниз менша  $2Mg$ .

5. Один з способів визначення маси зображено на малюнку.

Зачепаємо динамометр за нитку і прикладемо деяку силу  $F$ . Тоді  $F = T \sin \alpha$ ;  $mg = T \cos \alpha$ .

Поділивши перше рівняння на друге отримаємо

$$\frac{F}{mg} = \tan \alpha = \frac{x}{h}. \text{ Звідси } m = \frac{Fh}{xg}.$$

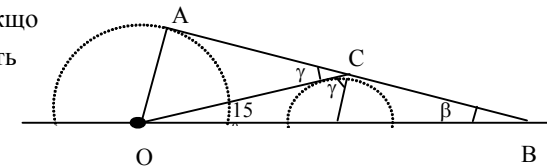


## 10 клас

1. Якщо людина буде пливти по озеру, то за час  $t$  вона може у воді досягти точок на колі радіуса  $v_0 t$ . Якщо

бігтиме берегом, то потрапить в точку В, відстань до якої  $v_0 t$ . Якщо частину часу

бігтиме, а частину плитиме, то вона зможе потрапити в



будь-яку точку на лінії АВ. З  $\triangle AOB$   $\sin \beta = \frac{v_0 t}{v_0 t} = \frac{1}{2}$ ,  $\beta = 30^\circ$ ,  $\gamma = 45^\circ$ .

З  $\triangle AOC$   $\frac{v_0 t}{v_q t} = \sin 45^\circ$ ,  $v_q = \frac{v_0}{\sin 45^\circ} = v_0 \sqrt{2} = 3\sqrt{2} \frac{\text{км}}{\text{год}}$ .

2. Початкова кінетична енергія електрона  $\frac{mv_{\min}^2}{2}$ . Траєкторією електрона буде парабола. Біля верхньої пластини проекція швидкості на вертикальну

вісь дорівнює 0, тому кінетична енергія електрона  $\frac{mv_x^2}{2} = \frac{m(v_{\min} \sin \alpha)^2}{2}$ .

Оскільки кінетична енергія електрона змінюється за рахунок роботи електричного поля конденсатора, то  $\frac{mv_{\min}^2}{2} - \frac{m(v_{\min} \sin \alpha)^2}{2} = eU$ . Звідси

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{2eU}{m(1 - \sin^2 \alpha)}} = 9,2 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

3. Припустимо, що вся вода випарувалась, і пара, що залишилась ненасичена.

Тоді  $p_1 = \frac{m_1 RT}{M_1 V_1}$ . Оскільки поршень в рівновазі, то тиск водяної пари і кисню

повинен бути однаковим  $p_1 = p_2$ , де  $p_2 = \frac{m_2 RT}{M_2 (V - V_1)}$ . Звідси знаходимо, що

$V_2 = \frac{m_2 RT}{M_2 p_n} \approx 1,93 \text{ л}$ . Підставляючи знайдений об'єм у формулу для

знаходження тиску пари, знаходимо, що він більший за тиск насиченої пари при  $100^\circ \text{C}$ . Отже, не вся вода випарувалась і пара в циліндрі буде насиченою, а її тиск становитиме  $10^5 \text{ Па}$ . Об'єм, який займає кисень за тиску

насиченої пари  $V_1 = V \frac{m_1 M_2}{m_1 M_2 + m_2 M_1} \approx 3 \text{ л}$ . Нехтуючи об'ємом води, яка не

випарувалась, робимо висновок, що поршень поділить циліндр у відношенні  $\frac{2,07}{1,93}$ .

4. Згідно з законом збереження імпульсу  $mv_1 = 2mv$ , звідки  $v = \frac{v_1}{2} = 1 \frac{m}{c}$ , де  $v$  - швидкість куль після взаємодії. Згідно з законом збереження енергії  $\frac{mv_1^2}{2} = \frac{2mv^2}{2} + Q$ . Тоді  $Q = \frac{m}{2}(v_1^2 - 2v^2) = 0,2 \text{ Дж}$ .

5. Дві посудини зрівноважуються на терезах. В одну з них капається  $N_1$  краплин води, а в іншу -  $N_2$  невідомої рідини доти, поки терези не зрівноважаться. При цьому  $m_1 N_1 = m_2 N_2$ , де  $m_1$  і  $m_2$ , відповідно маси однієї краплини води і невідомої рідини. При витіканні води з піпетки  $mg = \sigma l$ , де  $l$  - довжина отвору піпетки. З двох рівнянь можна записати співвідношення  $\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{N_2}{N_1}$ .

### 11 клас

1. Виходячи з того, що імпульс сили дорівнює зміні імпульсу тіла, одержимо: в горизонтальному напрямку  $mv_{\text{гор.}} = F_{\text{розб.}} t_1 + F_{\text{стр.}} t_2 = \mu mgt_1 + \mu Nt_2$ , де  $t_1$  - час розбігу,  $t_2$  - час відштовхування. У вертикальному напрямку  $mv_{\text{верт.}} = (N - mg)t_2$ . З цього рівняння  $Nt_2 = mv_{\text{верт.}} + mgt_2$ . Тоді

$mv_{\text{гор.}} = m\mu(v_{\text{верт.}} + gt)$ , де  $t = t_1 + t_2$ . Враховуючи, що  $v_{\text{верт.}} = \sqrt{2gh}$ ,

$t_0 = 2\sqrt{\frac{2h}{g}}$ , де  $t_0$  - час польоту, одержимо  $S = v_{\text{гор.}} t_0 = 2\mu\sqrt{\frac{2h}{g}}(\sqrt{2gh} + gt)$ .

2. При обертанні кільця в магнітному полі в ньому виникає ЕРС індукції  $E = BS_0\omega = B \cdot \pi r^2 \cdot \frac{2\pi}{T}$ , де  $B$ -індукція магнітного поля,  $S_0$ - площа кільця,  $r$ - радіус кільця,  $T$ - період обертання кільця. При цьому виділяється кількість теплоти  $Q = \frac{E_0^2}{R} t = \frac{E^2 t}{2R} = \frac{2B^2 \pi^4 r^4 t}{RT^2}$ . З іншого боку  $Q = mc\Delta t$ , де  $m$ -маса кільця,  $c$ -питома теплоємність міді,  $\Delta t$ - зміна температури. Враховуючи що

$R = \rho \frac{l}{S}$ ,  $m = \rho_0 l S$  де  $\rho$ -питомий опір міді,  $l$ -довжина кільця,  $S$ -площа

перерізу дроту,  $\rho_0$ -густина міді,  $l = 2\pi r$  отримаємо

$\frac{2B^2 \pi^4 r^4 t \cdot S}{\rho \cdot 2\pi r \cdot T^2} = \rho_0 \cdot 2\pi r \cdot S \cdot c\Delta t$ . Після спрощень  $\Delta t = \frac{B^2 \pi^2 r^2 t}{2\rho\rho_0 c T^2} \approx 4,7^\circ \text{C}$ .

3. Оскільки котушки з'єднані паралельно, то в довільний момент часу  $\frac{L_1 \Delta I_1}{\Delta t} = \frac{L_2 \Delta I_2}{\Delta t}$ , звідки  $L_1 I_1 - L_2 I_2 = \text{const} = L_1 I_0$ . Враховуючи  $\frac{E}{r} = I_1 + I_2$ , одержимо  $I_1 = (L_1 I_0 + L_2 \frac{E}{r}) / (L_1 + L_2)$ ,  $I_2 = (L_1 \frac{E}{r} - L_1 I_0) / (L_1 + L_2)$ .

4. З закону заломлення  $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$ . Оскільки заломлений промінь перпендикулярний до відбитого, а кут падіння дорівнює куту відбивання, то  $\alpha + \gamma = 90$ . Тоді  $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{\sin \alpha}{\sin(90 - \alpha)} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha = n$ .  $\alpha = \arctg \sqrt{3} = 60^\circ$ .

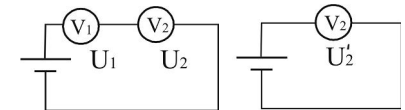
5. Для першого кола  $E = I_1 R_1 + I_1 R_2 + I_1 r$ .

Для другого кола  $E = I_2 R_2 + I_2 r$ .

Розв'язавши ці два рівняння отримаємо

$E = \frac{I_1 I_2 R_1}{I_2 - I_1}$ . Домножимо чисельник і

знаменник на  $R_2$ .  $E = \frac{I_1 I_2 R_1 R_2}{I_2 R_2 - I_1 R_2} = \frac{U_1 U_2'}{U_2' - U_2}$ .



### м.Рівне, січень 2003 р.

#### 8 клас

1. Після танення льоду рівень води в калориметрі не зміниться. Верхня частина кубика буде занурена на глибину  $x_1 = \frac{1}{2} d \frac{\rho_n}{\rho_g} = \frac{1}{4} d$ . Відстань до дна зміниться на  $\Delta h$ .

$\Delta h = x_1 - x_2 = \frac{1}{4} d - \frac{1}{2} d \left( \frac{\rho_n}{\rho_g} + \frac{\rho_n}{\rho_g} - 1 \right)$ ;  $\Delta h = \frac{1}{2} d \left( \frac{3}{2} - \frac{\rho_n + \rho_n}{\rho_g} \right) = 0,4 \text{ см}$ .

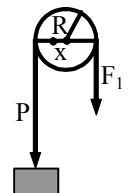
2. Якщо посудину перевертати дуже повільно, то виконувана робота в цьому випадку буде мінімальною і дорівнюватиме збільшенню

потенціальної енергії води:  $A = \frac{\rho g c^2}{4} (a - b)(a + b - 2c)$ .

3. Тягнути вниз, щоб мотузки були паралельними. Тоді плечі, а отже і сили відрізняться найбільше. За умовою  $x = 0,02R = \alpha R$ ;  $P(R - x) = F_1(R + x)$ . Мінімальна сила

$F_1 = \frac{R - x}{R + x} P = \frac{1 - \alpha}{1 + \alpha} P$ . Через півоберта максимальна сила  $F_2 = \frac{1 + \alpha}{1 - \alpha} P$ ,

$F_2 - F_1 = \dots = \frac{4\alpha}{1 - \alpha^2} P \approx 4\alpha P$ , тобто  $\frac{F_1 + F_2}{2} = \frac{1 + \alpha^2}{1 - \alpha^2} P \neq P$ ;  $(\sqrt{F_1 F_2} = P)$ .



4. Зміна внутрішньої енергії в посудинах буде однаковою:

$$cm_1\Delta t_1 = cm_2\Delta t_2 \Rightarrow \Delta t_2 = \frac{m_1}{m_2} \cdot \Delta t_1 = 20^\circ \text{C}; \quad \Delta t_2 = \frac{4}{6} \cdot 30 = \frac{120}{6} = 20^\circ \text{C}.$$

5. Потужність теплових втрат  $P_{\text{втр.}}$  в обох випадках однакова, і її можна вважати сталою. Зміна внутрішньої енергії однакова. Тому

$$Pt_1 - P_{\text{втр.}}t_1 = 2Pt_2 - P_{\text{втр.}}t_2. \quad \eta_1 = \frac{P - P_{\text{втр.}}}{P} \approx 67\%, \quad \eta_2 = \frac{2P - P_{\text{втр.}}}{2P} = \frac{5}{6} \approx 83\%.$$

### 9 клас

1. Обидва тіла рухаються рівноприскорено. Нехай клин у вертикальному напрямку перемістився за час  $t$  на віддаль  $S_1$ . За цей же час дошка переміститься на віддаль  $S_2$  у горизонтальній площині. Окрім того

$$S_1 = \frac{a_1 t^2}{2}; \quad S_2 = \frac{a_2 t^2}{2}.$$

З малюнку  $\frac{S_2}{S_1} = \tan \alpha \Rightarrow \frac{a_2}{a_1} = \tan \alpha$ . Запишемо другий закон Ньютона:

$$y: m_1 g - N \sin \alpha = m_1 a_1, \quad a_1 = g - \frac{N}{m_1} \sin \alpha. \quad x: N \cos \alpha = m_2 a_2, \quad a_2 = \frac{N \cos \alpha}{m_2}.$$

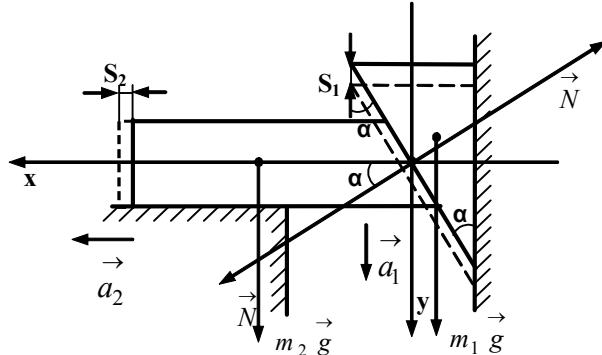
$$\text{Отже, } \frac{N \cos \alpha}{m_2} = \left( g - \frac{N}{m_1} \sin \alpha \right) \tan \alpha; \quad N \left( \frac{g \cos \alpha}{P} + \frac{g \sin \alpha \tan \alpha}{Q} \right) = g \tan \alpha;$$

$$N = \frac{PQ \tan \alpha}{(Q + P \tan^2 \alpha) \cos \alpha}; \quad a_2 = \frac{N \cos \alpha}{m_2} = \frac{g \tan \alpha}{Q + P \tan^2 \alpha}; \quad a_1 = \frac{gQ}{Q + P \tan^2 \alpha}.$$

2. Початкова потужність плитки  $P_0 = \frac{U^2}{(R_0 + R)^2} \cdot R$ . Після збільшення і

$$\text{зменшення опору потужність: } P_1 = \frac{U^2}{(R_0 + 2R)^2} \cdot 2R; \quad P_2 = \frac{U^2}{\left(R_0 + \frac{1}{2}R\right)^2} \cdot \frac{1}{2}R.$$

$$n_1 = \frac{P_1}{P_0} = 2 \cdot \left( \frac{R_0 + R}{R_0 + 2R} \right)^2, \quad R = \frac{7}{6}R_0. \quad n_2 = \frac{P_2}{P_0} = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{R_0 + R}{R_0 + 0,5R} \right)^2 \approx 0,936.$$



3. Процес визначення положення лінзи, оптичного центра та фокуса зображено на малюнку.

4. Швидкість в момент удару  $v_0 = \sqrt{2gh}$  (1).

Виберемо координатні осі так, як показано на малюнку. Рух уздовж обох осей є рівнозмінним з відповідними прискореннями:  $g_x = g \sin \alpha$ ,  $g_y = -g \cos \alpha$  (2). Складові швидкостей (початкові) після першого удару:  $v_{0y} = v_0 \cos \alpha$ ,  $v_{0x} = v_0 \sin \alpha$  (3).

Швидкість уздовж осі  $Oy$  зміниться за законом  $v_y = v_{0y} + g_y t = v_0 \cos \alpha - g \cos \alpha \cdot t$ .

Оскільки у верхній точці  $v_y = 0$ , час руху вгору

$$t = \frac{v_0}{g}. \quad \text{Час між першим і другим ударами } t = \frac{2v_0}{g}.$$

Рівняння руху уздовж осі  $Ox$ :  $x = v_{0x}t + \frac{g_x t^2}{2}$  і для моменту  $t_0$  з врахуванням (1) і (3) одержимо:

$$\Delta S = x = v_0 \sin \alpha \cdot t_0 + \frac{g \sin \alpha t_0^2}{2} = 4 \frac{v_0^2 \sin \alpha}{g} = 8h \sin \alpha.$$

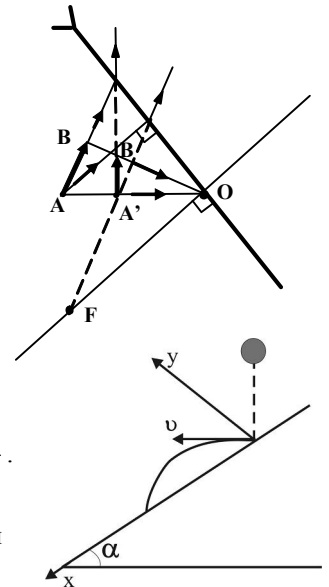
5. При обертанні  $\vec{v} \perp R$ ,  $v = \omega R \sim R$ . Вісь знаходимо як точку перетину перпендикулярів до  $\vec{v}_1$  і  $\vec{v}_2$  з точок A і B.

1). Для  $\beta = 60^\circ$ ,  $R_2 = 2R_1$ , отже  $v_2 = 2v_1$ .

2). Використовуючи теорему синусів,

$$\text{знаходимо } R_1 = \frac{\cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)} l, \quad R_2 = \frac{\cos \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} l.$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \Rightarrow v_2 = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \cdot v_1. \quad (\text{До речі, звідси випливає, що проекції швидкостей двох точок на пряму, що проходить через них, рівні між собою. Якщо це знати, то розв'язок спрощується}).$$

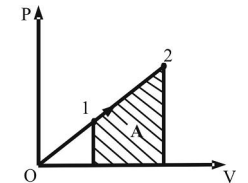


### 10 клас

1. Див. розв'язок задачі 1 (9клас).

$$2. \quad Q = \Delta U + A; \quad \Delta U = \frac{3}{2} R \Delta T \quad (\text{для 1 моля}$$

$$\text{однаатомного газу}). \quad A = S = \frac{1}{2} (P_1 + P_2) (V_2 - V_1).$$



$$A = \frac{1}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{1}{2}(RT_2 - RT_1) = \frac{1}{2}R\Delta T. \quad (P_1 V_2 = P_2 V_1, \text{ оскільки } P \sim V).$$

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2}R\Delta T + \frac{1}{2}R\Delta T = 2R\Delta T. \quad \text{При } \Delta T = 1^\circ\text{C}, \quad Q = 2R. \quad (\text{Молярна}$$

$$\text{теплоємність } c = 2R. \text{ Для порівняння } c_V = \frac{3}{2}R, \quad c_P = \frac{5}{2}R. \quad \left(c = \frac{c_P + c_V}{2}\right).$$

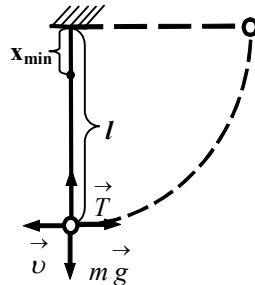
3. За законом збереження в положенні рівноваги

$$\frac{mv^2}{2} = mgl. \quad \text{Сила натягу може бути визначена з II}$$

$$\text{закону Ньютона.} \quad T - mg = \frac{mv^2}{R}; \quad R = l - x;$$

$$T = \frac{2glm}{l - x_{\min}} + mg; \quad x_{\min} = l - \frac{2glm}{T - mg};$$

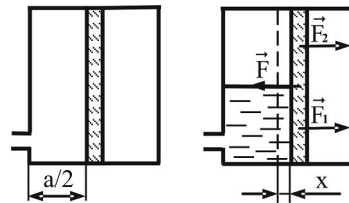
$$x_{\min} = l \frac{T - 3mg}{T - mg}. \quad \text{Отже, } T \geq 3mg.$$



4. Коли поршень перемістився на віддаль  $x$ , то об'єми частин резервуара, розділеного поршнем, стали рівними:

$$\text{- правої: } V_n = \left(\frac{a}{2} - x\right)a^2;$$

$$\text{- лівої: } V_l = \left(\frac{a}{2} + x\right)a^2.$$



Справа на поршень діє сила  $F = p \cdot S$ , де

$$S = a^2, \quad \text{причому} \quad p_0 \frac{V}{2} = pV_n, \quad \text{де } V = a^3 \quad \text{— об'єм резервуара.}$$

$$p = \frac{p_0 a}{a - 2x} \Rightarrow F = pa^2 = \frac{p_0 a^3}{a - 2x}. \quad \text{Зліва діє тиск води } p_1 = \rho g \frac{a}{4}. \quad aF_1 = p_1 \frac{a^2}{2},$$

$$\text{звідки } F_1 = \frac{\rho g a^3}{8}. \quad \text{Тиск повітря в останній частині } p_2, \quad \text{причому}$$

$$p_0 \frac{V}{2} = p_2 \left(\frac{a}{2} + x\right) \frac{a^2}{2}; \quad F_2 = p_2 \frac{a^2}{2} = p_0 \frac{a^3}{a + 2x}. \quad \text{Умова рівноваги: } F = F_1 + F_2.$$

$$\frac{p_0 a^3}{a - 2x} = \frac{\rho g a^3}{8} + \frac{p_0 a^3}{a + 2x}; \quad p_0 \frac{4x}{a^2 - 4x^2} = \frac{\rho g}{8}; \quad 32p_0 x = \rho g a^2 - 4\rho g x^2.$$

$$\text{Розв'язавши квадратне рівняння: } x = \sqrt{\frac{16p_0^2}{\rho^2 g^2} + \frac{a^2}{4}} - \frac{4p_0}{\rho g}.$$

$$5. \text{ Опір амперметра } A_2: \quad R_a = \frac{U_2}{I_2} = 280 \text{ Ом.}$$

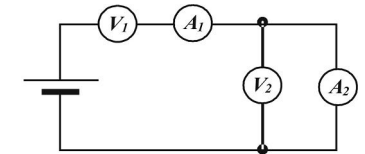
Напруга на амперметрі  $A_1$ :

$$U_3 = I_1 R_a = 0,3 \text{ В. Струм через вольтметр}$$

$$V_2: \quad I = I_2 - I_1 = 0,2 \text{ мА. Опір вольтметра } V_2:$$

$$R_v = \frac{U_2}{I} = 1200 \text{ Ом. Напруга на вольтметрі}$$

$$V_1: \quad U_1 = I_1 \cdot R_v = 1,32 \text{ В. Напруга на джерелі } U_d = U_1 + U_2 + U_3 = 1,87 \text{ В.}$$

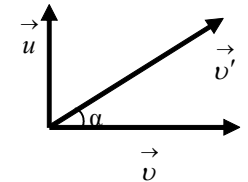


## 11 клас

1. В системі відліку, зв'язаній з бджолами, ядро пролітає під кутом, причому

$v = v' \cos \alpha$ ;  $v' = \sqrt{v^2 + u^2}$ . Шлях, який пройде ядро в рої  $l$  і відповідно, врахувавши товщину рою  $d$ , маємо:  $d = l \cos \alpha$ . З іншого боку  $N = nV$ :

$$\text{де } V = l \cdot S = l\pi R^2 \Rightarrow N = nd\pi R^2 \sqrt{1 + \left(\frac{u}{v}\right)^2}.$$



2. Необхідно розглянути два випадки:

1) сила тертя більша за силу натягу пружини:  $km g \geq cl$ . В такому разі сила тертя ніякої ролі не відіграє (бо поршень не проскакує). Значить, коли тиск зліва зростає і стане рівним  $p$ , а поршень переміститься на віддаль  $l$ , то  $(p - p_0)S = cl$ . За законом стану газів  $\frac{pV}{T} = \nu R$  маємо

$$p \frac{2l \cdot S}{T} = p_0 \frac{l \cdot S}{T_0} \Rightarrow \frac{T}{T_0} = \frac{2p}{p_0} = 2 \left( \frac{cl}{p_0 S} + 1 \right).$$

2) камера нерухома до того моменту, поки сила тертя спокою не досягне максимального значення (ось-ось почнеться ковзання), причому  $km g \leq cl$ .

Відшукаємо температуру, що відповідає цьому моменту часу  $T'$ . Деформація пружини рівна в цей момент  $x$ , причому

$$p - p_0 = \frac{km g}{S}; \quad \frac{pS(l + x)}{T'} = \frac{p_0 Sl}{T_0}; \quad \frac{\left(p_0 + \frac{km g}{S}\right) \left(l + \frac{km g}{c}\right) S}{T'} = \frac{p_0 Sl}{T_0}.$$

$$\frac{T'}{T_0} = \left(1 + \frac{km g}{p_0 S}\right) \left(1 + \frac{km g}{cl}\right). \quad \text{Після подальшого підвищення температури камера}$$

почне ковзати і об'єм під поршнем буде змінюватись вже при постійному тиску:

$$\frac{T}{T'} = \frac{V}{V'}; \quad \frac{T}{T'} = \frac{2lS}{(l+x)S} = \frac{2l}{\left(l + \frac{kmg}{c}\right)} = \frac{2}{1 + \frac{kmg}{cl}}. \text{ Остаточно:}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{T}{T'} \cdot \frac{T'}{T_0} = \frac{2}{1 + \frac{kmg}{cl}} \cdot \left(1 + \frac{kmg}{p_0 S}\right) \left(1 + \frac{kmg}{cl}\right) = 2 \left(1 + \frac{kmg}{p_0 S}\right).$$

3. Біля поверхні землі  $g = G \frac{M}{R^2}$ . На висоті  $h$  над землею  $g_1 = G \frac{M}{(R+h)^2}$ .

Звідси  $g_1 = \left(\frac{R}{R+h}\right)^2 g$ . В шахті тіло притягується лише кулею радіуса  $(R-h)$ , сили притягання верхніх шарів взаємно компенсуються (точніше протилежних ділянок кожного шару).

$$g_2 = G \frac{m}{(R-h)^2} = G \cdot \frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi(R-h)^3}{(R-h)^2} = G\rho \cdot \frac{4}{3}\pi(R-h). \text{ При } h=0, \quad g = G\rho \cdot \frac{4}{5}\pi R.$$

Звідси  $g_2 = \frac{R-h}{R} g$ . Склавши рівняння  $g_1 = g_2$ , можна показати, що  $g_1 = g_2$  при

$$h = 0 \text{ і при } h = \frac{\sqrt{5}-1}{2} R. \text{ Розв'язавши нерівність } g_1 > g_2 \text{ (або } g_1 < g_2), \text{ можна}$$

знайти, що при  $h < \frac{\sqrt{5}-1}{2} R \approx 0,618R$ ,  $g_1 < g_2$ , отже  $T_1 > T_2$  - піднятий годинник йде повільніше, при  $0,618R < h < R$ ,  $g_1 > g_2$ , отже  $T_1 < T_2$  - піднятий годинник йде швидше. (При  $h \rightarrow R$ ,  $g_2 \rightarrow 0$ , отже  $T_2 \rightarrow \infty$  - опущений годинник зупиняється).

4. Працюючи як генератор, машина створюватиме ЕРС  $\mathcal{E} = kn$ . Зміст  $k$  встановимо, дослідивши роботу машини як двигуна:  $P = I \cdot U$ ;

$$I = \frac{P}{U} = \frac{U - \mathcal{E}_i}{R}; \quad \mathcal{E}_i = kn_0;$$

$$\frac{P}{U} = \frac{U - kn_0}{R}; \quad k = \frac{1}{n_0} \left( U - \frac{PR}{U} \right); \quad \mathcal{E} = \frac{n}{n_0} \left( U - \frac{PR}{U} \right) = 25B.$$

5. Згідно закону збереження енергії  $\frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$ . Згідно формули Томсона

$$T = 2\pi\sqrt{LC}. \text{ З цих двох співвідношень: } C = \frac{T \cdot I}{2\pi U} = 1,24 \cdot 10^{-11} \text{ Ф.}$$

З формули плоского конденсатора  $C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$ ,  $\varepsilon = \frac{Cd}{\varepsilon_0 S} = 7$ .

м.Рівне, січень 2004 р.

8 клас

1.  $v_{c1} = \frac{2v_1v_2}{v_1+v_2} \approx 53,3 \frac{\text{км}}{\text{год}}; \quad v_{c2} = \frac{v_1+v_2}{2} = 60 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$

2.  $\rho_y = \frac{\rho}{4(1 - \frac{S}{S_0})}$ , за умови  $\rho_y \leq \frac{3}{4}\rho$ .

3.  $F = \frac{P}{\sqrt{2}}$ ,  $\vec{F} \perp \vec{BD}$ .

4.  $R_a = \frac{U}{I_1} \approx 333 \text{ Ом}; \quad R_g = \frac{U}{I_2 - I_1} = 1000 \text{ Ом}; \quad U_g = U + I_2(R_g + R_a) \approx 1,58B.$

5.  $t_{\text{сум}} = 5^\circ \text{C}.$

9 клас

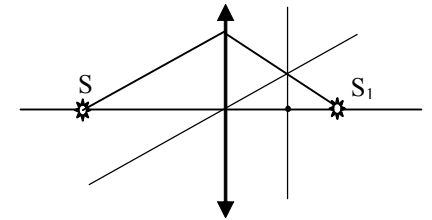
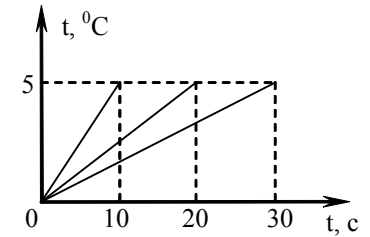
1.  $\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g}; \quad \alpha \approx 30^\circ.$

2.  $v = \sqrt{\frac{2a^2 mgl(\sin \alpha_0 - \sin \alpha_1)}{ml^2 \sin^4 \alpha_1 + Ma^2}}.$

3.  $t = 0^\circ \text{C}.$

4.  $P_{\text{max}} = 1680 \text{ Вт}.$

5. див. малюнок



10 клас

1. Тиск внутрішніх шарів Сонця на будь-якій глибині визначається тиском зовнішніх шарів, створюваним силою

тяжіння. На відстані  $\frac{1}{2}R_C$  від центру Сонця за результатами оцінки

$$p = \frac{9}{32} \cdot \frac{GM_C^2}{\pi R_C^4} \approx 10^{14} \text{ Па}, \quad T = \frac{8}{9} \cdot \frac{GM_C^2 \cdot \mu}{R_C \cdot k \cdot N_A} \approx 10^7 \text{ К.}$$

Якщо оцінити тиск і температуру в іншій частині всередині Сонця, то відповіді можуть відрізнятись.

2.  $p = 141600 \text{ Па}; \quad m_g \approx \frac{\mu p \Delta V}{RT} \approx 10^{-3} \text{ кг}; \quad V_y = \frac{m_g}{0,001 \rho_g} = 1 \text{ л};$

$$m_n \approx \frac{\mu p V_y}{RT} \approx 8 \cdot 10^{-4} \text{ кг}.$$

3.  $F = \frac{F_0}{\varepsilon}$ , якщо конденсатор після зарядки відключений від джерела.  
 $F = \varepsilon F_0$ , якщо конденсатор залишається підключеним до джерела.

4.  $\mathcal{E} = \frac{14}{9}U_1 = 42B$ ,  $U_2 = \frac{5}{6}\mathcal{E} = 35B$ .

5. а) при  $m_2=0,25$  кг брусок рухається вгору з прискоренням

$$a_1 = g \frac{m_2 - m_1 \sin \alpha - \mu m_1 \cos \alpha}{m_1 + m_2} \approx 0,89 \frac{M}{c^2};$$

- б) при  $m_2=0,05$  кг брусок рухається вниз з прискоренням

$$a_2 = g \cdot \frac{m_1 \sin \alpha - m_2 - \mu m_1 \cos \alpha}{m_1 + m_2} \approx 1,4 \frac{M}{c^2};$$

- в) за умови  $m_2=0,15$  кг, тобто коли

$m_1(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) > m_2 > m_1(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$ ,  $0,2\text{кг} > m_2 > 0,1\text{кг}$ , брусок перебуватиме у спокої. Сила тертя спокою неоднозначна.

#### 11 клас

1.  $v_0 = \sqrt{\frac{GM}{R_3 + h_1}}$ ;  $v_2 = \frac{(v_0 + \Delta v)(R_3 + h_1)}{R_3 + h_2} \approx 7,775 \cdot 10^3 \frac{M}{c}$ ;  $F = \mu v = 4 \cdot 10^3 H$ ;

$$\Delta t = \frac{m \Delta v}{F} = 10\text{с}; \quad \Delta m = \frac{m \Delta v}{v} = 10\text{кг}; \quad \eta = \frac{v^2}{2q} \approx 0,67.$$

2. див. розв'язок задачі 4 (стор 145).

3. Зміна внутрішньої енергії газу  $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1)$ . Від нагрівника в цілому

газ одержав тепла  $Q = (0,25\pi(p_2 - p_1) + p_1)(V_2 - V_1) + \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1)$ . Робота

газу за цикл  $A = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1)(0,5\pi - 1)$ .  $\eta = \frac{A}{Q} = \frac{2(\pi - 2)(n - 1)}{(\pi + 6)n + 10 - \pi} \approx 0,13$ .

$$\left( \frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}; \frac{V_2}{V_1} = n; pV = \nu RT \right).$$

4.  $I = envS$ ;  $\mathcal{E} = env\rho L$ ;  $I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2} = \frac{env_1 S_1}{k}$ ;  $\mathcal{E} = I\rho L \left( \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} \right) = en\rho L v_1$ ;

$$\frac{S_1}{S_2} = k - 1; \quad x = \frac{d_1}{d_2} = \sqrt{\frac{S_1}{S_2}} = \sqrt{k - 1} = 2.$$

5. На висоті  $h$  період коливань  $T_1 = T_0 \left( 1 + \frac{h}{R_3} \right)$ . За добу  $\Delta t_1 = \tau \cdot \frac{h}{R_3} \approx 2,7\text{с}$  -

годинник відстане. В шахті глибиною  $H$  період коливань  $T_2 = T_0 \left( 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{H}{R_3} \right)$ ;

За добу  $\Delta t_2 = \tau \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{H}{R_3} \approx 1,35\text{с}$ .

#### м.Рівне, січень 2005 р.

#### 8 клас

1. Коли відкритий перший кран, то рівняння теплового балансу запишеться  $\alpha(t_3 - t_x) = mc(t_1 - t_3)$  (1). Аналогічно, коли відкритий другий кран

$$\alpha(t_4 - t_x) = mc(t_2 - t_4) \quad (2). \quad \text{Звідси} \quad \frac{t_3 - t_x}{t_4 - t_x} = \frac{t_1 - t_3}{t_2 - t_4} \quad \text{або}$$

$$t_3 t_2 - t_3 t_4 - t_x(t_2 - t_4) = t_1 t_4 - t_3 t_4 - t_x(t_1 - t_3), \quad t_x((t_2 - t_4) - (t_1 - t_3)) = t_3 t_2 - t_1 t_4; \quad t_x = 10^0 \text{C}.$$

Якщо відкрити обидва крани, то  $\alpha(t_5 - t_x) = \frac{m}{2} c(t_1 - t_5) + \frac{m}{2} c(t_2 - t_5)$ .

Поділимо на рівняння (1):  $\frac{t_5 - t_x}{t_3 - t_x} = \frac{t_1 - t_5}{2(t_1 - t_3)} + \frac{t_2 - t_5}{2(t_1 - t_3)}$ .

$$2t_5(t_1 - t_3) - 2t_1 t_x + 2t_2 t_3 = (t_1 + t_2)(t_3 - t_x) - 2t_5(t_3 - t_x), \quad \text{звідки} \quad t_5 = 40^0 \text{C}.$$

2. Танення льоду відбувається за рахунок зміни потенціальної енергії льоду та гарячої води і охолодження гарячої води до  $0^0 \text{C}$ .

$$(m_1 + m_2)gh + m_2 c \Delta t = m_1 \lambda; \quad h = \frac{m_1 \lambda - m_2 c \Delta t}{(m_1 + m_2)g} \approx 75,7\text{м}.$$

3. Запишемо умову рівноваги важеля для двох випадків:

$$1) \quad \rho g h S l_1 = m g l_2; \quad 2) \quad \rho g h_x S l_1 = m g l_2 + \frac{m}{2} g \frac{l_2}{2}.$$

З цих двох рівнянь отримуємо  $\frac{h_x}{h} = 1 + \frac{1}{4}$ ;  $h_x = \frac{5}{4}h = 50\text{см}$ .

4. Час проходження траси другим спортсменом  $t_3 = 123 \cdot 36 = 4428\text{с}$ .

Час проходження першим спортсменом 21 кола  $t_4 = 120 \cdot 21 = 2520\text{с}$ .

До поломки швидкість першого автомобіля  $v_1 = \frac{N_1}{F_1}$ . Після поломки

швидкість першого автомобіля  $v = \frac{N}{F} = \frac{0,85 N_1}{0,9 F_1} = \frac{0,85}{0,9} v_1$ . Нехай  $t_5$  - час, за

який цей автомобіль пройде 15 кіл, що залишилися, тоді

$$\frac{t_4 \cdot v_1}{21} = \frac{t_5 \cdot v}{15} = \frac{t_5 \cdot 0,85 v_1}{0,9 \cdot 15}, \quad t_5 = 1905,88\text{с}. \quad \text{Весь час} \quad t = 4425,88\text{с}. \quad \text{Отже, гонку}$$

виграє перший автомобіль.



5. Один із способів. (інший опис способу дивись у розв'язках 9 класу)

При плаванні льоду з бурштином  $(m_l + m_b)g = \rho_v g V_{зан.}$ ,

$m_l + m_b = \rho_v V_{зан.}$ . Вимірюємо  $h_{зан.}$ . Після танення льоду, бурштин опускається на дно посудини. Діставши його пінцетом, визначимо, на скільки опустився рівень води в посудині:  $\rho_l V_l = \rho_v V_v$ . Вимірюємо  $h_v$ .

Вкинувши бурштин знову в посудину, визначимо рівень підняття води  $h_b$ .

$$\text{Тоді } \rho_b = \frac{m_b}{V_b} = \frac{\rho_v V_{зан.} - m_l}{V_b} = \frac{\rho_v V_{зан.} - \rho_v V_v}{V_b} = \frac{\rho_v (h_{зан.} - h_v)}{h_b}.$$

### 9 клас

1. Як видно з графіка, на початку руху тіло рухалось рівноприскорено (прямолінійна ділянка графіка), отже, можна зробити висновок, що одна клітинка на осі швидкостей відповідає швидкості 5м/с, (тому що  $g \approx 10\text{м/с}^2$ ). В момент часу  $t_2 = 16\text{с}$  м'яч рухався рівномірно:  $mg = F_{он.}$ , отже  $F_{он.2} = 5\text{Н}$ .

В момент часу  $t_1 = 5\text{с}$  м'яч рухається з прискоренням:  $ma = mg - F_{он.}$ ,  $F_{он.} = m(g - a)$ .

Щоб знайти прискорення, побудуємо дотичну до графіка в момент  $t = 5\text{с}$ .

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \approx \frac{5\text{м/с}}{1\text{с}} = 5\text{м/с}^2, F_{он.} = 2,5\text{Н}.$$

2. Намалюємо еквівалентну схему:

$$U_{1,2} = 12\text{В}, I_2 = 0,4\text{А}, I_{1,2} = 1\text{А}, U_4 = 8\text{В},$$

$$U_{заз.} = 20\text{В}, I_2 = 0,25\text{А}, R_{1,2} = 12\text{Ом},$$

$$R_{1-4} = 20\text{Ом}, R_{заз.} = 16\text{Ом}.$$

3. Рівняння руху пасажирського

$$\text{потягу } x = v_1 t - \frac{at^2}{2}, \text{ товарного потягу}$$

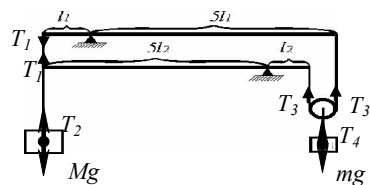
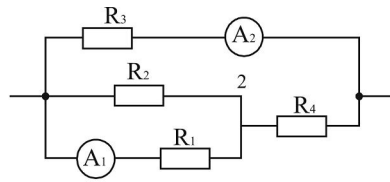
$$x = 180 + v_2 t. \text{ Координата буде однаковою: } v_1 t - \frac{at^2}{2} - v_2 t = 180. \quad 0,6t^2 -$$

$$21t + 180 = 0; \quad t^2 - 35t + 300 = 0; \quad D = 1225 - 1200 = 25.$$

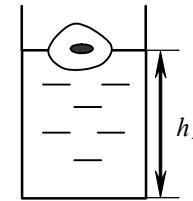
$$t_1 = \frac{35 + 5}{2} = 20\text{с}, \quad t_2 = \frac{35 - 5}{2} = 15\text{с}. \text{ Через } 15\text{с} \text{ буде аварія.}$$

4. Позначимо сили натягу ниток через  $T_1, T_2, T_3, T_4$ . Умови рівноваги для верхнього і нижнього важеля запишуться так:  $T_1 l_1 = T_3 \cdot 5l_1$ ;  $(T_2 - T_1)5l_2 = T_3 l_2$ . Оскільки блоки і вантажі знаходяться у рівновазі, то можна записати  $Mg = T_2$ ,  $mg = T_4 = 2T_3$ . З даних рівнянь визначимо  $M$ .

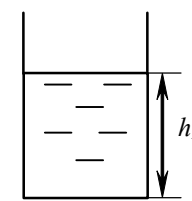
$$T_1 = \frac{5}{2}mg; \quad (Mg - \frac{5}{2}mg) \cdot 5 = \frac{mg}{2}; \quad 5Mg = 13mg, \quad M = \frac{13}{5}m = 2,6\text{кг}.$$



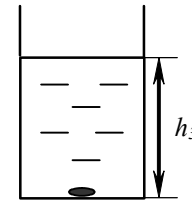
5. Лінійка дає змогу вимірювати висоту води в посудині. Оскільки посудина циліндрична, то висоту можна вважати умовними одиницями об'єму. Розглянемо три випадки:



Лід з бурштином плаває



Лід розплавився, бурштин витягнули з води



Лід розплавився, бурштин потонув

Умова плавання бурштину:  $m_b g = (h_1 - h_2) S \rho g$ ;  $m_b = \rho_b \cdot V_b = \rho_b (h_3 - h_2) S$ ;

$$\rho_b (h_3 - h_2) S g = (h_1 - h_2) S \rho g; \quad \rho_b = \frac{h_1 - h_2}{h_3 - h_2} \rho.$$

### 10 клас

1. Після того, як систему залишити вільною, вона здійснюватиме коливання. Максимальна швидкість буде в момент, коли система проходить через положення рівноваги, тобто моменти сил однакові.  $F_1 = qE$ ;  $F_2 = 2qE$ .

$$qER = 2qER \cos \alpha, \text{ звідки } \cos \alpha = 1/2, \quad \alpha = \pi/3.$$

Згідно закону збереження енергії

$$E_{кл} + E_{к2} + A_1 = A_2, \text{ де } A_1 \text{ і } A_2 - \text{робота по переміщенню зарядів в електричному полі.}$$

$$A_1 = qEl, \text{ де } l - \text{відстань, яку пройде кулька 1, а вона дорівнюватиме довжині дуги, яку}$$

$$\text{пройде кулька 2. } l = \frac{\pi}{3} R. \quad A_2 = 2qER \sin \alpha.$$

$$\frac{2mv^2}{2} = qER(2 \sin \alpha - \frac{\pi}{3}), \quad v = \sqrt{\frac{qER}{m} \left( \sqrt{3} - \frac{\pi}{3} \right)}.$$

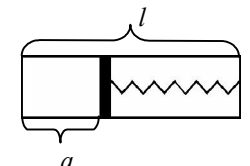
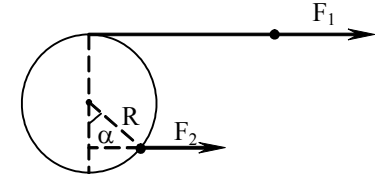
$$2. \text{ Запишемо рівняння стану газу для двох випадків:}$$

$$\frac{p_1 x_1 S}{T_1} = \frac{p_2 x_2 S}{T_2}. \text{ Поршень в першому випадку}$$

$$\text{зміститься на } x_1 - a, \text{ а в другому на } x_2 - a, \text{ тоді}$$

$$p_1 = k(x_1 - a), \quad p_2 = k(x_2 - a). \quad \frac{k(x_1 - a)x_1}{T_1} = \frac{k(x_2 - a)x_2}{T_2},$$

$$\frac{x_1^2}{T_1} - \frac{ax_1}{T_1} = \frac{x_2^2}{T_2} - \frac{ax_2}{T_2}, \text{ звідки } a = \frac{x_1^2 \cdot T_2 - x_2^2 T_1}{T_2 x_1 - T_1 x_2} = 5\text{см}. \text{ Довжина пружини } 45\text{ см}.$$



3. З другого закону Ньютона для алюмінієвого бруска  $m_a a = T - \mu m_a g$ , для мідного  $m_m a = m_m g - T$ . Звідси  $a = \frac{m_m g - \mu m_a g}{m_m + m_a}$ . Оскільки маси однакові,

то  $a = \frac{g(1-\mu)}{2}$ . Під час руху брусків електрони зміщуються і кінці брусків мають різні потенціали. Електрони теж мають прискорення  $a$ , тому  $m_e a = qE = q \frac{U}{l}$ .  $U_a = \frac{a m_e l}{q} = \frac{g(1-\mu) m_e l_a}{2q}$ . Аналогічно  $U_m = \frac{g(1-\mu) m_e l_m}{2q}$ .

$m_a = l_a \rho_a S$ ,  $m_m = l_m \rho_m S$ , звідки  $l_m = \frac{\rho_a}{\rho_m} l_a$ . Отже,  $U_m = \frac{g(1-\mu) m_e}{2q} \cdot \frac{\rho_a}{\rho_m} l_a$ .

4. Мінімальна робота  $A_m = 2mgh$ .

5. Один із способів. Налити в пробірку трішки води. Опустити пробірку з водою у посудину з водою, щоб вона плавала.  $(m_{np} + m_w)g = \rho_w V_{зан} g$ . (Вимірюємо  $V_{зан.1}$ ).  $V_{зан.1} = (S \cdot S_1) \Delta h_1$ . Отже, відомо  $m_{np} + m_w$ . У пробірку з водою наливаємо ошурок так, щоб пробірка знову плавала.

$(m_{np} + m_w + m_{ош.1})g = \rho_w V_{зан.1} g$ . (Вимірюємо  $V_{зан.1}$ ).  $V_{зан.1} = (S \cdot S_1) \Delta h_2$ . Отже, знаємо  $m_{np} + m_w + m_{ош.1}$ , а значить  $m_{ош.1}$ . Вимірявши зміну рівня води в пробірці після насування ошурок, визнаємо об'єм ошурок. Визначаємо  $\rho_{ош} = \frac{m_{ош}}{V_{ош}}$ .

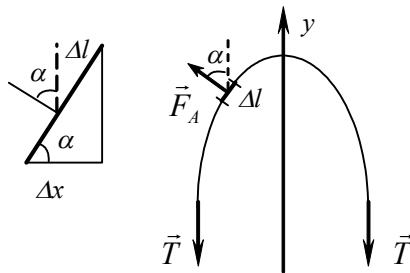
$\rho_{ош} = \frac{m_{ош}}{V_{ал} + V_m} = \frac{m_{ош}}{\frac{m_{ал}}{\rho_{ал}} + \frac{m_{ош} - m_{ал}}{\rho_m}}$ . Звідси  $m_{ал} = \frac{m_{ош}(\rho_{ал}\rho_m - \rho_a\rho_{ош})}{\rho_{ош}(\rho_m - \rho_a)}$ .

## 11 клас

1. Розглянемо рівновагу положення еліпса. На кожен елемент контура з довжиною  $\Delta l$  діє сила  $\Delta F_A = IB \Delta l$ . Умова рівноваги на вісь ОУ:  $2T = \sum \Delta F_A = IB \sum \Delta l \cos \alpha$ . Враховуючи, що  $\Delta l \cos \alpha = \Delta x$ , а  $\sum \Delta l \cos \alpha = 2b$ , одержимо:  $T_A = IBb$ . Аналогічно  $T_C = IBa$ .

2. Лінза після виведення з положення рівноваги здійснюватиме коливання. Зображення буде уявним за умови, що лінза перебуває між світною точкою і положенням рівноваги. Цей час  $t = T/2$ , де  $T$  – період коливань. При зміщенні на  $x$  до світної точки запишемо закони Бойля-Маріотта:  $p_1 l = p_2(l-x)$ ,

$p_1 = \frac{pl}{l-x}$ ;  $pl = p_2(l+x)$ ;  $p_2 = \frac{pl}{l+x}$ . Сила тиску, що повертає в положення



рівноваги  $\Delta F = -\Delta p S = -(p_2 - p_1)S = -\frac{pl(l+x-(l-x))}{l^2 - x^2} S$ . Оскільки  $x \ll l$ , то

нехтуючи  $x^2$  у знаменнику отримаємо:  $\Delta F = -\frac{2px}{l} S = -kx$ , де  $k = \frac{2pS}{l}$ . По

аналогії з пружинним маятником  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{ml}{2pS}}$ . Тоді  $t = \pi \sqrt{\frac{ml}{2pS}}$ .

3. Із закону Ома для будь-якого з контурів, що містять вольтметр  $U_i = \mathcal{E}_i - I_i r_i$ .

Тоді  $I_i = \frac{\mathcal{E}_i - U_i}{r_i}$ . В даному випадку  $I = \frac{U_1}{R_{1B}} = \frac{\mathcal{E}_1 - U_1}{r_1} + \frac{\mathcal{E}_2 - U_1}{r_2} + \frac{\mathcal{E}_3 - U_1}{r_3}$ , де

$U_1$  – покази вольтметра в першому випадку. З даного рівняння

$$U_1 \left( \frac{1}{R_{1B}} + \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right) = \frac{\mathcal{E}_1}{r_1} + \frac{\mathcal{E}_2}{r_2} + \frac{\mathcal{E}_3}{r_3}.$$

Врахуємо, що в другому випадку  $R_B \rightarrow \infty$ ,  $1/R_{2B} = 0$ . Тоді

$$U_2 \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right) = \frac{\mathcal{E}_1}{r_1} + \frac{\mathcal{E}_2}{r_2} + \frac{\mathcal{E}_3}{r_3}. \text{ Оскільки } U_2 = 2U_1, \text{ то } \frac{1}{R_B} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3},$$

$$\text{а } I = \frac{U_1}{R_{1B}} = \frac{U_2}{2} \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{\mathcal{E}_1}{r_1} + \frac{\mathcal{E}_2}{r_2} + \frac{\mathcal{E}_3}{r_3} \right) = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ А}.$$

4. Прискорення вільного падіння на Землі  $g = G \frac{M_3}{R^2}$ , на висоті  $h$  над

Землею  $g_h = G \frac{M_3}{(R+h)^2}$ . Згідно умови  $g_h = 0,81g$ . З даних співвідношень

$$\frac{R^2}{(R+h)^2} = 0,81; \quad \frac{R}{R+h} = 0,9, \quad \text{звідки } h = 708 \text{ км. Дальність розвідки}$$

$$h = \frac{c(T-\tau)}{2}, \text{ де } T - \text{період чергувань імпульсів, } \tau - \text{тривалість імпульсу.}$$

$$T - \tau = \frac{2h}{c} = 4720 \cdot 10^{-6} \text{ с. } T = 4725 \cdot 10^{-6} \text{ с. Кількість імпульсів за секунду}$$

$$n = \frac{1}{T} = 211,6. \text{ В загальному випадку } n = \frac{c}{2R \left( \sqrt{\frac{g}{g_h}} - 1 \right) + \tau c}.$$

5. Один із способів:  $T = \frac{t}{n}$ ,  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ ,  $l = \frac{T^2 g}{4\pi^2} = \frac{t^2 g}{4\pi^2 n^2}$ .

8 клас

1. В умові задачі мова йде про шматок ебоніту, тобто він має фіксовану масу  $m_e$  і воду, значить кількість її не обмежена. Охолонувши до  $0^0$  С, ебоніт одержить певну кількість теплоти за рахунок кристалізації води. За законом збереження енергії  $c_e m_e (0^0 \text{ C} - t) = \lambda_d m_d$  або  $c_e m_e \Delta t = \lambda_d m_d$  (1). Умова

зривання:  $m_e + m_d \leq \rho_e \left( \frac{m_e}{\rho_e} + \frac{m_d}{\rho_d} \right)$  (2). Розв'язок системи рівняння (1) і

нерівності (2):  $t \leq \frac{\lambda}{c_e} \frac{\rho_d}{\rho_e} \frac{\rho_e - \rho_d}{\rho_e - \rho_d}$ . Відповідь: умова виконується при

охолодженні ебоніту до температури не вище  $-225^0$  С.

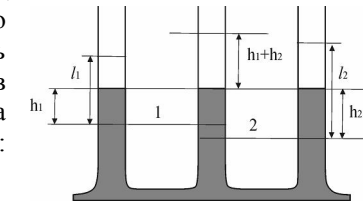
2. Об'єм ртуті не змінюється. Якщо припустити, що в лівій посудині ртуть опустилась на  $h_1$ , а в правій на  $h_2$ , то в середній вона піднімається на  $h_1 + h_2$ . Умова рівноваги на рівні 1:

$$\rho_g g l_1 = \rho_p g (h_1 + h_2 + h_1) = \rho_p g (2h_1 + h_2).$$

Умова рівноваги на рівні 2:  $\rho_g g l_2 = \rho_p g (h_1 + h_2 + h_2) = \rho_p g (h_1 + 2h_2)$ .

Додавши ці рівняння одержимо  $\rho_g g (l_1 + l_2) = 3 \rho_p g (h_1 + h_2)$ . Тому

$$h_1 + h_2 = \frac{\rho_g}{3 \rho_p} (l_1 + l_2).$$



3. Нехай людина знаходиться в т. О. На момент початку подачі сигналу поїзд знаходився в т. А, а на момент закінчення в т. В.  $OA=l$ . Початок сигналу людина почує із запізненням  $t_1 = \frac{l}{v_1}$ , а закінчення із запізненням

$t_2 = \frac{l - v\tau}{v_1}$ , а сам сигнал триває  $\tau$ . Тому протяжність сигналу, почутого

людиною, буде  $\Delta t = \left( \tau + \frac{l - v\tau}{v_1} \right) - \frac{l}{v_1} = \frac{v_1 \tau + l - v\tau - l}{v_1} = \tau \left( 1 - \frac{v}{v_1} \right)$ .  $\tau = 4,5$  с.

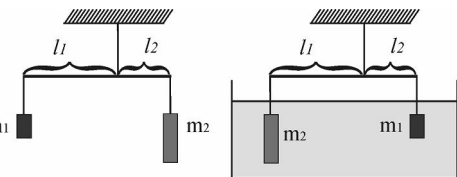
4. Запишемо рівняння теплового балансу для першого і другого випадків  $m_1 c_1 (100 - 80) = m_2 c_2 (80 - 20)$  (1);  $m_1 c_1 (t - 20) = m_2 c_2 (100 - t)$  (2). Поділивши перше рівняння на друге одержимо:

$$\frac{20}{t - 20} = \frac{60}{100 - t}. \text{ Тому } t = 40^0 \text{ C.}$$

5. Умова рівноваги важеля:

$$m_1 g l_1 = m_2 g l_2; \quad \rho_1 V_1 l_1 = \rho_2 V_2 l_2;$$

$$2 \rho_1 V_1 l_2 = \rho_2 V_2 l_2; \quad 2 \rho_1 V_1 = \rho_2 V_2.$$



Після занурення в рідину і заміни тіл місцями:  $(m_2 g - \rho V_2 g) l_1 = (m_1 g - \rho V_1 g) l_2; \quad 2 V_2 (\rho_2 - \rho) = V_1 (\rho_1 - \rho);$

$$V_1 (\rho_1 - \rho) = 2 V_2 (\rho_2 - \rho) \quad (1); \quad 2 \rho_1 V_1 = \rho_2 V_2 \quad (2).$$

Поділивши перше рівняння на друге одержимо  $\frac{\rho_1 - \rho}{2 \rho_1} = \frac{2 (\rho_2 - \rho)}{\rho_2}$ .

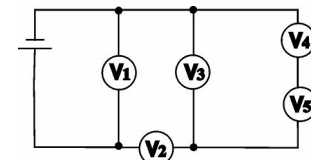
$$\rho_1 \rho_2 - \rho \rho_2 = 4 \rho_1 \rho_2 - 4 \rho_1 \rho; \quad \rho (4 \rho_1 - \rho_2) = 3 \rho_1 \rho_2; \quad \rho = \frac{3 \rho_1 \rho_2}{4 \rho_1 - \rho_2}.$$

Оскільки невідомо, де саме підвісити мідне, а де алюмінієве тіло, то можливі два розв'язки:  $\rho = 2,19$  г/см<sup>3</sup> або  $\rho = 37,94$  г/см<sup>3</sup>. Оскільки густина ртуті 13,6 г/см<sup>3</sup>, то очевидно, що другий розв'язок нереальний.

9 клас

1. Перемалюємо схему.  $U_3 = U_4 + U_5$ . Перевіряємо умову  $6\text{В} = 3\text{В} + 3\text{В}$ . Умова виконується.  $U_1 = U_2 + U_3$ .  $15\text{В} = 8\text{В} + 6\text{В}$  – не виконується. Отже несправний або 1, або 2 вольтметр. Запишемо ще одне рівняння  $I_2 = I_3 + I_{4,5}$ ,

$$\text{або } \frac{U_2}{R_6} = \frac{U_3}{R_6} + \frac{U_4}{R_6}; \quad U_2 = U_3 + U_4; \quad 8\text{В} = 6\text{В} + 3\text{В} \text{ – не}$$



виконується. Бачимо, що другий вольтметр повинен показувати 9 В, тоді всі умови виконуватимуться. Отже, несправний другий вольтметр.

2. Оскільки час руху  $t = 2$  с, то  $v_{oy} = gt = 20$  м/с. Висота підйому  $h = \frac{v_{oy}^2}{2g}$ ;

$$h = 20 \text{ м. Дальність польоту по горизонталі } l = \sqrt{S^2 - h^2} = 15 \text{ м.}$$

Знайдемо  $v_{ox} = l/t = 7,5$  м/с. Тоді швидкість кидання  $v_0 = \sqrt{v_{ox}^2 + v_{oy}^2} \approx 21 \text{ м/с}$ .

$$\text{Кут знайдемо із співвідношення } \text{tg} \alpha = \frac{v_{oy}}{v_{ox}} = \frac{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{7,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{8}{3}. \quad \alpha = \arctg(8/3) \approx 69^0.$$

3. Нехай лівий поршень змістився на  $h$ , тоді правий зміститься на  $h/5$ . Для того, щоб вода не виливалась, потрібно щоб  $h/5 \leq 0,2$  м, тобто  $h \leq 1$  м. Зміна тиску в лівій трубці  $\Delta p = \frac{mg}{S_1}$ . Різниця рівнів води в трубках  $\Delta h = h - \frac{h}{5} = \frac{4}{5} h$ .

Сила пружності пружини  $F = k \frac{h}{5}$ . Отже,  $\frac{mg}{S_1} = \rho g \frac{4}{5} h + \frac{kh}{5 S_2}$ . Звідси  $m = 12$  кг.

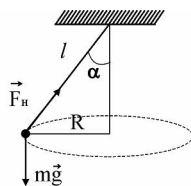
#### 4. Запишемо II закон Ньютона під час руху кульки

$$m \vec{a} = \vec{F}_n + m \vec{g}. \quad F_n \cdot \cos \alpha = mg \quad (1).$$

$$m \omega^2 R = F_n \cdot \sin \alpha, \text{ де } R = l \cdot \sin \alpha. \quad m \omega^2 l \sin \alpha = F_n \cdot \sin \alpha;$$

$$F_n = m \omega^2 l \quad (2). \text{ Поділимо рівняння 1 на рівняння 2.}$$

$$\cos \alpha = \frac{g}{\omega^2 l}. \quad \text{Якщо } \alpha_1 - \text{кут відхилення нитки на}$$



Землі, а  $\alpha_2$  – на Місяці, то  $\frac{\cos \alpha_1}{\cos \alpha_2} = \frac{g_z}{g_m}$ . Оскільки  $g_z > g_m$ , то  $\cos \alpha_1 > \cos \alpha_2$ , а

$\alpha_1 < \alpha_2$ . Отже, кут відхилення на Землі буде менший, ніж на Місяці.

5. Для того, щоб якнайшвидше потрапити в магазин, людина повинна за 30 с від'їхати назад і розігнатись, щоб в момент відкривання шлагбауму під'їхати до нього з якомога більшою швидкістю. Нехай час від'їзду назад  $t$ , час до відкриття шлагбауму  $t_0 = 30$  с. Тоді розгін триває  $t/2$ . Розгін до шлагбауму  $t_0 - t$ .

$$\text{Оскільки шляхи від'їзду і розгону рівні, то } \frac{a(t_0 - t)^2}{2} = \frac{a\left(\frac{t}{2}\right)^2}{2} + \frac{a\left(\frac{t}{2}\right)^2}{2};$$

$$(t_0 - t)^2 = 2\left(\frac{t}{2}\right)^2; \quad t_0 - t = \sqrt{2} \frac{t}{2}; \quad t = \frac{2t_0}{2 + \sqrt{2}}. \quad \text{Тоді швидкість, з якою під'їде}$$

$$\text{людина до шлагбауму: } v = a(t_0 - t) = a\left(t_0 - \frac{2t_0}{2 + \sqrt{2}}\right) = a\left(\frac{\sqrt{2}t_0}{2 + \sqrt{2}}\right).$$

$v \approx 3,08$  м/с < 5 м/с. Отже, до шлагбауму людина під'їжджає з швидкістю 3 м/с, потім розганяється до швидкості  $v_m = 5$  м/с, рухається певний час рівномірно і

$$\text{гальмує до зупинки. } t = \frac{v_m - v}{a} + \frac{l - \frac{v_m^2}{2a} - \frac{v_m^2 - v^2}{2a}}{v_m} + \frac{v_m}{a}. \quad t = 71,6 \text{ с.}$$

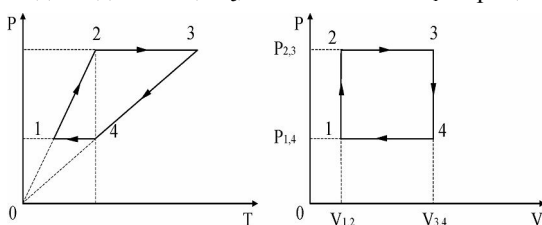
#### 10 клас

1. Максимальна температура відповідає точці  $T_3$ , мінімальна –  $T_1$ . Процеси

$$1-2 \text{ і } 3-4 \text{ є ізохорними, тому } \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ і } \frac{p_3}{p_4} = \frac{T_3}{T_4}.$$

Перемножимо рівняння і, враховуючи, що  $p_1 = p_4$ , а

$$p_2 = p_3, \text{ одержимо: } \frac{T_1}{T_2} = \frac{T_4}{T_3}.$$



Враховуючи, що  $T_2 = T_4$ , одержимо:  $T_4 = T_2 = \sqrt{T_1 \cdot T_3}$ . Для знаходження ККД,

зобразимо процес у координатах  $pV$ .  $\eta = \frac{A}{Q_n}$ . Робота чисельно дорівнює

площі прямокутника:  $A = (p_2 - p_1)(V_3 - V_2)$  і, враховуючи, що  $pV = \nu RT$  після розкриття дужок, одержимо:

$$A = \nu R(T_3 - 2T_2 + T_1) = R(T_3 - 2\sqrt{T_1 T_3} + T_1) = R(\sqrt{T_3} - \sqrt{T_1})^2. \quad \text{Тепло надається}$$

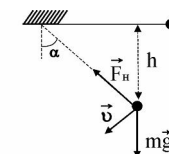
системі на ділянках 1-2 і 2-3, тому  $Q_n = \Delta U_{1-3} + A_{1-3}$  (I-й закон термодинаміки).

$$A_{1-3} = A_{1-2} + A_{2-3} = 0 + A_{2-3} = p_2(V_3 - V_2) = p_2 V_3 - p_2 V_2 = R(T_3 - T_2).$$

$$\Delta U_{1-3} = \frac{3}{2} \nu R(T_3 - T_1) = \frac{3}{2} R(T_3 - T_1).$$

$$Q_n = R(T_3 - T_2) + \frac{3}{2} R(T_3 - T_1) = \frac{5}{2} T_3 - \frac{3}{2} T_1 - \sqrt{T_3 T_1}. \quad \eta = \frac{(\sqrt{T_3} - \sqrt{T_1})^2}{\frac{5}{2} T_3 - \frac{3}{2} T_1 - \sqrt{T_3 T_1}} \approx 10\%.$$

2. Оскільки імпульс, що передається поверхні стола буде максимальним тоді, коли вертикальна складова швидкості буде найбільшою, визначимо це значення. Через проекцію на вісь ОУ, вертикальна складова максимальна у момент, коли  $mg - F_n \cos \alpha = 0$ . Згідно



II закону Ньютона для цього моменту:  $ma = F_n - mg \cos \alpha$ , де  $a$  – доцентрове

прискорення.  $a = \frac{v^2}{l}$ . Згідно закону збереження енергії:  $mgh = \frac{mv^2}{2}$ , де  $h$  -

шукана висота. Враховуючи, що  $h = l \cos \alpha$ , одержимо:  $v^2 = 2gl \cos \alpha$ . Тоді

$$ma = \frac{mv^2}{l} = \frac{m \cdot 2gl \cos \alpha}{l} = F_n - mg \cos \alpha \Rightarrow F_n = 3mg \cos \alpha.$$

Перше записане рівняння прийме вигляд:  $mg - 3mg \cos^2 \alpha = 0$  або

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{3} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}. \quad \text{Тоді } h = l \cos \alpha = \frac{l}{\sqrt{3}}. \quad \text{Значення вертикальної}$$

складової швидкості у цій точці  $v_g = v \sin \alpha = \sqrt{2gl \cos \alpha} \cdot \sin \alpha$ . Зміна

імпульсу кульки внаслідок удару  $\Delta p = -2mv_g = -2m\sqrt{2gl \cos \alpha} \cdot \sin \alpha$ .

Імпульс, переданий столу згідно III закону Ньютона

$$p = +2m\sqrt{2gl \cos \alpha (1 - \cos^2 \alpha)} = 4m\sqrt{\frac{gl}{3\sqrt{3}}}.$$

3. Стиснення газу буде максимальним, коли швидкості поршнів однакові. Згідно закону збереження імпульсу ( $m_{\text{газу}} < m_{\text{поршня}}$ ):  $mv + 2mv = 2mv_1$ , де  $v_1$  – швидкість, коли поршні найближче.  $v_1 = \frac{3}{2}v$ . Згідно закону збереження енергії:  $W_{k1} + W_{k2} = W'_{k1} + W'_{k2} + Q$ , де  $W_k$  – початкові кінетичні енергії,  $W'_k$  – кінетичні енергії під час максимального зближення.  $Q = \Delta U$  – кількість теплоти, яка дорівнює зміні внутрішньої енергії.

Враховуючи, що  $\Delta U = \frac{3}{2}vR\Delta T = \frac{3}{2}R(T - T_0)$ , запишемо:

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{m(2v)^2}{2} = \frac{2mv^2}{2} + \frac{3}{2}R(T - T_0). \text{ Звідси } T = \frac{mv^2}{6R} + T_0.$$

4. Оскільки шлях, який пройде алюмінієвий тягарець до повного занурення вдвічі менший, ніж шлях, пройдений шматком льоду, то після занурення тягарця лід повністю знаходиться у повітрі. З умови рівноваги

$$m_a g = F_{\text{нат}} + F_g \Rightarrow F_{\text{натягу}} = m_a g - \rho_g g V = m_a g - \rho_g g \frac{m_a}{\rho_a}.$$

Враховуючи

властивість рухомого і нерухомого блока,

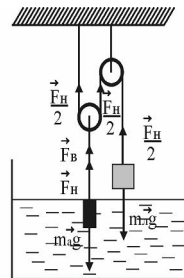
$$m_n g = \frac{F_n}{2} = \frac{m_a g}{2} \left( 1 - \frac{\rho_g}{\rho_a} \right) \Rightarrow m_n \approx 85g. \text{ Отже, повинно}$$

розтанути  $\Delta m = m - m_n = 400g$ .  $Q = \Delta mL = 13400 \text{ Дж}$ .

5. Сила взаємодії у повітрі  $F_1 = \frac{kq_1 q_2}{r_1^2}$ , у воді

$$F = \frac{kq_1 q_2}{\epsilon r_2^2}. \text{ Оскільки за умовою } F_1 = F_2, \text{ то } r_1^2 = \epsilon r_2^2.$$

Звідси  $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\epsilon} = 9$ . Отже, відстань необхідно зменшити у 9 разів.



### 11 клас

1. Дальність польоту каменя  $S = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{v_0^2}{g}$ . Звідси  $v_0 = \sqrt{gS} = 15 \text{ м/с}$ .

Дальність польоту каменя з рухомої платформи  $S_1 = (v + v_0 \cos \alpha)t$ , де  $t$  – час

польоту каменя,  $v$  – швидкість платформи. Час польоту  $t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$ .

Тоді дальність польоту

$$S_1 = (v + v_0 \cos \alpha) \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}. \text{ Оскільки } v = v_0, \text{ то } S_1 = \frac{2v_0^2}{g} (1 + \cos \alpha) \sin \alpha.$$

Знайдемо максимальне значення, якого може набувати даний вираз. Нехай  $y = (1 + \cos \alpha) \sin \alpha$ ;  $y' = -\sin^2 \alpha + (1 + \cos \alpha) \cos \alpha$ .

$$-\sin^2 \alpha + \cos \alpha + \cos^2 \alpha = 0; \cos^2 \alpha + \cos \alpha - (1 - \cos^2 \alpha) = 0;$$

$2\cos^2 \alpha + \cos \alpha - 1 = 0$ . Розв'язавши останнє рівняння, отримаємо:

$$\cos \alpha = \frac{-1+3}{4} = \frac{1}{2}, \cos \alpha = \frac{-1-3}{4} = -1 \text{ (не задовольняє умову задачі), } \alpha = 60^\circ.$$

$$\text{Остаточно маємо: } S_1 = \frac{2 \cdot 225}{10} \left( 1 + \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 58,5 \text{ м}.$$

2. Під час руху стержня в магнітному полі в ньому виникає індукційний струм, напрям якого визначається за правилом правої руки. Цей струм заряджатиме конденсатор. На стержень діє сила Ампера, яка направлена вгору вздовж похилої площини. Рівняння руху стержня:

$$ma = mg \sin \alpha - F_A = mg \sin \alpha - iBl \quad (1). \text{ Напруга на конденсаторі}$$

$$U_c = \mathcal{E}_{\text{інд}} = Blv. \text{ Заряд на конденсаторі } q_c = U_c \cdot C. \text{ Сила струму в колі в}$$

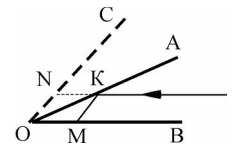
$$\text{будь-який момент часу } i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = CBl a. \text{ З рівняння 1: } ma = mg \sin \alpha - CB^2 l^2 a;$$

$$a = \frac{mg \sin \alpha}{m + CB^2 l^2}. \text{ Швидкість руху стержня } v = at. \text{ Тоді напруга на}$$

$$\text{конденсаторі через час } t: U_c = \frac{Blmg \sin \alpha t}{m + CB^2 l^2}. \text{ Після переведення ключа у}$$

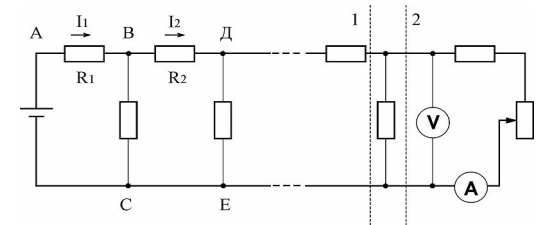
$$\text{положення 2: } \frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2}. \text{ Звідси } I = U \sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{Blmg \sin \alpha \cdot t}{m + CB^2 l^2} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}.$$

3. Відобразимо симетрично дзеркало ОВ відносно дзеркала ОА. Тоді промінь КМ відобразиться в промінь КN. Таким чином траєкторія променя залишатиметься прямою. Аналогічно відобразимо дзеркало ОА відносно дзеркала ОС і т. д. будемо продовжувати доти, поки одне із відображень дзеркала не займе горизонтального положення і світловий промінь поширюватиметься далі



$$\text{вільно, не відбиваючи від дзеркал. Кількість відбивань } n = \frac{180^\circ - \alpha}{\alpha} = 8.$$

4. Якщо схема складається з двох послідовно з'єднаних резисторів, то при збільшенні опору одного з них опір всієї схеми збільшиться. При збільшенні опору одного з паралельно з'єднаних



резисторів, опір всієї схеми збільшується. Ділянка схеми, правіше від пунктирної лінії 1 складається з послідовно з'єднаних резистора і реостата. Отже, опір цієї ділянки збільшується. Ділянка схеми, що розташована правіше від пунктирної лінії 2 складається з паралельно з'єданого резистора і ділянки розглянутої раніше, опір якої збільшується. Отже, опір ділянки правіше від лінії 2 збільшується. Аналізуючи наступні ділянки схеми, приходимо до висновку, що збільшується опір всієї схеми. Отже, загальний струм кола (тобто струм  $I_1$ ) зменшується. Напруга між точками А і В становить  $I_1 R_1$ . Позначимо напругу між точками В і С через  $U_{BC}$ . Тоді  $U = U_{BC} + I_1 R_1$ , де  $U$  – напруга гальванічного елемента. З даного рівняння робимо висновок, що  $U_{BC}$  збільшується ( $U$  і  $R_1$  не змінюється, а  $I_1$  зменшується), а отже і струм  $I_{BC}$  – збільшується. Оскільки  $I_2 = I_1 - I_{BC}$ ,  $I_1$  зменшується,  $I_{BC}$  збільшується, то  $I_2$  зменшується. Оскільки  $U_1 = I_2 R_2 + U_{DE}$ , то напруга  $U_{DE}$  збільшується. Продовжуючи даний аналіз приходимо до висновку, що покази амперметра зменшаться, а покази вольтметра збільшаться.

5. На підвішений тягарець діє сила пружності  $F = -kx$ , яка зрівноважена силою тяжіння. Отже  $mg = -kx$ . Період коливань  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ . Отже,

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{x}{g}}. T = 0,12\pi \text{ с} \approx 0,37 \text{ с}.$$

#### м.Рівне, січень 2006 р., практичний тур

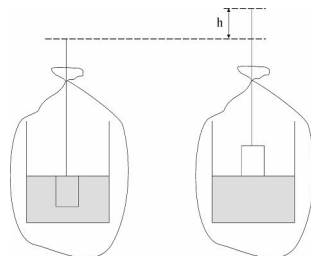
##### 8 клас

1. Визначаємо за допомогою динамометра вагу тіла у воді  $F_1$  і піднімаємо тіло вгору. Покази динамометра по мірі виринання з води будуть збільшуватись. Коли збільшення припиниться, це значить тіло вирине зовсім. Тоді динамометр покаже вагу тіла у повітрі  $F_2$ .  $F_{\text{виш}} = F_2 - F_1$ ,

$\rho_{\text{води}} g V_{\text{тіла}} = F_2 - F_1$ . Звідси визначаємо

$$\text{об'єм тіла. } V_{\text{тіла}} = \frac{F_2 - F_1}{\rho_{\text{в}} g}. \rho_{\text{тіла}} = \frac{F_2 \rho_{\text{в}}}{F_2 - F_1}.$$

Визначаємо висоту циліндра. Динамометром фіксуємо момент коли тіло починає виринати (покази починають зростати, мал.1) і момент, коли тіло повністю виринуло (покази перестають зростати, мал.2). Відстань  $h$ , яку вимірюємо лінійкою, і є висота циліндра.

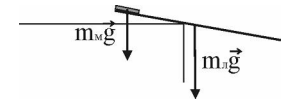


2. Один із способів визначення. На краю стола зрівноважуємо лінійку, на краю якої лежить монета 1 коп.  $m_{m_1} g l_1 = m_l g l$ . Замість монети 1 коп.

кладемо монету 5 коп. на лінійку і, переміщуючи її, знову добиваємось

рівноваги.  $m_{m_2} g l_2 = m_l g l$ . З умови рівноваги

$$\text{визначаємо відношення мас: } \frac{m_{m_2}}{m_{m_1}} = \frac{l_1}{l_2}.$$



##### 9 клас

2. Один з способів визначення. Підвісивши брусок на гумовій нитці, вимірюємо видовження нитки  $x_1$ . При цьому  $mg = kx_1$ . Рухаємо брусок рівномірно. Нитка розтягується. При цьому  $F_{\text{тяги}} = kx_2 = F_{\text{тертя}}$ .

$$\text{Тоді } \mu = \frac{F_{\text{тертя}}}{N} = \frac{F_{\text{тертя}}}{mg} = \frac{kx_2}{kx_1} = \frac{x_2}{x_1}.$$

##### 10 клас

1. Один із способів визначення. Пластиліном закриємо отвір шприца. Якщо від піпетки відривається краплина, то умова відриву:  $\sigma \cdot 2\pi r = mg$ .

$$\sigma = \frac{\rho V_o g}{2\pi r} = \frac{\rho V g}{n \cdot 2\pi r}, \text{ де } \rho - \text{густина рідини, } V - \text{об'єм рідини, } n - \text{кількість}$$

крапель,  $r$  – радіус отвору піпетки. Якщо в шприц накапати однакові об'єми води і невідомої рідини з тієї самої піпетки, то  $\frac{\sigma_{\text{в}}}{\sigma_{\text{р}}} = \frac{\rho_{\text{в}} \cdot n_{\text{р}}}{n_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{р}}}$ .  $\sigma_{\text{р}} = \frac{\sigma_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{р}}}{\rho_{\text{в}} \cdot n_{\text{р}}}$ .

2. Один із способів визначення. Зв'язуємо гумові нитки, фіксуємо положення точки з'єднання і кінців ниток. Розтягуємо нитки і при цьому вимірюємо видовження гумових ниток  $x_1$  і  $x_2$ .  $|F_1| = k_1 x_1$ ;  $|F_2| = k_2 x_2$ . Оскільки

$$|F_1| = |F_2|, \text{ то } \frac{k_1}{k_2} = \frac{x_2}{x_1}.$$

##### 11 клас

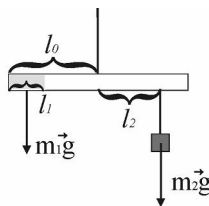
1. Один із способів визначення: Щоб визначити радіус кульки математичного маятника, треба двічі знайти період коливання маятника: один раз довжиною  $l$ , а другий раз – довжиною  $l-d$ , де  $d$  – діаметр кульки. Для цього фіксуємо положення верхньої точки кульки і вкорочуємо нитку так, щоб в цьому

положенні була нижня точка кульки. Тоді в першому випадку  $T_1 = \frac{t_1}{n_1}$ ,

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \text{ отже } l = \frac{t_1^2 g}{4\pi^2 n_1^2}.$$

Аналогічно  $l-d = \frac{t_2^2 g}{4\pi^2 n_2^2}$ . Звідси  $d = \frac{g}{4\pi^2} \left( \frac{t_1^2}{n_1^2} - \frac{t_2^2}{n_2^2} \right)$ ,  $r = \frac{g}{8\pi^2} \left( \frac{t_1^2}{n_1^2} - \frac{t_2^2}{n_2^2} \right)$ .

2. Один із способів визначення. Прив'яжемо нитку до середини трубки. До кінця трубки без пластиліну прив'яжемо на нитці шматочок пластиліну і, переміщуючи його, добиваємося рівноваги. Рівність моментів:  $m_1 g \left( \frac{l_0}{2} - \frac{l_1}{2} \right) = m_2 g l_2$ .  $\rho l_1 S \left( \frac{l_0}{2} - \frac{l_1}{2} \right) = \rho V_2 l_2$ ;



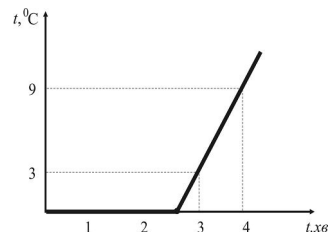
$$\frac{l_1 l_0}{2} - \frac{l_1^2}{2} = \frac{V_2 l_2}{S}.$$

Отримали квадратне рівняння відносно  $l_1$ .  $l_0$  та  $l_2$  – вимірюємо лінійкою,  $V_2$  – об'єм підвішеного шматка пластиліну, який робимо у формі кубика:  $V_2 = a \cdot b \cdot c$ ,  $S$  – внутрішній поперечний переріз трубки:  $S = \frac{\pi d^2}{4}$ ,  $d$  – вимірюємо лінійкою.

#### м.Рівне, січень 2007 р., теоретичний тур

##### 8 клас

1. Побудуємо графік залежності температури від часу. Початкова температура  $0^\circ\text{C}$ . Від третьої до четвертої хвилини нагрівалася вода, отже графік – пряма лінія. Провівши її до перетину з віссю часу, отримаємо точку, коли весь лід розтав. З графіка видно, що  $t = 2,5 \text{ хв} = 150 \text{ с}$ . Отже  $Pt = \lambda \cdot m_{\text{л}}$ .



$$m_{\text{л}} = \frac{P \cdot t}{\lambda} = 0,15 \text{ кг}.$$

Нагрівник працює

однаково, то для нагрівання всієї води можна записати  $P \cdot t_1 = mc\Delta t$ .

$$m = \frac{P \cdot t_1}{c\Delta t} \approx 0,8 \text{ кг}.$$

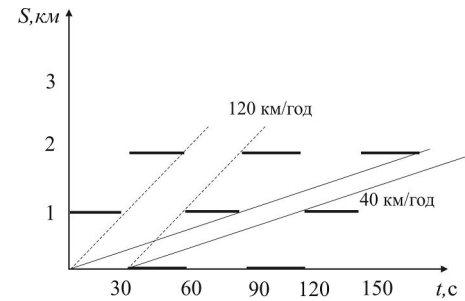
2. Спочатку води в акваріумі немає.  $F_1 = 2mg = 2\rho_{\text{ц}} V_{\text{ц}} g$ ;  $F_1 = 80 \text{ Н}$ . Оскільки сила тиску на дно зазнавала нелінійної зміни в точках  $h=6 \text{ см}$ ,  $h=30 \text{ см}$ , то довжина одного ребра  $a=6 \text{ см}$ , другого  $b=24 \text{ см}$ . Зменшення сили тиску відбувається завдяки архімедовій силі  $F_{A1} = F_1 - F_2 = 17 \text{ Н}$ .  $F_{A1} = \rho_{\text{в}} g V_{\text{ц}}$ .

$$\text{Звідси } V_{\text{ц}} = \frac{F_{A1}}{\rho_{\text{в}} g} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3. \text{ Тоді третє ребро } c = \frac{V_{\text{ц}}}{a \cdot b} = 0,118 \text{ м} \approx 12 \text{ см}.$$

$$\rho_{\text{ц}} = \frac{F_1}{2V_{\text{ц}} \cdot g} = 2,35 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3.$$

На одну цеглину діє  $F_{A1} = 17 \text{ Н}$ . На дві цеглини-  $F_{A2} = 34 \text{ Н}$ . Тому поділ на осі  $F$  відповідає значенню сили  $80-34=46 \text{ Н}$ .

3. Намалюємо графік руху автомобіля. По горизонтальній осі відкладаємо час у секундах, по вертикальній осі – шлях у кілометрах. Нехай в початковий момент включилося зелене світло. Чорним кольором позначимо час горіння червоного світла. Відстань 1 км автомобіль, який рухається з швидкістю 40 км/год, проїжджає за  $1/40 \text{ год} = 90 \text{ с}$ . Отже в точці  $S=1 \text{ км}$  в момент часу  $t=90 \text{ с}$  повинно загорітись зелене світло. Намалюємо графік горіння світлофора. З графіка видно, що автомобіль буде їхати без зупинок, якщо 1 км проїде за 30 с, 90 с, 150 с..., отже швидкість автомобіля, яка задовольняє умову  $v_1 = (1 \text{ км}/30 \text{ с}) \cdot 3600 \text{ с} = 120 \text{ км/год}$ ;  $v_2 = (1 \text{ км}/150 \text{ с}) \cdot 3600 \text{ с} = 24 \text{ км/год}$ , що не задовольняє умову задачі. Отже  $v=40 \text{ км/год}$ ; 120 км/год.



4. Щоб більша шестерня зробила 1 оберт, меншій потрібно  $60/12=5$  обертів. Вантаж при цьому підніметься на відстань  $\pi d$ , а рука пройде шлях  $5 \cdot 2\pi l$ . Тоді програш в шляху і відповідно виграш в силі буде

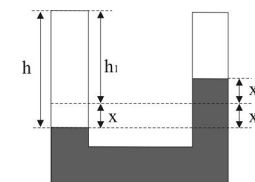
$$\frac{10\pi l}{\pi d} = 100.$$

Отже  $mg = 100F$ ;  $m=2000 \text{ кг}$ .

5. Густина гасу менша за густину води, отже верхній рівень гасу завжди вищий рівня води, тобто витікати почне гас.

$$\rho_{\text{г}} gh = \rho_{\text{в}} g 2x, \text{ де } x = h - h_1. \rho_{\text{г}} gh = 2\rho_{\text{в}} gh - 2\rho_{\text{в}} gh_1.$$

$$h(2\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{г}}) = 2\rho_{\text{в}} h_1. h = \frac{2\rho_{\text{в}} h_1}{2\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{г}}} = 15 \text{ см}.$$



##### 9 клас

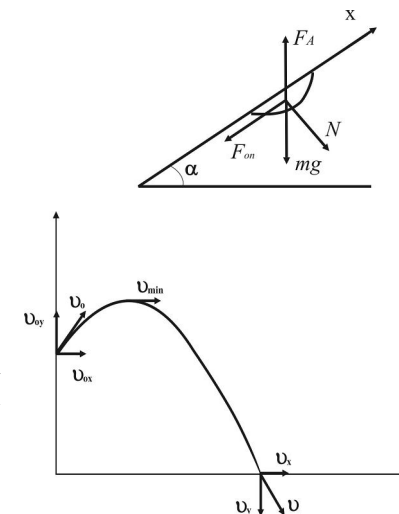
1. II закон Ньютона:  $0 = m \vec{g} + \vec{N} + \vec{F} + \vec{F}_A$ .

Вісь  $Ox$  направимо вздовж стінки посудини  $F_A \sin \alpha - F_{\text{он}} - mg \sin \alpha = 0$ .

$$F = (F_A - mg) \sin \alpha. F = V \cdot g (\rho_{\text{г}} - \rho_{\text{к}}) \sin \alpha.$$

2. Траєкторія руху стріли є вітка параболи. За умовою швидкість падіння стріли більша за початкову, отже точка падіння нижча за точку вильоту. Мінімальною буде швидкість у вершині параболи.

$$v_{\text{min}} = v_0 \cos \alpha. \text{ Знайдемо}$$



кут  $\alpha$ .  $v_{ox} = v_0 \cos \alpha$ ;  $v_{oy} = v_0 \sin \alpha$ ;  $v_x = v_0 \cos \alpha$ ;

$$v_y = v_{oy} - gt = v_0 \sin \alpha - gt. \quad v^2 = v_x^2 + v_y^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha - gt)^2.$$

$$v^2 = v_0^2 - 2v_0 \sin \alpha gt + g^2 t^2. \quad \sin \alpha = \frac{v_0^2 - v^2 + g^2 t^2}{2v_0 gt}.$$

$$\sin \alpha \approx 0,38, \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - 0,38^2} = 0,92. \quad v_{\min} \approx 36 \text{ м/с}.$$

3. Нехай опір лампочки  $R$ , а напруга  $U$ . Розглянемо перший випадок, коли ключ незамкнений. Напруга на ділянці, що містить

паралельне з'єднання  $U_1 = U + 90 \cdot \frac{U}{R}$ . Сила

струму на цій ділянці становить  $\frac{U}{R} + \frac{U_1}{180}$ . Тоді

закон Ома для даної схеми запишеться:

$$U + 90 \cdot \frac{U}{R} + 90 \cdot \left( \frac{U}{12} + \frac{U + 90 \cdot \frac{U}{R}}{180} \right) = 54. \quad U + 180 \frac{U}{R} + \frac{U}{2} + 45 \frac{U}{R} = 54.$$

$$\frac{3}{2}U + 225 \frac{U}{R} = 54 \quad (1).$$

Після замикання ключа схему можна перемалювати так:

Сила струму на ділянці паралельного з'єднання лампочки і резистора становить  $\frac{U}{R} + \frac{U}{90}$ . Закон

Ома для ділянки кола, що містить два резистори і лампочку запишеться

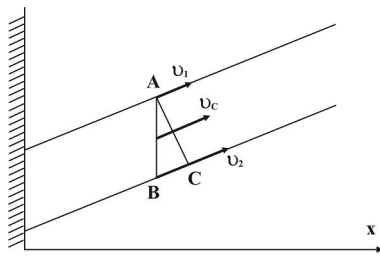
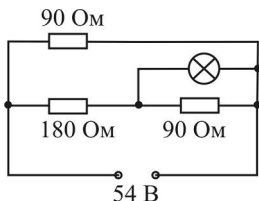
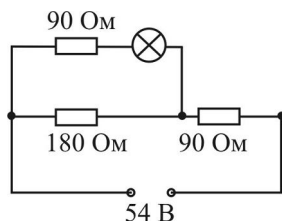
$$U + 180 \cdot \left( \frac{U}{R} + \frac{U}{90} \right) = 54; \quad 3U + 180 \frac{U}{R} = 54 \quad (2).$$

Розв'яжемо систему рівнянь 1 і 2:

$$\begin{cases} \frac{3}{2}U + 225 \frac{U}{R} = 54 \\ 3U + 180 \frac{U}{R} = 54 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 3U + 450 \frac{U}{R} = 108 \\ 3U + 180 \frac{U}{R} = 54 \end{cases}$$

$$\frac{U}{R} = \frac{2}{10}. \quad 3U + 36 = 54; \quad U = 6 \text{ В}; \quad R = 30 \text{ Ом}.$$

4. а) кульки рухаються в одному напрямку. Розглянемо рух середини і другої кульки відносно першої. Швидкість середини



$v_c - v_1$ . Швидкість другої кульки  $v_2 - v_1$ . Середина нитки опише середню лінію в трикутнику  $ABC$ . Отже  $(v_c - v_1) \cdot t = \frac{v_2 - v_1}{2} \cdot t$ .  $v_c = \frac{v_2 + v_1}{2}$ .

Проекція цієї швидкості на вісь  $Ox$ :  $v_{cx} = v_c \cdot \sin \alpha$ . Тоді швидкість середини відносно зображення становить  $2v_c \sin \alpha = (v_2 + v_1) \cdot \sin \alpha$ .

Аналогічно розглянемо випадок, коли кульки рухаються назустріч. Швидкість середини  $v_c + v_1$ . Швидкість другої кульки  $v_2 + v_1$ .

$$(v_c + v_1) \cdot t = \frac{v_2 + v_1}{2} \cdot t. \quad v_c = \frac{v_2 - v_1}{2}.$$

Швидкість середини відносно зображення  $(v_2 - v_1) \cdot \sin \alpha$ .

5. Швидкість осі циліндра  $O$ :  $v_2 = 2$  м/с. Нехай за час  $t$  верхня нитка перемістилась на  $v_1 t$ , а нижня нитка – на  $v_2 t$ . Тоді нитка, до якої підвішено вантаж за цей час переміститься на відстань  $vt = \frac{v_1 t_1 + v_2 t}{2}$ .

$$\text{Звідси } v = \frac{v_1 + v_2}{2} = 3 \text{ м/с}.$$

## 10 клас

1. Максимальна швидкість у каскадера була на висоті  $h$  над землею, тобто в положенні рівноваги, де сила тяжіння  $mg$  зрівноважена силою пружності  $k \cdot (H - h - l)$ , оскільки вище за цю точку сила тяжіння більша – рух каскадера прискорений, нижче – сила пружності більша – рух каскадера сповільнений. Умова рівноваги в точці 2:  $mg = k(H - l - h)$  (1). Закон збереження енергії для положень 1 і 3:

$$mgH = \frac{k(H - l)^2}{2} \quad (2). \quad \text{З цих двох рівнянь визначимо } l:$$

$$(kH - kl - kh)H = \frac{k(H^2 - 2lH + l^2)}{2}. \quad 2kH^2 - 2klH - 2khH = kH^2 - 2klH + kl^2.$$

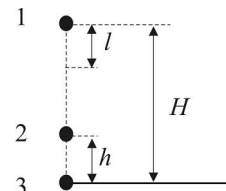
$$kH^2 - 2khH = kl^2. \quad l = \sqrt{H^2 - 2Hh}.$$

$$\text{Закон збереження для точок 1 і 2: } mgH = mgh + \frac{k(H - l - h)^2}{2} + \frac{mv^2}{2}.$$

$$\text{Враховуючи рівняння (1), запишемо: } mgH = mgh + \frac{mg(H - l - h)^2}{2} + \frac{mv^2}{2}.$$

$$\frac{v^2}{2} = gH - gh - \frac{g(H - l - h)^2}{2}. \quad v^2 = g(2H - 2h - H + l + h). \quad v^2 = g(H - h + l).$$

$$v = \sqrt{g(H - h + \sqrt{H^2 - 2Hh})} \approx 28 \text{ м/с}.$$





2. Максимальну висоту струменя можна визначити за формулою  $h = \frac{v_0^2}{2g}$ .

Струмінь створює реакцію  $F$ . Згідно II закону Ньютона  $F\Delta t = \Delta m v_0$ .

$\Delta m = \rho \mu \Delta t$ , де  $\mu$  – об'ємний розхід води. Тоді  $v_0 = \frac{F}{\rho \mu}$ .

Отже  $h_{\max} = \frac{F_{\max}^2}{2g\rho^2\mu^2} = 45\text{ м}$ .

3. В даному процесі газ віддає кількість теплоти  $Q_1$  на ділянці 2-3 і отримує кількість теплоти  $Q_2$  та  $Q_3$  на ділянках 1-2 і 3-4. На ділянці 4-1 над робочим тілом виконується робота без теплообміну з зовнішнім середовищем, тому

$Q=0$  на ділянці 2-3. Згідно I закону термодинаміки  $Q_1 = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_3)$ .

Враховуючи рівняння Менделєєва-Клапейрона, отримаємо:

$Q_1 = \frac{3}{2}V_2(p_1 - p_3)$ . Для ізобарних процесів 1-2 і 3-4 запишемо I закон

термодинаміки:  $Q_2 = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) + p_1(V_2 - V_1)$ ;  $Q_3 = \frac{3}{2}\nu R(T_4 - T_3) + p_3(V_4 - V_2)$ .

Враховуючи рівняння Менделєєва-Клапейрона, що  $\nu RT_2 = p_1 V_2$ ;  $\nu RT_1 = p_1 V_1$ ;  $\nu RT_4 = p_3 V_4$ ;  $\nu RT_3 = p_3 V_2$ , отримаємо:

$Q_2 + Q_3 = \frac{3}{2}p_1(V_2 - V_1) + p_1(V_2 - V_1) + \frac{3}{2}p_3(V_4 - V_2) + p_3(V_4 - V_2)$ .

$Q_2 + Q_3 = \frac{5}{2}p_1(V_2 - V_1) + \frac{5}{2}p_3(V_4 - V_2)$ .

$\eta = \frac{Q_2 + Q_3 - Q_1}{Q_2 + Q_3} = 1 - \frac{Q_1}{Q_2 + Q_3} = 1 - \frac{3V_2(p_1 - p_3)}{5(p_1(V_2 - V_1) + p_3(V_4 - V_2))}$ .

$\eta \approx 0,133 = 13,3\%$ .

4. Зафіксуємо на графіку деякий об'єм (наприклад, який відповідає другій клітинці). Для сталого об'єму і маси рівняння Менделєєва-Клапейрона

можна записати:  $\frac{p_1}{p_2} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$ . Враховуючи значення молярних мас, одержимо:

$\frac{p_{H_2}}{p_{He}} = \frac{1}{2}$ ;  $\frac{p_{He}}{p_{CH_4}} = \frac{1}{4}$ ;  $\frac{p_{H_2}}{p_{CH_4}} = \frac{1}{8}$ . Співвідношення між тисками з графіка:

$\frac{p_a}{p_b} = \frac{1}{2}$ ;  $\frac{p_a}{p_c} = \frac{1}{8}$ ;  $\frac{p_b}{p_c} = \frac{1}{4}$ . Порівнюючи теоретичні і експериментальні

результати можна констатувати, що ділянка  $a$  відповідає водню,  $b$  – гелію,  $c$  – метану. З азотом дослід не проводився.

5. Збільшення тиску повітря відбулось за рахунок випаровування води. Вода випаровується і її пара в колбі стає насиченою. Парціальний тиск водяної пари в повітрі  $p = p_n - \rho gh$ . Тоді відносна вологість повітря

$\varphi = \frac{p}{p_n} = \frac{p_n - \rho gh}{p_n} = 1 - \frac{\rho gh}{p_n} = 57\%$ .

### 11 клас

1. Виберемо вісь  $Ox$  і прийнемо  $x=0$  посередині між центрами посудин. Центр мас має координату  $x$ . Оскільки в горизонтальному напрямі на систему не діють зовнішні сили, то центр мас по горизонталі не буде зміщуватись. Після змішування газів центр мас буде посередині між центрами куль. Отже, система зміститься на відстань  $x$  в напрямку кулі з газом  $CO_2$ . Запишемо

умову рівноваги важеля:  $m_1\left(\frac{l}{2} + x\right) = m_2\left(\frac{l}{2} - x\right)$ . Звідси  $x = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} \cdot \frac{l}{2}$ .

Оскільки  $m = \nu \mu$  і  $\nu_1 = \nu_2$ , то  $x = \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_2 + \mu_1} \cdot \frac{l}{2}$ .  $x = 10$  см.

2. Якщо опори вольтметрів  $R$ , то  $U_1 = \frac{\mathcal{E}}{R+r} \cdot R$ . Після під'єднання ще одного

вольтметра  $U_2 = \frac{\mathcal{E}}{\frac{R}{2}+r} \cdot \frac{R}{2} = \frac{\mathcal{E}}{R+2r} \cdot R$ . По аналогії, після під'єднання

третього вольтметра  $U_3 = \frac{\mathcal{E}}{R+3r} \cdot R$ .

$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R+2r}{R+r} = \frac{\frac{R}{r}+2}{\frac{R}{r}+1}$ .  $U_1 \cdot \frac{R}{r} + U_1 = U_2 \cdot \frac{R}{r} + 2U_2$ .

$\frac{R}{r} = \frac{2U_2 - U_1}{U_1 - U_2} = 7$ .  $\frac{U_1}{U_3} = \frac{\frac{R}{r}+3}{\frac{R}{r}+1} = \frac{10}{8}$ .  $U_3 = \frac{8U_1}{10} = 7,2B$ .

$\mathcal{E} = \frac{U_1 R + U_1 r}{R} = U_1 + U_1 \frac{r}{R} = U_1 \left(1 + \frac{r}{R}\right)$ .  $\mathcal{E} = 10 \frac{2}{7} B$ .

3. Нехай координата вантажу змінюється за законом  $x = A \sin \omega t$ .

Тоді  $v = x' = \omega A \cos \omega t$ .  $a = v' = x'' = -\omega^2 A \sin \omega t$ .

Миттєва потужність  $p = f \cdot v = mav = -\frac{1}{2} m \omega^3 A^2 \sin 2\omega t$ .

Максимальне значення потужності  $P_0 = \frac{1}{2} m \omega^3 A^2$ , де  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ . Тоді

$$P_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{k^3}{m}} \cdot A^2.$$

4. Коефіцієнт трансформації визначається співвідношенням

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{U_1}{U_{обм.} + U_{пр.} + U_{спож.}}.$$

Силу струму у вторинній обмотці знайдемо із співвідношення

$$I = \frac{P}{U_{спож.}} = \frac{1100}{110} = 10 \text{ А}. U_{обм.} = I \cdot R_{обм.}; U_{пр.} = I \cdot R_{пр.}.$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{I \cdot R_{обм.} + I \cdot R_{пр.} + U_{спож.}}. n_2 = \frac{(I \cdot R_{обм.} + I \cdot R_{пр.} + U_{спож.}) \cdot n_1}{U_1}.$$

$$n_2 = 678. S = \frac{I}{j} = \frac{10 \text{ А}}{200 \text{ А/мм}^2} = 0,05 \text{ мм}^2.$$

5. При постійному струмові в котушці  $I = \frac{U}{R}$ . Після вимикання ключа

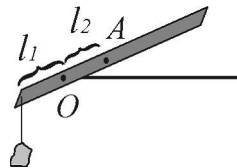
$$\text{виділяється енергія } W = \frac{LI^2}{2}. \text{ Звідси } U = R \sqrt{\frac{2W}{L}} = 10 \text{ В}.$$

#### м.Рівне, січень 2007 р., практичний тур

##### 8 клас

1. Знаючи параметри паперу ( $80 \text{ г/м}^2$ ) і, вимірявши площу аркуша, можна знайти його масу. Визначаємо центр мас лінійки, зрівноваживши її на краю парти. Згортаємо аркуш паперу, підвішуємо на нитці до краю лінійки і знову зрівноважуємо на краю парти.

$$m_a g l_1 = m_n g l_2. \text{ Звідси } m_n = \frac{m_a l_1}{l_2}.$$



2. Вимірюємо за допомогою динамометра вагу тіла з пластиліном  $P_1$ .

Зануривши це тіло у воду, вимірюємо його вагу у воді  $P_2$ .  $P_1 - P_2 = \rho_e g V_T$ ,

$$\text{звідки } V_T = \frac{P_1 - P_2}{\rho_e g}. P_1 = m_T g, \text{ звідки } m_T = \frac{P_1}{g}. \frac{m_{пл.}}{\rho_{пл.}} + \frac{m_{цил.}}{\rho_{цил.}} = V_T. \text{ Оскільки}$$

$$m_{пл.} = m_T - m_{цил.}, \text{ то } \frac{m_T - m_{цил.}}{\rho_{пл.}} + \frac{m_{цил.}}{\rho_{цил.}} = V_T. m_{цил.} \left( \frac{1}{\rho_{цил.}} - \frac{1}{\rho_{пл.}} \right) + \frac{m_T}{\rho_{пл.}} = V_T,$$

$$\text{звідки } m_{цил.} = \frac{(V_T \cdot \rho_{пл.} - m_T) \cdot \rho_{цил.}}{\rho_{пл.} - \rho_{цил.}}.$$

##### 9 клас

1. Визначаємо температуру склянки  $t_1$ . Вона дорівнює температурі навколишнього середовища, яку вимірюємо термометром. Вимірюємо температуру теплої води  $t_2$ . Наливаємо повну склянку теплої води і чекаємо коли настане теплова рівновага. Вимірюємо температуру  $t$ . Переливаємо воду у мензурку, вимірюємо її об'єм і обчислюємо масу  $m_e = \rho_e V_e$ .

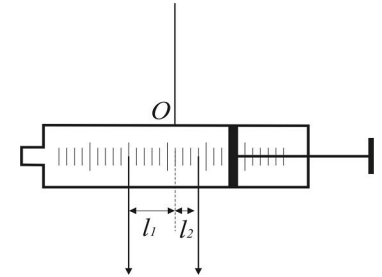
Записуємо рівняння теплового балансу:  $m_c c_c (t - t_1) = m_e c_e (t - t_2)$ ;

$$C(t - t_1) = m_e c_e (t - t_2), \text{ звідки } C = m_e c_e \frac{t - t_2}{t - t_1}.$$

2. Можливий розв'язок зводиться до порівняння маси шприца з масою набраної в нього води. До шприца прив'язують нитку, в шприц набирають воду (більше половини) і досягають горизонтального положення шприца.

Умова рівноваги:  $F_{ш} \cdot l_2 = F_e \cdot l_1$ . Визначають плече  $l_1$  по поділках шкали шприца. Для визначення  $l_2$  знаходять положення центра мас пустого шприца при незмінному положенні поршня. Для цього виливають воду, поршень переміщують в попереднє положення і зсовують нитку до тих пір, поки шприц займе горизонтальне положення. Тоді  $m_{ш} = m_e \cdot \frac{l_1}{l_2}$ . Масу

води визначають за позначками на балоні шприца.



##### 10 клас

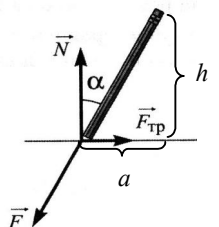
1. Для визначення густини необхідно відмітити початковий рівень води в посудині, опустити на нитці пластилін у воду і визначити зміну рівня води  $h_1$ . За цих умов об'єм шматка пластиліну  $V = Sh_1$ , де  $S$  – площа перерізу посудини (вважаємо, що посудина циліндрична).

Потім потрібно надати пластиліну форму човника, опустити на воду і визначити зміну рівня води  $h_2$ . З умови плавання човника  $mg = \rho_e g \cdot Sh_2$ . Маса

$$\text{пластиліну } m = \rho_e \cdot S \cdot h_2. \text{ Тоді густина } \rho = \frac{m}{V} = \frac{\rho_e \cdot h_2}{h_1}.$$

2. Поставимо олівець загостреним кінцем на папір і будемо тиснути пальцем на верхній кінець. При малих кутах нахилу олівця з вертикаллю олівець не буде ковзати при будь-якій силі тиску  $F$ . Ця сила зрівноважується рівнодійною сил реакції опори  $N$  і сили тертя  $F_{тер.}$ . Збільшуємо кут нахилу і помічаємо положення олівця, коли почнеться проковзування по аркушу паперу.  $F_{тер.} = F \cdot \sin \alpha$ ;  $N = F \cdot \cos \alpha$ .

Врахуємо, що  $F_{тер.} = \mu \cdot N = \mu \cdot F \cdot \cos \alpha$ .



Тоді  $\mu = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha$ .  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{h}$ , отже  $\mu = \frac{a}{h}$ .

Лінійкою вимірюємо відстані  $a$  і  $h$ , за яких починається проковзування.

### 11 клас

1. Вимірюємо температуру повітря в кімнаті  $t_c$ . Змочивши ватку водою, обгортаємо резервуар термометра. Коливним рухом аркуша паперу утворюємо конвекційні потоки повітря біля термометра і визначаємо температуру вологого термометра  $t_v$ , коли його покази перестануть змінюватися. Використовуючи психрометричну таблицю визначаємо відносну вологість повітря  $\varphi$ . Скориставшись таблицею залежності тиску і густини насиченої пари від температури, визначаємо тиск насиченої пари  $p_n$  при температурі, яка відповідає показам сухого термометра. За формулою

$$\varphi = \frac{p}{p_n} \cdot 100\% \text{ визначаємо тиск водяної пари } p, \text{ а за таблицею густину}$$

водяної пари  $\rho$ , яка відповідає цій температурі. Враховуючи, що  $\rho = m_0 \cdot n_0$ ,

а  $m_0 = \frac{\mu}{N_A}$ , де  $\mu$  - молярна маса води, визначаємо концентрацію молекул  $n_0$ :

$$n_0 = \frac{\rho \cdot N_A}{\mu}. \text{ З рівняння } p = n_0 \cdot k \cdot T \text{ визначаємо сталу Больцмана:}$$

$$k = \frac{p}{n_0 \cdot T} = \frac{p \cdot \mu}{\rho \cdot N_A \cdot T}.$$

2. Складаємо електричні кола за схемами:

Нехтуючи опором амперметра можна записати  $I_1 R_x = I_2 R$ ,

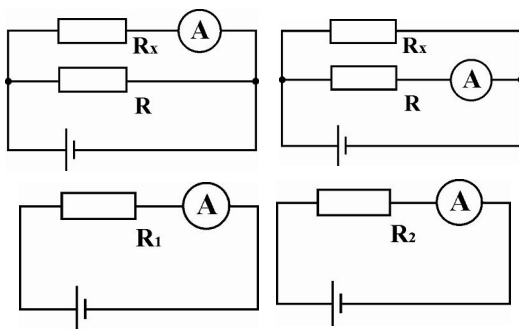
$$\text{звідки } R_x = \frac{I_2 R}{I_1}$$

Після цього складаємо кола за такими схемами:

Знаючи опори  $R_1$  і  $R_2$  можна

$$\text{записати } I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r}; I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r}.$$

$$\text{Звідси } I_1 R_1 + I_1 r = I_2 R_2 + I_2 r. r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2}. \text{ Знаючи } r, \text{ знайдемо } \mathcal{E}.$$



## РОЗВ'ЯЗКИ ЗАВДАНЬ ЗАОЧНОЇ ФІЗИЧНОЇ ОЛІМПІАДИ

2002 р.

### 8 клас

1. Схема польоту ворони зображена на малюнку. Відстань, яку пролетить ворона

$$S = \sqrt{(6+2)^2 + 6^2} = \sqrt{64+36} = 10 \text{ м}$$

2. Сила тиску молока на бокові стінки  $F_1 = p_c \cdot S$ , де  $p_c$  - середнє значення тиску. Оскільки

$$p_c = \rho g \frac{h}{2}, \text{ а площа бічної поверхні } S = 2\pi r \cdot h, \text{ то}$$

$$F_1 = \rho g \frac{h}{2} \cdot 2\pi r h = \rho g \pi r h^2. \text{ Сила тиску на дно}$$

дорівнює вазі молока:  $F_2 = mg = \rho V g = \rho \cdot \pi r^2 h \cdot g$ . З рівності двох сил отримуємо  $h = r$ .

3. Архімедова сила, що діє на кулю у воді  $\rho_g g V_k = P_1 - P_2$ , де  $V_k$  - об'єм

$$\text{кулі, } P_1, P_2 - \text{ вага кулі відповідно у воді та повітрі. Звідси } V_k = \frac{P_1 - P_2}{\rho_g g}.$$

Тоді густина матеріалу кулі  $\rho_k = \frac{P_1}{V_k g} = \frac{P_1}{P_1 - P_2} \rho_g$ . Архімедова сила, що діє

на кулю в досліджуваній рідині  $\rho_x g V_k = P_1 - P_3$ , де  $P_3$  - вага кулі в досліджуваній рідині. Тоді густина досліджуваної рідини

$$\rho_x = \frac{P_1 - P_3}{V_k g} = \frac{P_1 - P_3}{P_1 - P_2} \rho_g.$$

4. Оскільки  $\eta_1 = \frac{E_1}{E}$ ,  $\eta_2 = \frac{E_2}{E}$ , то

$$\eta_{\text{сист.}} = \frac{E_2}{E} = \frac{\eta_2 E_1}{E} = \frac{\eta_2 \eta_1 E}{E} = \eta_1 \eta_2 = 0,12 = 12\%, \text{ де } E - \text{ повна енергія, } E_1 \text{ і } E_2 -$$

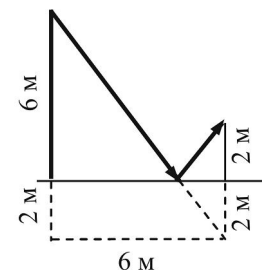
корисні енергії після використання відповідно блока і важеля.

5. Робота визначається із співвідношення  $A = 0,5(F_A - P) \cdot h$ , де  $F_A$  - виштовхувальна сила, що діє на повністю занурену крижину,  $h$  - висота надводної частини.

$$\text{Враховуючи, що } F_A = \rho_g g V = \frac{\rho_g m g}{\rho_{\text{л}}}, \quad P = mg, \text{ одержимо:}$$

$$A = 0,5 m g \left( \frac{\rho_g}{\rho_{\text{л}}} - 1 \right) h. \text{ Отже, робота по зануренню крижини залежить від}$$

товщини її надводної частини.

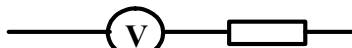


### 9 клас

1. Швидше розтане шматок, на який спрямовано повітря від вентилятора, оскільки швидше відбувається теплообмін між холодним морозивом і повітрям.

2. У виді випромінювання виділиться кількість теплоти  $\Delta Q = Pt - cm\Delta t = 7920 \text{ Дж}$ , де  $Pt$  – кількість теплоти, яку виділяє лампочка, а  $cm\Delta t$  – теплота, яка пішла на нагрівання води.

3. Для вимірювання напруги  $U$  послідовно з вимірювальним приладом треба ввести



додатковий опір  $R$ , який визначимо із співвідношення:  $R = \frac{U - Ir}{I} = \frac{U}{I} - r$ , де

$I$  – значення струму, який можна виміряти приладом,  $r$  – значення опору

провідника.  $R = \frac{220 \text{ В}}{10^{-4} \text{ А}} - 1 \text{ Ом} = 2199999 \text{ Ом}$ .

4. Згідно умови задачі, архімедова сила:  $F_A = P - P_B$ . Враховуючи, що  $F_A = \rho_g g(V_3 + V_c)$ , де  $V_3, V_c$  – відповідно об'єм золота і срібла у злитку,

одержимо:  $V_3 + V_c = \frac{F_A}{\rho_g g}$ . Вага у повітрі  $P = (m_3 + m_c)g = (\rho_3 V_3 + \rho_c V_c)g$ .

Розв'язуючи цю систему рівнянь відносно  $V_c$  і  $V_3$ , одержимо:

$V_c = \frac{P(\rho_3 - \rho_g) - P_g \rho_3}{g(\rho_3 - \rho_g)\rho_g}$ . Маса срібла  $m_c = \rho_c V_c$ . Маса золота

$m_3 = m - m_c = \frac{P}{g} - m_c$ .

5. Посудина зрушить з місця, якщо різниця сил тиску повітря в посудині з обох сторін поршня зрівняється з силою тертя. Оскільки

$F_T = 0,3 \cdot F_{\text{тяж.}} = 0,3 \cdot mg$ , то надлишковий тиск у посудині  $p_1 = \frac{F}{S}$ ,

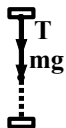
а тиск повітря в посудині  $p = p_{\text{атм.}} + p_1 \approx 1,012 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .

### 10 клас

1. Для того, щоб пробірка на нитці зробила повний оберт, необхідно, щоб у верхній точці тіло рухалося з швидкістю, значення якої можна визначити з другого закону Ньютона:  $T + mg = ma$ . Для граничного випадку

$T=0$ ,  $a = g = \frac{v^2}{l}$ . Звідси  $v = \sqrt{gl}$ . З закону збереження енергії

$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mg \cdot 2l$ ;  $\frac{v_1^2}{2} = \frac{gl}{2} + 2gl$ , швидкість у нижній точці



$v_1 = \sqrt{5gl}$ . З закону збереження імпульсу  $Mv_1 = mv_2$ , швидкість корка

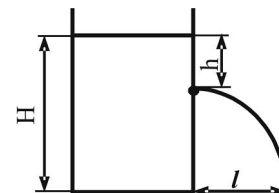
$v_2 = \frac{M}{m} \sqrt{5gl}$ . Підставляючи дані, одержимо  $v_2 = 21 \text{ м/с}$ .

2. Швидкість витікання води знаходимо із закону

збереження енергії  $mgh = \frac{mv^2}{2}$ . Звідси

$v = \sqrt{2gh}$ . Дальність польоту струменя води

$l = v \cdot t$ . Враховуючи, що  $t = \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}}$ ,



одержимо  $l = \sqrt{2gh} \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}} = 2\sqrt{hH - h^2}$ . Дальність польоту буде

максимальна, якщо максимальний підкореневий вираз. Дослідимо його. Це квадратне рівняння, графік якого є парабола з донизу напрямленими вітками. Максимум ординати графіка  $y = ax^2 + bx + c$  досягається, коли значення

абсциси  $x = -\frac{b}{2a}$ . Застосувавши цей вираз для нашого випадку, отримаємо:

$h = 0,5H$ .

3. Якщо супутник перебуває над однією і тією ж точкою, його період обертання дорівнює періоду обертання Землі – 24 год. Тоді згідно II закону

Ньютона  $m \frac{v^2}{R+h} = G \frac{Mm}{(R+h)^2}$ , де  $v$  – швидкість руху супутника,  $h$  – висота

над Землею. Знайдемо з цього рівняння швидкість руху супутника і підставимо у формулу для визначення періоду.

Період його обертання  $T = \frac{2\pi(R+h)}{v}$ . Звідси  $R+h = \sqrt[3]{\frac{T^2 GM}{4\pi^2}}$ .

4. Кількість зображень залежить від кута між площинами дзеркал. Так, при  $180^\circ$  – одне зображення, при  $90^\circ$  – три зображення. Якщо кут між дзеркалами

$\alpha$ , кількість зображень визначається із співвідношення  $n = \frac{360}{\alpha} - 1$ ,

де  $n$  – ціле число, і у нашому випадку утвориться 3 зображення.

5. Опір всієї дротини  $R = \rho \frac{l}{S}$ . Діагональ  $d$  із стороною  $a$  зв'язані

співвідношенням:  $d = a\sqrt{2}$ . Тоді  $a(\sqrt{2} + 4) = l$ , опір сторони  $R_1 = \frac{\rho l}{S(\sqrt{2} + 4)}$ .

Опір діагоналі  $R_2 = R_1 \cdot \sqrt{2}$ .

Розглянемо різні випадки під'єднання.

а) Ділянки 2 і 3 з'єднані послідовно:  $R_{2,3} = 2R_1$ . Діагональ

до них під'єднана паралельно:  $R_{2,3,5} = \frac{2R_1 \cdot R_2}{2R_1 + R_2}$ .

Ділянка 1 під'єднана послідовно:  $R_{1,2,3,5} = \frac{2R_1^2 + 3R_1R_2}{2R_1 + R_2}$ .

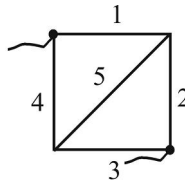
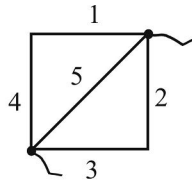
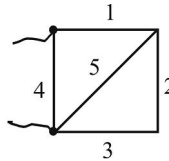
Ділянка 4 під'єднана паралельно:  $R_{заг.} = \frac{2R_1^3 + 3R_1^2R_2}{4R_1^2 + 4R_1R_2} = \frac{\frac{\rho l}{S(\sqrt{2}+4)} \cdot (2+3\sqrt{2})}{4+4\sqrt{2}}$ .

б) Ділянки 1,4 та ділянки 2,3 з'єднані послідовно:  $R_{1,4} = R_{2,3} = 2R_1$ . Між собою вони з'єднані паралельно:  $R_{1,2,3,4} = R_1$  і з ділянкою 5 - теж

паралельно:  $R_{заг.} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{\rho l \cdot \sqrt{2}}{S(\sqrt{2}+4)(1+\sqrt{2})}$ .

в) Точки, з яких виходить діагональ – це точки рівного потенціалу, тому діагональ для загального опору ролі не грає. Отже,

$R_{заг.} = \frac{2R_1}{2} = R_1 = \frac{\rho l}{S(\sqrt{2}+4)}$ .



### 11 клас

1. Підняття води припиниться, якщо сила тяжіння і сила поверхневого натягу стануть рівними. Нехай ширина пластинки  $a$ , відстань між пластинками -  $l$  ( $a \gg l$ ). Тоді  $F_{н.н.} = \sigma \cdot 2(a+l)$ .  $F_T = mg = \rho Vg$ .  $2\sigma(a+l) = \rho alhg$ , звідки

$h = \frac{2\sigma}{\rho gl} + \frac{2\sigma}{\rho ga}$ . Оскільки  $a \gg l$ , то другим доданком останньої рівності

можна знехтувати. Тоді  $h = \frac{2\sigma}{\rho gl}$ .

2.  $h=0$ . Оскільки під поршнем при кипінні води утворюється насичена пара (поршень піднімають повільно), тиск якої за процесу кипіння дорівнює атмосферному, то вода піднімається за поршнем не буде.

3. Умовою прямолінійного руху протона є рівність кулонівської сили і сили Лоренца. Ця умова виконується для випадку, коли напрям швидкості перпендикулярний до силових ліній електричного і магнітного полів.

Тоді  $qE = qvB$ . Звідси  $v = \frac{E}{B} = 5000 \text{ м/с}$ .

4. Знайдемо швидкість тягача в нижньому положенні, за якої нитка не розірветься.  $T - mg = ma$ ;

$2mg - mg = ma$ ;  $g = a$ ;  $g = \frac{v^2}{l}$ ;  $v = \sqrt{gl}$ , де  $l$  -

довжина підвісу. Максимальний кут відхилення

знайдемо із закону збереження енергії  $mgh = \frac{mv^2}{2}$ .

Враховуючи, що  $h = l - l \cos \alpha = l(1 - \cos \alpha)$ ,

одержимо:  $gl(1 - \cos \alpha) = \frac{gl}{2}$  або  $1 - \cos \alpha = \frac{1}{2}$ . Тоді  $\cos \alpha = \frac{1}{2}$ , а  $\alpha = 60^\circ$ .

5. За відсутності шунта в спіралі нагрівника з опором  $R$  виділяється кількість теплоти  $Q_1 = I_1^2 Rt$ , де  $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{(R+r)}$  ( $r$  - внутрішній опір джерела) - струм

через спіраль,  $t$  - час проходження струму. Після приєднання до спіралі шунта ( $r_{ш}$ ) через неї буде протікати струм  $I_2 = U/R$ , де

$U = \mathcal{E} - Ir = \mathcal{E} - \frac{\mathcal{E}}{r + \frac{r_{ш}R}{r_{ш} + R}} r = \mathcal{E} \frac{r_{ш}R}{Rr + r_{ш}r + r_{ш}R}$ . Таким чином

$I_2 = \mathcal{E} \frac{r_{ш}}{Rr + r_{ш}r + r_{ш}R}$ . В цьому випадку в спіралі виділиться кількість

теплоти  $Q_2 = I_2^2 Rt$ . Згідно умови:  $Q_1/Q_2 = 9$ , а значить  $I_1/I_2 = 3$ . Але

$\frac{I_1}{I_2} = \frac{Rr + r_{ш} + r_{ш} + r_{ш}R}{(R+r)r} = 3$ . З цього рівняння знаходимо

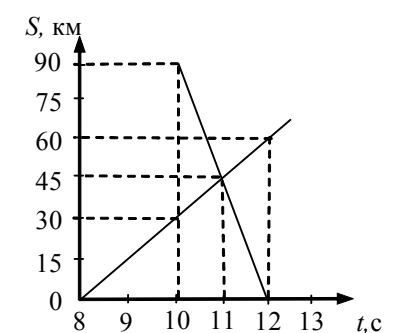
$r_{ш} = \frac{Rr}{2(R+r)} = 2 \text{ Ом}$ .

### 2003 р. (I тур)

#### 8 клас

1. Задачу зручно розв'язати графічно, зобразивши залежності пройдених відстаней від часу. З графіка бачимо, що відстань між об'єктами о 10 і 12 год становить 60 км.

2. Усі динамометри Сергія показують 120 Н. Якщо Сергій знаходиться на Землі, то динамометри Володі показують  $120\text{Н} + 80\text{Н} = 200\text{Н}$ . Якщо ж Сергій знаходиться на балконі, то динамометри Володі показують  $120\text{Н} - 80\text{Н} = 40\text{Н}$ .



3. Запишемо умови плавання кубиків:  $\rho g a_1^2 h_1 = m_1 g$ ,  $\rho g a_2^2 h_2 = m_2 g$ , де  $h_1$  і  $h_2$  – глибини занурення відповідно першого і другого кубиків. Тоді висоти ребер, що виступають над водою

для першого кубика:  $h_3 = a_1 - h_1 = a_1 - \frac{m_1}{a_1^2 \cdot \rho} = 0,095 \text{ м};$

для другого кубика:  $h_4 = a_2 - h_2 = a_2 - \frac{m_2}{a_2^2 \cdot \rho} = 0,1975 \text{ м}.$

Оскільки  $h_4 > h_3$ , то воду потрібно долити в другий кубик. Маса цієї води  $m = \rho \cdot a_2^2 \cdot \Delta h = \rho a_2^2 (h_4 - h_3) = 4,1 \text{ кг}.$

4. У положеннях рівноваги тиски на однаковому рівні у лівій і правій посудинах однакові. З умови рівності тисків для трьох випадків:

$$\frac{m_1 g}{S_1} + \rho g h = \frac{m_2 g}{S_2} \quad (1); \quad \frac{(m_1 + m)g}{S_1} = \frac{m_2 g}{S_2} \quad (2);$$

$$\frac{m_1 g}{S_1} + \rho g H = \frac{(m_2 + m)g}{S_2} \quad (3), \text{ де } H - \text{шукана різниця рівнів}.$$

Оскільки  $m_1 + m = m_2$ , то з другого рівняння випливає, що  $S_1 = S_2$ . Тоді з першого рівняння  $S = \frac{m_2 - m_1}{\rho h}$ . Підставляючи одержаний вираз у третє рівняння,

одержимо:  $H = \frac{h(m_2 + m - m_1)}{m_2 - m_1} = 4 \text{ см}.$

#### 9 клас

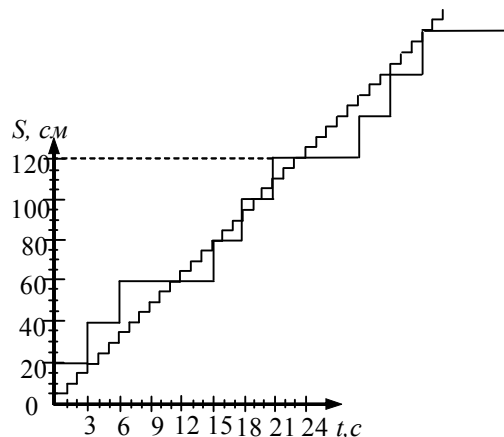
1. Побудуємо графіки залежності відстані від часу, які відображають рух молодшої та старої жаби. З графіка бачимо, що оптимальна відстань, на якій може перемогти стара жаба, становить 120 см.

2. Миттєва швидкість руху комара  $v_k = \frac{\Delta d}{\Delta t}$ , а

зображення  $v_z = \frac{\Delta f}{\Delta t}$  за

умови, що  $\Delta t \rightarrow 0$ . Тоді

$$\frac{v_z}{v_k} = \frac{\Delta f}{\Delta d} \quad (1). \text{ Відстань від зображення до лінзи } f \text{ знайдемо із співвідношення:}$$



$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{d}{Dd - 1} \quad (2). \text{ При незначному переміщенні комара на } \Delta d,$$

відстань від зображення до лінзи зміниться і становитиме  $f_1 = \frac{d + \Delta d}{D(d + \Delta d) - 1}.$

Тоді  $|\Delta f| = f_1 - f = \frac{d + \Delta d}{D(d + \Delta d) - 1} - \frac{d}{Dd - 1} = \frac{\Delta d}{[D(d + \Delta d) - 1][Dd - 1]}.$  Якщо розглядати

мізерний інтервал часу, то знехтуємо членом  $\Delta d$  у знаменнику ( $\Delta d \ll d$ ), тоді  $|\Delta f| = \frac{\Delta d}{(Dd - 1)^2}.$  Враховуючи рівняння (1), одержимо:  $v_z = \frac{v_k}{(Dd - 1)^2} = 1,6 \text{ м/с}.$

3. Нехай маса мокрих дров  $m_0$  і в них міститься  $m$  води. Об'єм дров після намокання не змінився, тому  $\frac{m_0 - m}{\rho_1} = \frac{m_0}{\rho_2}$ , звідки  $m = m_0 \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2}.$  За цих

умов маса сухих дров  $m_0 - m = m_0 - m_0 \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} = m_0 \frac{\rho_1}{\rho_2}.$  На нагрівання і

випаровування води витрачається  $Q_1 = mc\Delta T + mL =$

$$m_0 \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} (c\Delta T + L) = 0,388 \cdot 10^6 m_0 \text{ Дж. При згорянні } m_0 - m \text{ дров:}$$

$$Q_2 = m_0 \frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot q = 8,57 \cdot 10^6 m_0 \text{ Дж. На нагрівання кімнати йде кількість теплоти}$$

$Q_3 = Q_2 - Q_1.$  Визначимо питому теплоту згорання мокрих дров:

$$q_{\text{мокр.}} = \frac{Q_3}{m_0} = 8,18 \cdot 10^6 \text{ Дж. Враховуючи, що } m_x \cdot q_{\text{мокр.}} = m_1 \cdot q, \text{ одержимо:}$$

$$m_x = \frac{m_1 \cdot q}{q_{\text{мокр.}}} \approx 24 \text{ кг}.$$

4. Через опір  $R$  проходить струм  $I_2 = I - \frac{U}{R_g}.$  Згідно закону Ома

$$R = \frac{U}{I_2} \approx 111 \text{ Ом}.$$

#### 10 клас

1. Вдаряючись об пластинку, краплини передають їй імпульс  $F \cdot t = mv \cdot N$ , де  $N$  – кількість краплин, які попадають на пластинку за час  $t$ .  $N = V \cdot n = S \cdot v \cdot t \cdot n$ . Отже,  $F \cdot t = m \cdot v \cdot S \cdot v \cdot t \cdot n$ , звідки  $F = m \cdot v^2 \cdot S \cdot n$ .

$$\text{Тоді } \Delta x = \frac{F}{k} = \frac{mv^2 S \cdot n}{k} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

2. Дальність польоту м'яча визначається за формулою  $l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$ . Оскільки

удар пружний і м'яч повернувся в точку кидання, то при русі назад  $l = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g}$ . Звідси  $\sin 2\alpha = \sin 2\beta$ . Оскільки  $t_1 \neq t_2$ , розв'язок справджується за

умови  $\beta = 90^\circ - \alpha$  ( $\alpha = \beta$  буде за умови  $t_1 = t_2$ ). Час руху м'яча визначається із співвідношень:  $t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$  і  $t_2 = \frac{2v_0 \sin \beta}{g}$ . Тоді  $\frac{t_1}{t_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \sqrt{3}$ , звідки

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin(90^\circ - \alpha)} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha. \quad \operatorname{tg} \alpha = \sqrt{3}, \quad \alpha = 60^\circ.$$

3. Закон збереження імпульсу після пробивання кулею першого кубика

$$mv_0 = 0,5mv_0 + Mv_1, \text{ звідки } v_1 = \frac{0,5mv_0}{M}, \text{ де } v_1 - \text{швидкість першого кубика.}$$

Закон збереження імпульсу після попадання кулі у другий кубик

$$0,5mv_0 = (M + m)v_2, \text{ звідки } v_2 = \frac{0,5mv_0}{M + m}, \text{ де } v_2 - \text{швидкість другого кубика.}$$

Оскільки  $t_1 = \frac{2l}{v_0}$  - час польоту кулі від першого до другого кубика, то перший

кубик за цей час зміститься на  $x_1 = v_1 t_1 = lm/M$ . Від цього моменту часу до зіткнення пройде час  $t_2 = \frac{l - x_1}{v_1 - v_2}$ . Підставляючи значення швидкостей,

$$\text{визначимо весь час із співвідношення } t = t_1 + t_2 = \frac{2l}{v_0} \cdot \frac{M^2}{m^2}.$$

4.  $\eta = \frac{A_k}{A_3} \cdot 100\%$ . Оскільки корисна і повна роботи відповідно дорівнюють:

$$A_k = mc\Delta t, \quad A_3 = Q = I^2 R t, \text{ враховуючи, що } I = jS, \quad R = \rho \cdot \frac{l}{S}, \text{ одержимо:}$$

$$\eta = \frac{mc\Delta t}{j^2 S^2 \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot t} \cdot 100\%. \text{ Звідси } m = \frac{\eta \cdot j^2 \cdot S \cdot \rho \cdot l \cdot t}{c \cdot \Delta t \cdot 100\%} = \frac{\eta j^2 \cdot V \cdot \rho \cdot t}{c \Delta t \cdot 100\%} \approx 6,2 \text{ г.}$$

## 11 клас

1. Потенціальна енергія піднятої людини перетворюється в потенціальну енергію деформованого полотна (пружини):  $mg(h_1 + x_1) = \frac{kx_1^2}{2}$  (для першого

випадку) і  $mg(h_2 + x_2) = \frac{kx_2^2}{2}$  (для другого випадку). Звідси  $\frac{h_1 + x_1}{h_2 + x_2} = \frac{x_1^2}{x_2^2}$ .

Підставляючи дані, одержимо:  $16,2x_2^2 - 1,44x_2 - 30 \cdot 1,44 = 0$ . Звідси  $x \approx 1,67 \text{ м}$ .

2. Оскільки внутрішня енергія ідеального газу визначається кінетичною енергією руху молекул газу  $U = N \cdot \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$ , а  $Nm_0$  - є масою всіх молекул, то

внутрішні енергії гелію і аргону однакові:  $U_1 = U_2 = \frac{m \bar{v}^2}{2}$ . Повна внутрішня

енергія газів  $U = U_1 + U_2 = m \bar{v}^2$ . Із закону збереження енергії для замкнутої системи  $U = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu_1} RT + \frac{3}{2} \frac{m}{\mu_2} RT = \frac{3}{2} mRT \frac{\mu_1 + \mu_2}{\mu_1 \mu_2}$  одержимо значення

температури газів після відкривання перегородки:  $T = \frac{2\mu_1 \mu_2}{3R(\mu_1 + \mu_2)} \bar{v}^2$ . Тоді

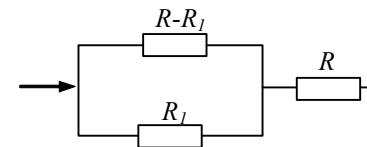
тиск, що створює кожний газ окремо із рівняння Менделєєва-Клапейрона:

$$p_1 = \frac{mRT}{\mu_1 V}, \quad p_2 = \frac{mRT}{\mu_2 V}. \text{ Згідно закону Дальтона шуканий тиск:}$$

$$p = p_1 + p_2 = \frac{mRT}{V} \cdot \frac{\mu_1 + \mu_2}{\mu_1 \mu_2} = \frac{2m \bar{v}^2}{3V} \approx 8,33 \cdot 10^4 \text{ Па.}$$

3. Реостат у даній ситуації можна розглядати як два паралельно з'єднані опори. Позначимо опір нижньої частини реостата через  $R_1$ . Тоді опір верхньої:

$$R - R_1, \text{ а загальний опір: } R_3 = \frac{R_1(R - R_1)}{R}.$$



Оскільки у чисельнику стоїть добуток двох чисел, сума яких є незмінною, то цей добуток буде найбільшим, коли  $R_1 = R - R_1 = \frac{R}{2}$ , тобто коли повзунок реостата знаходиться посередині. Отже, найбільше значення загального опору реостата становитиме  $R_3 = \frac{R}{4}$ . Потужність струму у реостаті  $P = I^2 R_3$ .

Враховуючи, що  $I = \frac{U}{R + R_3}$ , одержимо:  $P = \frac{U^2 R_3}{(R + R_3)^2}$ . Досліджуючи цю

функцію як  $P = f(R_3)$  можна показати, що потужність зростатиме із збільшенням  $R_3$  і буде максимальною при значенні опору  $R_3 = R$  (це можна довести, якщо взяти похідну від  $P$  по  $R_3$  і прирівняти її до нуля або накреслити

графік залежності  $P = f(R_3)$ ). В нашому випадку при переміщенні повзунка, значення  $R_3$  змінюється і досягає найбільшого значення  $R_3 = \frac{R}{4}$ , коли

повзунок реостата посередині, то це положення і відповідатиме найбільшій потужності струму у реостаті.

4. Запишемо II закон Ньютона для рухомої зарядженої частинки для двох випадків:  $\frac{m v_1^2}{R} = qE + q v_1 B$  і  $\frac{m v_2^2}{R} = qE - q v_2 B$ . Поділимо перше рівняння

на друге:  $\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{E + v_1 B}{E - v_2 B}$ , звідки  $\frac{B}{E} = \frac{v_1 - v_2}{v_1 v_2}$ . Враховуючи, що періоди

обертання частинки  $T_1 = \frac{2\pi R}{v_1}$  і  $T_2 = \frac{2\pi R}{v_2}$ , одержимо:

$$\Delta T = 2\pi R \cdot \frac{v_1 - v_2}{v_1 v_2} = 2\pi R \cdot \frac{B}{E}. \text{ Звідси } E = \frac{2\pi R B}{\Delta T}.$$

### 2003 р. (Птур)

#### 8 клас.

1. Об'єм вареної крупи дорівнює сумі об'ємів  $V_1$  сухої крупи і  $V_2$  води, що поглинулася:  $V = V_1 + V_2$ . З іншого боку об'єм  $V$  дорівнює відношенню маси вареної крупи, що складається з маси  $m_1$  сухих зерен і маси  $m_x$  води, що поглинулася, до густини  $\rho_2$  вареної крупи:  $V = \frac{m_1 + m_x}{\rho_2}$ . Об'єм  $V_1$  сухої

крупи густиною  $\rho_1$ :  $V_1 = \frac{m_1}{\rho_1}$ . Об'єм води, що поглинулася:  $V_2 = \frac{m_x}{\rho_0}$ . Тоді

$\frac{m_1 + m_x}{\rho_2} = \frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_x}{\rho_0}$ . Звідси маса води, що поглинулася крупою

$$m_x = \frac{m_1 \rho_0 (\rho_2 - \rho_1)}{(\rho_0 - \rho_2)} = 1,3 \text{ кг}. \text{ Маса води, що википіла: } 1,5 \text{ кг} - m_x = 0,2 \text{ кг}.$$

2. Умова рівноваги в повітрі  $m_1 g \frac{l}{2} = m_2 g \left( \frac{l}{2} - x \right)$ . Але  $m_1 = \rho_1 V_1$ , а  $m_2 = \rho_2 V_2$ ,

то відношення об'ємів кульок  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{\rho_1 l}{\rho_2 (l - 2x)}$  (1). Умова рівноваги у воді

$$(m_1 g - F_{A1}) \frac{l}{2} = (m_2 g - F_{A2}) \frac{l}{2}. \text{ Відношення об'ємів кульок } \frac{V_2}{V_1} = \frac{\rho_1 - \rho_g}{\rho_2 - \rho_g} \text{ (2).}$$

Прирівнявши праві частини рівностей (1) і (2), отримаємо:

$$\rho_2 = \frac{\rho_1 \rho_g l}{\rho_g (l - 2x) + 2 \rho_1 x} = 1,53 \text{ г/см}^3.$$

3. Позначимо швидкості спортсменів відповідно  $v_1, v_2, v_3$ .

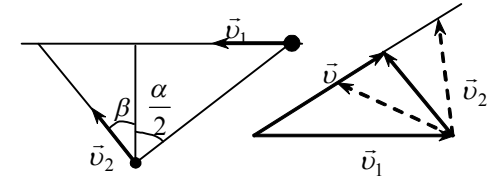
Якщо час руху першого спортсмена  $t_1$ , то другого  $t_1 + 10$ , третього  $t_1 + 15$ . Тоді  $v_1 t_1 = v_2 (t_1 + 10)$ , звідки  $t_1 = 490$  с. Оскільки  $v_1 t_1 = v_3 (t_1 + 15)$ , то  $v_3 = 9,7$  м/с.

4. Для плавлення льоду необхідна кількість теплоти  $Q = m_1 \lambda = 5,44 \cdot 10^4$  Дж, де  $m_1$  – маса льоду. При охолодженні води від  $8^\circ \text{C}$  до  $0^\circ \text{C}$  виділиться кількість теплоти  $Q = m_2 c \Delta t = 6,72 \cdot 10^4$  Дж, де  $m_2$  – маса води. Отже, після встановлення теплової рівноваги весь лід розтане і в каструлі буде вода. Тоді рівняння теплового балансу:  $m_1 \lambda + m_1 c (t - t_0) = m_2 c (t_1 - t)$ , де  $t_1$  – початкова температура води,  $t_0$  – початкова температура льоду. Звідси

$$t = \frac{m_2 c t_1 + m_1 c t_0 - m_1 \lambda}{m_1 c + m_2 c} = 1,41^\circ \text{C}. \text{ Рівень води в каструлі } h = \frac{V_1 + V_2}{S} = 7,2 \text{ см}.$$

#### 9 клас

1. Велосипедист повинен їхати до дороги під деяким кутом  $\beta$  з швидкістю  $v_2$ . Виберемо систему відліку, зв'язану з автобусом. В ній нерухомий



велосипедист має швидкість  $v_1$  напрямлену вправо. А якщо він буде рухатись з швидкістю  $v_2$ , то повна його швидкість в новій системі відліку  $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$  має напрям на автобус. Напрямок швидкості може бути різним, але мінімальною вона буде в тому випадку, коли  $v_2 \perp v$ . Тоді, з прямокутного трикутника:  $v_2 = v_1 \cdot \sin \left( 90 - \frac{\alpha}{2} \right) = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Кут  $\beta$  становитиме  $90 - \alpha/2 = 30^\circ$ .

2. Опір спіралей при послідовному з'єднанні  $R_1 + R_2$ , при паралельному -  $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ . Оскільки потужність визначається формулою  $P = \frac{U^2}{R}$ , то відношення потужностей обернено пропорційне відношенню опорів.

$$\frac{P_{\text{пар.}}}{P_{\text{посл.}}} = \frac{(R_1 + R_2)^2}{R_1 R_2} = \frac{R_1}{R_2} + 2 + \frac{R_2}{R_1}. \text{ Найменше значення виразу } \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_2}{R_1}$$

становить 2 у випадку рівності  $R_1$  і  $R_2$ .  $\frac{P_{\text{пар.}}}{P_{\text{посл.}}} \geq 4$ .

3. З графіка бачимо, що за 200 с вода нагрілася від  $20^\circ \text{C}$  до  $30^\circ \text{C}$  і за наступні 300 с – від  $30^\circ \text{C}$  до  $40^\circ \text{C}$ . Оскільки швидкість наливання гарячої води незмінна, то за 300 с потрапить води в 1,5 разів більше, ніж за 200 с. Запишемо два рівняння теплового балансу:  $m_1 c (t_2 - t_1) = m_2 c (t - t_2)$  і  $(m_1 + m_2) c (t_3 - t_2) = 1,5 m_2 c (t - t_3)$ , де  $m_1$  – маса холодної води,  $m_2$  – маса гарячої води,  $t_1 = 20^\circ \text{C}$ ,  $t_2 = 30^\circ \text{C}$ ,  $t_3 = 40^\circ \text{C}$ ,  $t$  – початкова температура гарячої води.  $10 m_1 = m_2 (t - 30)$ ;  $(m_1 + m_2) 10 = 1,5 m_2 (t - 40)$ .

Після перетворень отримаємо:  $t - 30 = 1,5 t - 70$ ,  $t = 80^\circ \text{C}$ .



4. За відсутності тертя автомобіль з похилої площини рухається з прискоренням  $a_0 = g \sin \alpha$ . Прискорення руху автомобіля за наявності тертя визначається із другого закону Ньютона:  $a = \frac{mg \sin \alpha \pm F_T}{m}$  (1), де  $F_T = \mu N = \mu mg \cos \alpha$ . В першому випадку  $a_0 \approx 7 \text{ м/с}^2$ , в другому  $a_0 = 5 \text{ м/с}^2$ . Для першого випадку  $a < a_0$ , тому в рівнянні (1) використовуємо знак “-”, для другого випадку  $a > a_0$ , тому використовуємо знак “+”. Підставивши у рівняння (1) вираз для сили тертя і, розв’язавши його відносно  $\mu$ , отримаємо для першого випадку  $\mu \approx 0,86$ , для другого -  $\mu \approx 0,23$ .

### 11 клас

1. Ємність батареї при паралельному з’єднанні  $C_1 + C_2$ , при послідовному -

$$\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}. \text{ Відношення ємностей } \frac{C_{\text{пар.}}}{C_{\text{посл.}}} = \frac{(C_1 + C_2)^2}{C_1 C_2} = \frac{C_1}{C_2} + 2 + \frac{C_2}{C_1}.$$

Найменше значення виразу  $\frac{C_1}{C_2} + \frac{C_2}{C_1}$  становить 2 у випадку рівності  $C_1$  і  $C_2$ .

Отже, ємність батареї може змінитися найменше в 4 рази.

2. Із закону Ома для повного кола

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} \text{ можна записати } U = \mathcal{E} - Ir \text{ або}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r} - \frac{U}{r}. \text{ Побудуємо графік залежності}$$

сили струму (мА) від напруги (В) для даного джерела струму:  $I = 100 - 10U$ .

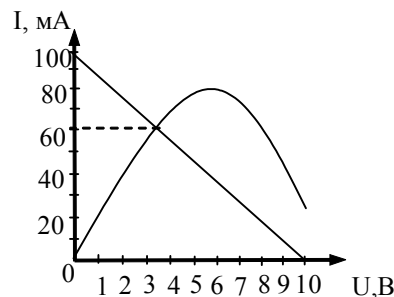
Точка перетину даного графіка і графіка залежності сили струму від напруги на резисторі і визначить значення сили струму.  $I \approx 60 \text{ В}$ .

3. Умова плавання баржі:  $mg = F_g$ . Якщо баржу змістити так, щоб глибина занурення змінилася на  $x$ , то рівнодійна сила  $F = F_{1g} - mg$  буде спрямована у положення рівноваги. Виштовхувальна сила зростає:  $F_{1g} = F_g + \rho g S x$ . За цих умов рівнодійна  $F = F_g + \rho g S x - mg = \rho g S x$ . Рівняння руху баржі:  $-F = ma$  або

$$-\rho g S x = ma, \text{ звідки } a = -\frac{\rho g S}{m} x. \text{ Отже, прискорення руху прямо пропорційне}$$

зміщенню і протилежне йому за напрямком, а це є умова виникнення гармонічних коливань. Враховуючи, що при гармонічних коливаннях

$$a = -\omega^2 x, \text{ де } \omega - \text{циклічна частота коливань баржі, одержимо } \frac{\rho g S}{m} = \omega^2.$$



Оскільки  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ , то  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\rho g S}}$ . Застосовуючи це рівняння для двох

випадків, одержимо:  $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{\rho g S}}$  і  $T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{m_2}{\rho g S}}$ . Визначимо масу баржі

у двох випадках і знайдемо різницю мас:

$$\Delta m = m_2 - m_1 = \frac{\rho g S}{4\pi^2} (T_2^2 - T_1^2) = 2,25 \cdot 10^6 \text{ кг}.$$

4. В один із напівперіодів змінного струму діоди відкриті і дана схема еквівалентна наступній:

За цей час на резисторі  $R_1$  виділиться кількість

$$\text{теплоти } Q_1 = \frac{U^2}{R_1} \cdot \frac{T}{2}.$$

В другий півперіод діоди

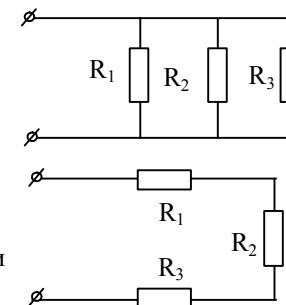
закриті і дана схема еквівалентна такій:

$$\text{Струм у колі } I = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3}.$$

Кількість теплоти на резисторі  $R_1$  за другий півперіод

$$Q_2 = \frac{U^2}{(R_1 + R_2 + R_3)^2} \cdot R_1 \cdot \frac{T}{2}.$$

$$\text{Тоді середня потужність } P = \frac{Q_1 + Q_2}{T} = \frac{U^2}{2R_1} + \frac{U^2 R_1}{2(R_1 + R_2 + R_3)^2} = \frac{U^2}{2} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{R_1}{(R_1 + R_2 + R_3)^2} \right).$$



### 2004 р. (I тур)

#### 8 клас

1. Середня швидкість хлопчика  $v_c = \frac{2S}{t_1 + t_2}$ .  $t_1 = \frac{S}{v_1}$ , де  $v_1$  - швидкість на

першій половині шляху.  $t_2 = 2t_3$ , де  $t_3$  - половина часу, що рухався хлопчик на другій половині шляху.  $S = v_2 t_3 + v_c t_3$ . Тоді  $v_c = \frac{2(v_2 t_3 + v_c t_3)}{v_2 t_3 + v_c t_3 + 2t_3}$ . Звідси

$$v_c = 3 \text{ км/год}.$$

2. Оскільки після занурення тягарів у рідини рівновага зберігається, то

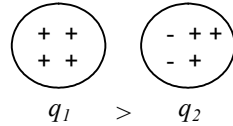
$$F_{A1} = F_{A2}. \rho_0 g \frac{m}{\rho_1} = \rho_0 g \frac{m}{\rho_2}, \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{\rho_0}{\rho_6}, \frac{\rho_2}{\rho_1} = 0,9.$$

3. При підніманні мавпи тягар теж підніметься на 1 м. Тому мавпа виконає роботу  $A = 2mgh = 320 \text{ Дж}$ .

4. Вага каменя в повітрі  $\rho_k g V$ . Вага каменя у воді  $\rho_k g V - \rho_v g V$ . Згідно умови задачі  $\frac{\rho_k g V}{(\rho_k - \rho_v) g V} = 1,4$ . Звідси  $\rho_k = 3500 \text{ кг/м}^3$ . Це густина алмазу.

#### 9 клас

1. Ця ситуація може бути у випадку, коли значення заряду одного тіла є значно більшим за значення другого. Під впливом електричного поля заряду першого тіла (наприклад, позитивного) на другому тілі відбувається перерозподіл електричних зарядів, внаслідок чого сила взаємодії різноіменних зарядів за рахунок меншої відстані, переважає силу відштовхування однойменних.



2. Після того, як в калориметр вкинули вдруге 300 г льоду, лід нагрівається, а вода кристалізується. На нагрівання льоду від  $-10^0 \text{ С}$  до  $0^0 \text{ С}$  потрібно кількість теплоти  $Q_1 = m_{\text{л}} c \Delta t = 6300 \text{ Дж}$ . Якщо вода замерзне, то виділиться кількість теплоти  $Q_2 = \lambda m_{\text{в}} = 34000 \text{ Дж}$ . Отже, замерзне лише частина води

$$m = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{6300 \text{ Дж}}{3,4 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}} \approx 18,5 \text{ г}. \text{ Кінцева температура } 0^0 \text{ С, маса води}$$

81,5 г, маса льоду 618,5 г.

3. Кількість теплоти, необхідна для закипання води в чайнику і самоварі відповідно  $Q_1 = P_1 t$ ,  $Q_2 = P_2 t$ . Опір нагрівника чайника і самовара

$$\text{відповідно } R_1 = \frac{U^2}{P_1}; \quad R_2 = \frac{U^2}{P_2}. \text{ При послідовному з'єднанні кількість}$$

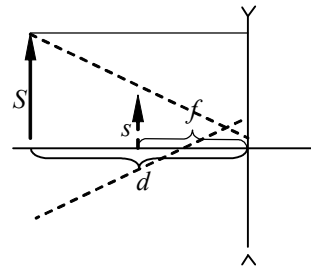
теплоти, необхідна для закипання води в чайнику і самоварі відповідно

$$Q'_1 = I^2 \frac{U^2}{P_1} t_1; \quad Q'_2 = I^2 \frac{U^2}{P_2} t_2, \text{ де } I = \frac{U}{\frac{U^2}{P_1} + \frac{U^2}{P_2}}. \text{ Оскільки } Q_1 = Q'_1,$$

$$Q_2 = Q'_2, \text{ то отримаємо: } t_1 = \frac{(P_1 + P_2)^2 t}{P_2^2} = 45 \text{ хв}, \quad t_2 = \frac{(P_1 + P_2)^2 t}{P_1^2} = 180 \text{ хв}.$$

4. Зробимо схематичний малюнок.

Оскільки зображення зменшене, уявне, то лінза розсіювальна. Згідно умови  $d=f=5$ , а з подібності трикутників  $\frac{d}{f} = 2$ . Розв'язавши систему рівнянь, отримаємо:  $f=5 \text{ см}$ ,  $d=10 \text{ см}$ . Тоді  $D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -10 \text{ дптр}$ .



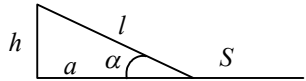
#### 10 клас

1. Запишемо закони збереження імпульсу та енергії:  $m v_1 = 2 m v$ ;

$$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{2 m v^2}{2} + Q. \text{ З цих рівнянь } Q = \frac{m v_1^2}{2} - \frac{2 m v^2}{2} = \frac{1}{4} m v_1^2; \quad Q = 12 \text{ Дж}.$$

2. Згідно закону збереження енергії  $mgh = \frac{m v^2}{2} + A_{\text{тер}}$ , де  $\frac{m v^2}{2}$  - кінетична

енергія санок біля підніжжя гори. На горизонтальній ділянці закон збереження



енергії запишеться так:  $\frac{m v^2}{2} = A_{\text{тер}}$ . Тоді

$$mgh = A_{\text{тер}} + A_{\text{тер}}; \quad mgh = \mu mg \cdot S + \mu \cdot mg \cos \alpha \cdot l; \quad h = \mu(S + l \cos \alpha).$$

$$\cos \alpha = \frac{a}{l}. \text{ Отже, } \mu = \frac{h}{S + a} = 0,055.$$

3. Нехай вгору м'яч пролетів відстань  $H$ . Тоді весь шлях  $H + H + h$ .

Половина шляху  $H + \frac{h}{2}$ . Оскільки  $H$  - це відстань підйому, то, знайшовши

швидкість на відстані  $\frac{h}{2}$  від верхньої точки руху, будемо знати шукану

$$\text{швидкість: } v = \sqrt{2g \frac{h}{2}} = \sqrt{gh} = \sqrt{200} \approx 14,1 \text{ м/с}.$$

4. Запишемо II закон Ньютона для різних випадків:

$$m a_1 = F_{\text{тяги}}; \quad m a_2 = F_{\text{тяги}} - k v; \quad 0 = F_{\text{тяги}} - k v_{\text{max}}.$$

Звідси  $m a_1 = k v_{\text{max}}$ ,  $m a_2 = k v_{\text{max}} - k v$ . Поділивши друге рівняння на перше,

$$\text{отримаємо } \frac{a_2}{a_1} = 1 - \frac{v}{v_{\text{max}}}, \text{ звідки } v_{\text{max}} = \frac{v a_1}{a_1 - a_2} = 100 \text{ км/год}.$$

#### 11 клас

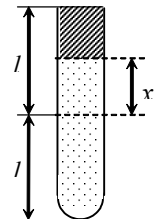
1. У початковий момент об'єм повітря  $V = l s$ , тиск становить  $p_0 + \rho g l$ ,

температура  $T_0$ . Визначимо, за якої температури  $T$  повітря

витіснить з трубки стовпчик ртуті довжиною  $x$ . Для цього запишемо закон газового стану і рівняння гідростатики:

$$\frac{(p_0 + \rho g l) l s}{T_0} = \frac{p(l+x)s}{T_x}, \text{ де } p = p_0 + \rho g(l-x). \text{ Враховуючи,}$$

$$\text{що } p_0 = \rho g l, \text{ одержимо: } T_x = T_0 \left( 1 - \frac{x}{2l} \right) \left( 1 + \frac{x}{l} \right) \text{ або}$$



$$T_x = T_0 \left( 1 + \frac{x}{2l} - \frac{x^2}{2l^2} \right).$$

Як бачимо, функція  $T=f(x)$  не монотонна. На графіку  $T=f(x)$  це парабола з вітками вниз, причому, коли  $x=l$ , то  $T=T_0$ . Тобто вершині параболи відповідає температура при  $x = \frac{l}{2}$  (симетричність параболи).

Отже, максимальна температура, до якої необхідно

нагріти повітря у трубці  $T = T_0 \left( 1 + \frac{1}{4} - \frac{1}{8} \right) = \frac{9}{8} T_0$ . Тому, прийшовши в рух,

ртуть надалі продовжує рухатись з інертності.

2. Побудуємо графік залежності сили струму від часу.

Заряд чисельно рівний площі даної фігури:

$$q_1 = \frac{2 \cdot 10}{2} = 10 \text{ Кл}; \quad q_2 = \frac{4+2}{2} \cdot 40 = 120 \text{ Кл};$$

$$q_3 = \frac{4 \cdot 10}{2} = 20 \text{ Кл}. \quad q = 150 \text{ Кл}.$$

3. Вважаючи, що струми у вітках напрямлені так, як зображено на малюнку, на основі закону Ома можна записати:

$$U_{ab} = \mathcal{E}_1 - I_1 r_1, \quad U_{ab} = \mathcal{E}_2 - I_2 r_2, \quad U_{ab} = IR.$$

Оскільки, ні в одній точці не відбувається накопичення зарядів, то  $I_1 + I_2 = I$ . Розв'язуючи цю систему рівнянь,

$$\text{одержимо: } I_2 = \frac{\mathcal{E}_2(R+r_1) - \mathcal{E}_1 R}{R(r_1+r_2) + r_1 r_2}.$$

Це значення струму дорівнює нулю за умови:

$$\mathcal{E}_2(R+r_1) - \mathcal{E}_1 R = 0. \quad \text{Звідси } R = \frac{\mathcal{E}_2 r_1}{\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2} = 0,2 \text{ Ом}.$$

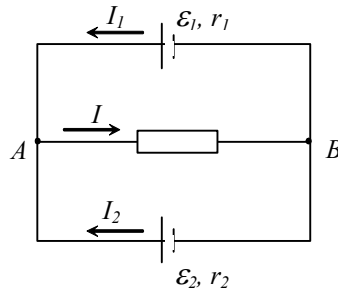
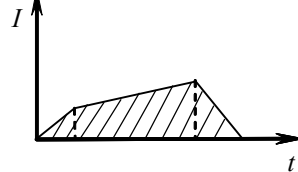
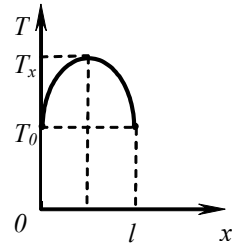
Отже, при значенні  $R=0,2$  Ом, сила струму незалежно від  $r_2$  дорівнює нулю.

4. Запишемо II закон Ньютона для руху протона і  $\alpha$ -частинки:

$$\frac{m_1 v_1^2}{R_1} = q_1 v_1 B; \quad \frac{m_2 v_2^2}{R_2} = q_2 v_2 B. \quad R_1 = \frac{m_1 v_1}{q_1 B}; \quad R_2 = \frac{m_2 v_2}{q_2 B}.$$

$$\text{Якщо однакові імпульси, то } \frac{R_1}{R_2} = \frac{q_2}{q_1} = \frac{2}{1} = 2. \quad \text{Якщо однакові енергії, то } R_1^2 = \frac{m_1^2 v_1^2}{q_1^2 B^2};$$

$$R_2^2 = \frac{m_2^2 v_2^2}{q_2^2 B^2}. \quad \text{Звідси } \frac{R_1^2}{R_2^2} = \frac{m_1 q_2^2}{m_2 q_1^2}, \quad \frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} \cdot \frac{q_2}{q_1} = \sqrt{\frac{1}{4}} \cdot \frac{2}{1} = 1.$$



2004 р. (II тур)

8 клас

1. При утриманні труби застосуємо правило моментів. Момент сили в точці А дорівнює добутку сили на плече. Щоб сила була мінімальною, плече повинно бути максимальним, отже сила повинна мати напрям, перпендикулярний до труби.

$$Fl = mg \frac{l}{2} \cdot \cos 60^\circ; \quad F = \frac{mg}{4} = 25H.$$

$$\text{Робота } A = mg \frac{l}{2} \cdot \cos 60^\circ. \quad A = \frac{mgl\sqrt{3}}{4} = 50\sqrt{3} \text{ Дж}.$$

2. З умови плавання  $lS\rho_0 g + l_a S\rho_a g = \rho_e(l - \Delta l)Sg + \rho_e l_a Sg$ .

$$\text{Звідси } l_a = \frac{\rho_e(l - \Delta l) - \rho_0 l}{\rho_a - \rho_e}, \quad l_a = 3 \text{ см}.$$

3. Час руху потягу повз електричку  $t_1 = \frac{l+2l}{v+v} = \frac{3}{2} \cdot \frac{l}{v}$ . Час руху потягу повз

$$\text{зустрічний потяг } t_2 = \frac{l+4l}{3v} = \frac{5l}{3v}. \quad \frac{t_1}{t_2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{5}; \quad t_2 = \frac{10}{9} t_1 = 10 \text{ с}.$$

4. При змішуванні першої і другої порцій води:  $m_1 c(t - t_1) = m_2 c(t_2 - t)$ ,

$$t = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}.$$

$$\text{При змішуванні цієї води з третьою порцією: } (m_1 + m_2)(t_x - t) = m_3(t_3 - t_x); \quad t_x(m_1 + m_2 + m_3) = (m_1 + m_2)t + m_3 t_3 \quad \text{або}$$

$$t_x = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2 + m_3 t_3}{m_1 + m_2 + m_3}.$$

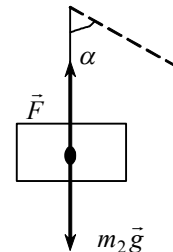
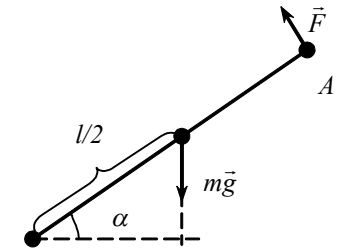
$$\text{За аналогією під час змішування всіх порцій} \\ t = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2 + \dots}{\sum m}.$$

9 клас

1. Сила  $F_2$  на кінці лівого плеча буде найбільшою, коли тягар проходить положення рівноваги. Застосуємо правило моментів до важеля для цього випадку:  $F_1 l_1 = F_2 l_2$ , де  $F_1$  і  $F_2$  – натяги ниток.  $F_1 = m_1 g$ ,

$$F_2 = \frac{m_1 g l_1}{l_2} = 9H.$$

Запишемо другий закон Ньютона для випадку, коли при русі тіло буде у положенні рівноваги:



$$m_2 a = F_2 - m_2 g; \quad m_2 \frac{v^2}{l} = F_2 - m_2 g; \quad v^2 = \frac{(F_2 - m_2 g)l}{m_2}. \quad \text{Згідно закону}$$

збереження енергії  $mgh = \frac{mv^2}{2}$ , де  $h = l - l \cos \alpha$ . Тоді

$$g(l - l \cos \alpha) = \frac{(F_2 - m_2 g)l}{2m_2}; \quad \cos \alpha = \frac{g - \frac{F_2 - m_2 g}{2m_2}}{g} = \frac{1}{2}. \quad \text{Отже, тіло}$$

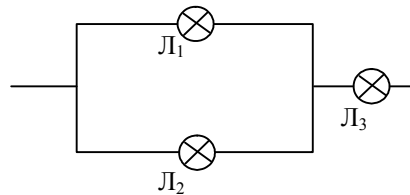
відірветься за умови, що  $\alpha > 60^\circ$ .

2. Фокусна відстань лінзи  $F = \frac{1}{D} = \frac{1}{0,5} = 2\text{ м}$ . Дійсне зображення буде тоді, коли кулька знаходитиметься за фокусом. Рівняння руху кульки  $x = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$ ;  $2 = 20t - 5t^2$ . Розв'язавши рівняння, отримаємо, що на висоті

$$2\text{ м} \text{ кулька побуває двічі: } t_1 = \frac{-b + \sqrt{D}}{2a}; \quad t_2 = \frac{-b - \sqrt{D}}{2a}.$$

$$\Delta t = t_1 - t_2 = \frac{\sqrt{D}}{a} = \frac{\sqrt{360}}{5} \approx 3,79\text{ с}.$$

3. Розглянемо таке з'єднання лампочок, як на малюнку. Опір лампочок  $L_1$  і  $L_2$ :  $R_1 = R_2 = \frac{U_1^2}{P_1}$ . Опір



лампочок, з'єднаних паралельно:  $R_{12} = \frac{U_1^2}{2P_1}$ . Опір лампочки  $L_3$ :  $R_3 = \frac{U_1^2}{P_3}$ .

Загальний опір кола  $R = \frac{U_1^2 (P_3 + 2P_1)}{2P_1 P_3}$ . Сила струму  $I = \frac{U}{R} = \frac{U \cdot 2P_1 P_3}{U_1^2 (P_3 + 2P_1)}$ .

$$\text{Тоді } P_3' = \frac{U}{2} \cdot \frac{U \cdot 2P_1 P_3}{U_1^2 (P_3 + 2P_1)} = 50\text{ Вт} = P_3.$$

$$P_1' = P_2' = \frac{U}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{U \cdot 2P_1 P_3}{U_1^2 (P_3 + 2P_1)} = 25\text{ Вт} = P_1 = P_2.$$

Отже, лампочки споживають номінальну потужність. Якщо з'єднання буде іншим, то потужності споживані лампочками не будуть відповідати номінальним (переконайтеся самостійно).

4. Запишемо II закон Ньютона для куба і бруска в проекціях на осі.

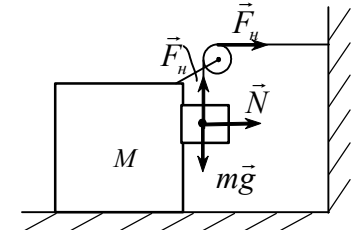
Для бруска:  $N = ma_1$ ;  $mg - F_H = ma_2$ . Для куба:  $F_H - N = Ma_1$ .

Враховуючи, що  $|a_1| = |a_2|$ , одержимо:

$$a_1 = \frac{mg}{2m + M}.$$

## 10 клас

1. Жорсткість цілої пружини  $k = \frac{mg}{x} = \frac{mg}{l_0}$ .



Якщо до пружини підвісити додатковий тягар на відстані  $y_0$  від точки підвісу, то на цю частину діє сила  $2mg$ , а її видовження від початкової довжини  $\frac{y_0}{2}$  становитиме  $x_2 = \frac{2mg}{k_1}$ . Визначимо

жорсткість цієї частини пружини:  $k_1 \frac{y_0}{2} = mg$ . Тоді  $k_1 = \frac{2kl_0}{y_0}$ . Відстань від

тягаря до точки підвісу становитиме  $\frac{y_0}{2} + x_2 = \frac{y_0}{2} + \frac{2mgy_0}{2kl_0}$ . Відстань від

тягаря до другого кінця пружини  $2l_0 - y_0$ . Прирівнявши ці відстані, одержимо:  $\frac{y_0}{2} + \frac{mgy_0}{kl_0} = 2l_0 - y_0$ , звідки  $y_0 = \frac{4}{5}l_0$ .

2. При злитті крапель  $V = 64V_1$ .  $\frac{4}{3}\pi R^3 = 64 \cdot \frac{4}{3}\pi r^3$ ;  $R = 4r$ . Зміна поверхневої

енергії  $\Delta U = \sigma \Delta S$ . Зміна внутрішньої енергії  $Q = mc\Delta t$ .  $\Delta U = Q$ .  $\Delta t = \frac{\sigma \Delta S}{mc}$ .

$$\Delta S = 64S_1 - S = 64 \cdot 4\pi r^2 - 4\pi R^2 = 4\pi(64r^2 - 16R^2) = 4\pi \cdot 48r^2.$$

$$m = \rho V = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi \cdot (4r)^3. \quad \Delta t = \frac{\sigma \cdot 4\pi \cdot 48r^2}{\rho \cdot c \cdot \frac{4}{3}\pi \cdot 64r^3} = \frac{9\sigma}{4\rho cr}.$$

3. Розглянемо стани 1 і 6 та 2 і 4:  $\frac{p_1 V_1}{T_x} = \frac{p_6 V_6}{T_6}$ , звідки  $\frac{p_1}{T_x} = \frac{p_6}{T_1}$ .

$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_4 V_4}{T_x}$ , звідки  $\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_4}{T_x}$ . Враховуючи, що  $p_1 = p_2$ ,  $p_6 = p_4$ , одержимо:

$$T_x = \sqrt{T_1 T_2}.$$

4. Робота сили  $2F_0$  на ділянці  $l/2$ :  $A = 2F_0 \cdot \frac{l}{2} = F_0 l$ . Ця робота йде на зміну потенціальної, кінетичної енергії санок і роботу проти сил тертя  $A_T$ .

$A = F_0 l = \Delta E_n + \Delta E_k + A_T$  (1). При рівномірному русі  $F_0 \cdot \frac{l}{2} = \Delta E_n + A_T$  (2).

Порівнюючи рівності (1) і (2), бачимо, що  $\Delta E_k = F_0 \cdot \frac{l}{2}$  (3). Отже, після обривання лінви, санки мають кінетичну енергію, зміна якої йде на зміну потенціальної енергії і роботи сил тертя. Порівнюючи (3) і (2), можна стверджувати, що санки пройдуть шлях до першої зупинки  $l/2$ .

### 11 клас

1. Робота йде на зміну енергії пружин (одну розтягують, другу стискають):

$$A = \frac{k_1 x_1^2}{2} + \frac{k_2 x_2^2}{2} = \frac{k_1 x_1^2}{2} + \frac{k_2 (l - x_1)^2}{2} = \frac{(k_1 + k_2) x_1^2}{2} - k_2 l x_1 + \frac{k_2 l^2}{2}.$$

Мінімум цієї функції знайдемо за аналогією пошуку вершини параболу

$$y = ax^2 - bx + c. \quad y_{\min} = \frac{4ac - b^2}{4a}. \quad A_{\min} = \frac{4 \frac{k_1 + k_2}{2} \cdot \frac{k_2 l^2}{2} - k_2^2 l^2}{4 \frac{k_1 + k_2}{2}} = \frac{k_1 k_2 l^2}{2(k_1 + k_2)}.$$

2. Оскільки тиск насиченої пари  $10^5$  Па, то температура пари  $t_f = 100^\circ\text{C}$ . За повної конденсації цієї пари виділяється теплота  $Q_1 = r m_1 = 22,6 \text{ кДж}$ . Кількість теплоти необхідна для нагрівання води до  $t_f = 100^\circ\text{C}$ :  $Q_2 = c m_2 \Delta t = 2,1 \text{ кДж}$ . Як бачимо,  $Q_2 < Q_1$ . За цих умов повної конденсації пари не відбудеться. Визначимо масу пари, що конденсувалася з умови  $r m_3 = c m_2 \Delta t = Q_2$ .  $m_3 = Q_2 / r$ .

Тоді, маса пари, що залишилася  $m_4 = m_1 - m_3$ , об'єм цієї пари  $V_n = \frac{m_4 R T}{\mu p}$ ,

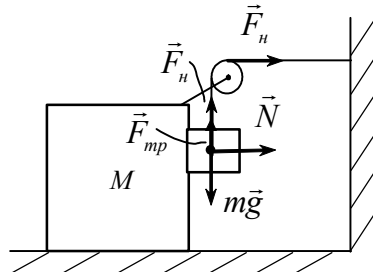
об'єм води у циліндрі  $V_B = \frac{m_2 + m_3}{\rho}$ , де  $\rho$  - густина води. До конденсації

пара займала об'єм  $V_1 = \frac{m_1 R T}{\mu p}$ . Зміна об'єму циліндра  $\Delta V = V_1 - (V_n + V_B)$ .

Відповідно поршень опуститься на  $x = \frac{\Delta V}{S} = \frac{V_1 - (V_n + V_B)}{S}$ . Після підстановки значень об'ємів  $V_1$ ,  $V_n$  і  $V_B$ , одержимо:

$$x = \frac{1}{S} \left( \frac{c m_2 t_1}{\rho r} \left( \frac{R T \rho}{\mu p} - 1 \right) - \frac{m_2}{\rho_B} \right) = 161 \text{ см}.$$

3. Запишемо II закон Ньютона для куба і бруска в проекціях на осі. Для бруска:  $N = m a_1$ ;  $mg - F_n - F_{mp} = m a_2$ ; Для куба:  $F_n - N = M a_1$ . Враховуючи, що  $|a_1| = |a_2|$ , одержимо:  $a_1 = \frac{mg}{2m + M + \mu n}$ .



4. Потужність у зовнішньому колі  $P = I^2 R = \frac{\varepsilon^2 R}{(R + r)^2}$ , де  $\varepsilon$  - ЕРС на кінцях

вторинної обмотки. Потужність у зовнішньому колі  $P = I^2 R = \frac{\varepsilon^2 R}{(R + r)^2}$ , де

$\varepsilon$  - ерс на кінцях вторинної обмотки,  $r$  - її опір,  $R$  - опір споживача. Один з можливих пошуків максимального значення потужності може бути таким: додамо і віднімемо у знаменнику доданки  $2Rr$  задля того, щоб виділити різницю квадратів опорів  $(R-r)^2$

$$P = \frac{\varepsilon^2 R}{(R + r)^2} = \frac{\varepsilon^2 R}{R^2 + 2Rr + r^2 - 2Rr + 2Rr} = \frac{\varepsilon^2 R}{(R - r)^2 + 4Rr} = \frac{\varepsilon^2}{\frac{(R - r)^2}{R} + 4r}.$$

Зрозуміло, що максимального значення  $P$  досягає за умови  $(R-r)=0$  або  $R=r$ .

Це значення  $P = \frac{\varepsilon^2 r}{(r + r)^2} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$ . Опір обмотки і ЕРС знайдемо із умов задачі,

розв'язавши систему рівнянь:  $\varepsilon = I_1 R_1 + I_1 r$ ;  $\varepsilon = I_2 R_2 + I_2 r$ .

$$r = \frac{I_1 R_1 - I_2 R_2}{I_2 - I_1} = 2 \text{ Ом}. \quad \varepsilon = 18 \text{ В}. \quad \text{Тоді } P = 40,5 \text{ Вт}.$$

### 2005 рік

#### 8 клас

1. Площа земної поверхні  $S = 4\pi R^2 \approx 5,14 \cdot 10^{14} \text{ м}^2$ . Вважаючи нормальний атмосферний тиск  $p = 10^5 \text{ Па}$ , сила тиску на земну поверхню з боку атмосфери  $F = pS = 5,14 \cdot 10^{19} \text{ Н}$ . Тоді маса атмосфери  $m = \frac{F}{g} = 5,14 \cdot 10^{18} \text{ кг}$ .

2. Оскільки дно посудини і грані куба ідеально гладенькі, то архімедова сила на куб не діє. Сила тиску, з якою діє на дно посудини куб,  $F = mg + \rho_g h \cdot a^2$ , де  $a$  - довжина ребра куба,  $h$  - висота стовпчика води над верхньою гранню куба,  $m$  - маса куба.  $m = \rho_a V = \rho_a a^3$ . Отже,  $F = \rho_a a^3 \cdot g + \rho_g h \cdot a^2 = a^2 g (\rho_a a + \rho_g h) \approx 8375 \text{ Н}$ .

3. Середня швидкість  $v_c = \frac{S}{t} = \frac{S_1 + S_2}{t_1 + 2t_2}$ , де  $S_1$  - половина шляху,  $t_1$  - час, за який пройдена перша половина шляху,  $t_2$  - половина часу, що залишився.  $t_1 = \frac{S_1}{v_1}$ . Оскільки  $S_2 = v_2 t_2 + v_3 t_2$ , то  $t_2 = \frac{S_2}{v_2 + v_3}$ . Враховуючи, що  $S_1 = S_2$ ,

$$\text{Одержимо } v_c = \frac{2S_1}{\frac{S_1}{v_1} + \frac{2S_1}{v_2 + v_3}} = \frac{2S_1}{\frac{S_1(v_2 + v_3 + 2v_1)}{v_1(v_2 + v_3)}} = \frac{2v_1(v_2 + v_3)}{v_2 + v_3 + 2v_1} = 7,5 \text{ км/год}.$$

4. З рівняння теплового балансу  $C(t - t_0) = m_e c_e (t_x - t)$ ;  $t_x - t = \frac{C(t - t_0)}{m_e c_e}$ ;  
 $t_x = t + \frac{C(t - t_0)}{m_e c_e}$ . Маса води  $m_e = 200$  г, отже  $t_x = 79,72^\circ\text{C}$ .

### 9 клас

1. Рухаючись з прискоренням  $a = 3,3 \text{ м/с}^2$  ракета через 10 с буде на висоті  $h = a \frac{t^2}{2} = 165 \text{ м}$  і матиме швидкість  $v = at = 33 \text{ м/с}$ . Потім ракета гальмує і, повертаючись назад, на висоті 165 м матиме швидкість 33 м/с напрямлену донизу.  $h = \frac{v^2 - v_0^2}{2g}$ , звідки  $v = \sqrt{2gh + v_0^2} \approx 66,2 \text{ м/с}$ .

2. Оскільки зображення пряме і збільшене, то лінза збірна. Предмет розміщений між лінзою і фокусом, а зображення уявне. Згідно умови  $f = 2d$ ;  $f - d = 0,25$ . Тоді  $d = 0,25 \text{ м}$ ,  $f = 0,5 \text{ м}$ . З формули лінзи  $D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$ ,  $D = \frac{f - d}{df} = 2 \text{ дптр}$ .

3. Споживана потужність двигуном трамвая  $N = UI - I^2 R = 3 \cdot 10^4 \text{ Вт}$ . Сила тяги  $F = \frac{N}{v} = 3 \cdot 10^3 \text{ Н}$ .

4. Для нагрівання на  $\Delta t$  порошка міді необхідно затратити кількість теплоти  $Q_1 = m_1 c_m \Delta t$ , а порошка алюмінію  $Q_2 = m_2 c_a \Delta t$ . Для нагрівання суміші порошків на  $\Delta t$  необхідно затратити  $Q = Q_1 + Q_2 = (m_1 + m_2) c_x \Delta t$ , де  $c_x$  – питома теплоємність суміші. Тоді  $c_x = \frac{m_1 c_m \Delta t + m_2 c_a \Delta t}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 c_m + m_2 c_a}{m_1 + m_2} = 740 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

### 10 клас

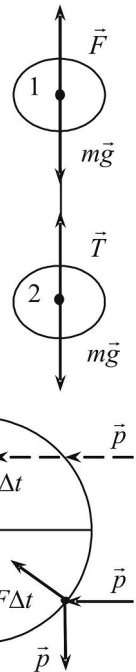
1. Враховуючи, що  $A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$ , а  $v_1 = 2\pi R \nu_1$ ,  $v_2 = 2\pi R \nu_2$ , одержимо:

$$A = 2m\pi^2 R^2 (\nu_2^2 - \nu_1^2). \text{ Звідси } R = \sqrt{\frac{A}{2m\pi^2 (\nu_2^2 - \nu_1^2)}}.$$

2. Перша космічна швидкість  
 $v = \sqrt{G \frac{M_n}{R_n}} = \sqrt{G \frac{3M_3}{3R_3}} = \sqrt{G \frac{M_3}{R_3}} \approx 7900 \text{ м/с}.$

3. Запишемо II закон Ньютона для тягарців:  $ma = F - mg - T$  і  $ma = T - mg$ . З цих рівнянь  $F = 2T$ . Сила натягу, за якої рветься нитка,  $T = 10 \text{ Н}$ . Запишемо II закон Ньютона для першого тягарця після того, як нижній тягар прив'язали до підлоги:  $0 = F_1 - mg - T$ . Звідси  $F_1 = mg + T = 15 \text{ Н}$ .

4. При попаданні молекул кисню на світлу частину кулі імпульс сили  $F\Delta t$ , що діє на кулю, спрямований до центра кулі і не створює обертового моменту. При попаданні молекул кисню на темну частину імпульс сили спрямований у напрямку руху молекул і створює обертовий момент. Під дією цього моменту куля почне обертатися.



### 11 клас

1. Згідно закону Гука  $\sigma = E \cdot \varepsilon$ , де  $\sigma = \frac{F}{S}$ ,  $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ ,  
 отже  $F = \frac{SE\Delta l}{l_0}$ . Записавши закон Гука у формі

$$F_{np} = -k\Delta l, \text{ бачимо, що } k = \frac{SE}{l_0}. \text{ Оскільки робота } A = \frac{k\Delta l^2}{2} = \frac{SE\Delta l^2}{2l_0}, \text{ то}$$

$$\Delta l = \sqrt{\frac{2Al_0}{SE}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}. \text{ Тоді } \varepsilon = 10^{-3}.$$

2. Потужність, яка виділяється на зовнішньому опорі  $P = I^2 \cdot R$ , де  $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$ .  $P = \frac{\varepsilon^2 R}{(R + r)^2}$ , звідки  $\varepsilon^2 R = PR + 2PRr + P \cdot r^2$ . Підставивши дані, отримаємо  $9R^2 - 82R + 9 = 0$ . Отже, за заданої потужності значення зовнішніх опорів:  $R_1 = 9 \text{ Ом}$  або  $R_2 = 1/9 \text{ Ом}$ . Відповідно напруга на клеммах акумулятора  $U_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r} \cdot R_1 = 9 \text{ В}$  або  $U_2 = \frac{\varepsilon}{R_2 + r} \cdot R_2 = 1 \text{ В}$ .

3. Період коливань кульки  $T = \frac{1}{\nu} = 0,2 \text{ с}$ . За період кулька проходить шлях 8 см. Оскільки  $\frac{t}{T} = 50$  – число ціле, то за 10 с кулька пройде шлях  $50 \cdot 8 = 400 \text{ см}$ . Час руху кулькою шляху 3 см від початкового положення

складається з часу руху від нижнього положення до положення рівноваги ( $x_0=2$  см і відповідно  $t_1 = \frac{T}{4} = \frac{1}{20} c$ ) і 1 см від положення рівноваги. Для знаходження часу, за який кулька пройде шлях 1 см від положення рівноваги, скористаємось її рівнянням руху:  $x = x_m \sin 2\pi \nu t_2$  або  $1 = 2 \sin 10\pi t_2$ . Тоді  $\sin 10\pi t_2 = \frac{1}{2}$ . Звідси  $10\pi t_2 = \frac{\pi}{6}$  і відповідно  $t_2 = \frac{1}{60} c$ .

Отже, час, за який кулька пройде 3 см, дорівнює  $t = t_1 + t_2 = \frac{1}{15} c$ .

4. Під дією електричного поля частинка гальмує.  $ma=qE$ ;  $m \frac{v_1}{t} = qE$ , де  $v_1 = v \cos \alpha$ . Звідси час гальмування  $t = \frac{mv_1}{qE}$ . Завдяки дії сили Лоренца з боку магнітного поля рух відбувається по спіралі з періодом  $T = \frac{2\pi R}{v_2}$ , де  $v_2 = v \sin \alpha$ ,  $R$  – радіус спіралі. З II закону Ньютона  $\frac{mv_2^2}{R} = qv_2 B$  одержуємо  $R = \frac{mv_2}{qB}$ . Тоді  $T = \frac{2\pi m}{qB}$ . Враховуючи, що  $n = \frac{t}{T}$ , кількість обертів частинки до гальмування і відповідно до початку руху у зворотньому напрямку  $n = \frac{mv_1}{qE} \cdot \frac{qB}{2\pi E} = \frac{v \cos \alpha \cdot B}{2\pi E}$ .

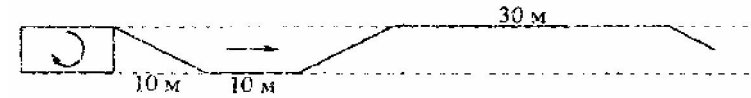
## 2006 рік, I тур

### 8 клас

1. Згідно даних задачі густина першого зливку  $\rho_1 \approx 12,9$  г/см<sup>3</sup>, другого –  $\rho_2 \approx 14,0$  г/см<sup>3</sup>. Якщо під двома частинами золота і трьома частинами срібла мали на увазі частини мас, густина зливку дорівнює  $\rho_{зл} = \frac{5\rho_3\rho_c}{3\rho_3 + 2\rho_c} \approx 12,82$  г/см<sup>3</sup>, що практично співпадає з густиною першого зливку. Якщо ж під двома частинами золота і трьома частинами срібла мали на увазі частини об'ємів, густина дорівнює  $\rho_{зл} = \frac{2\rho_3 + 3\rho_c}{5} \approx 14,02$  г/см<sup>3</sup> і це співпадає з густиною другого зливку. Отже, з фізичної точки зору обидва написи можуть бути вірними. З археологічної точки зору – навряд чи, оскільки з умови задачі складається враження, що зливки були знайдені в одному місці і процентний вміст повинен відображати або маси або об'єми.

2. Якщо тягарець занадто легкий, то лінійка буде обертатися навколо лівої точки опори. Запишемо умову рівноваги важеля:  $m_l g \cdot 1,5l = m_m g \cdot 5l$ ;  $1,5 \cdot m_l = 5 \cdot m_m$ ;  $m_m = 15$  г. Якщо тягарець занадто важкий, то лінійка буде обертатися навколо правої точки опори. Запишемо умову рівноваги важеля  $m_l g \cdot 4,5l = m_m g \cdot 2l$ ;  $4,5 \cdot m_l = 2 \cdot m_m$ ;  $m_m = 112,5$  г. Отже, маса тягарця може бути від 15 г до 112,5 г, інакше лінійка перевернеться або в одну, або в іншу сторону.

3.



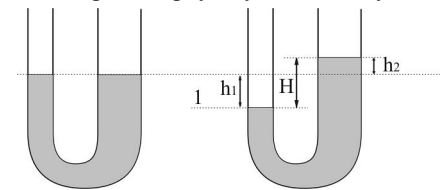
4. Нехай у першій посудині рівень ртуті зменшився на  $h_1$ , а в другій збільшився на  $h_2$ . Тоді  $S_1 h_1 = S_2 h_2$ . Різниця рівнів ртуті у двох посудинах  $H = h_1 + h_2$ . З цих двох рівнянь

$S_1(H - h_2) = S_2 h_2$ ;  $h_2 = \frac{S_1 H}{S_1 + S_2}$  (1). На

рівні 1 тиски однакові:

$$\frac{m_m}{S_1} = \frac{m_m}{S_2} + \rho_{pm} g H;$$

$$H = \frac{m_m(S_2 - S_1)}{\rho_{pm} S_1 \cdot S_2} \quad (2). \text{ Підставимо (2) в (1). } h_2 = \frac{m_m(S_2 - S_1)}{\rho_{pm} \cdot S_2(S_1 + S_2)} \approx 1,5 \text{ см.}$$



### 9 клас

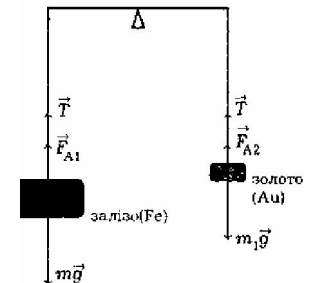
1. Кінцева температура встановиться 0°C. Якщо знехтувати тепловим розширенням і випаровуванням, спочатку, коли лід занурили у калориметр, рівень піднявся, потім, доки лід нагрівався до 0°C, рівень не змінювався. Після того ж, як лід почав танути, а утворена вода опускатись на дно, рівень почав знижуватись. Остаточно, у стані теплової рівноваги між бензином, утвореною водою і льодом рівень більше не змінюється.

2. При вмиканні нагрівника робота електричного струму  $Pt_1$  йде на нагрівання води  $cm\Delta T$  й тепловіддачу у навколишнє середовище  $\alpha t_1$  ( $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі).  $Pt_1 = cm\Delta T + \alpha t_1$  (1). При вимкненні нагрівника енергія води  $cm\Delta T$  йде у навколишнє середовище:  $cm\Delta T = \alpha t_2$  (2). Розв'яжемо систему рівнянь (1), (2):

$$\alpha = \frac{Pt_1}{t_1 + t_1}, \quad m = \frac{\alpha t_2}{c\Delta T} = \frac{Pt_1 t_2}{c\Delta T(t_1 + t_2)} = 4,8 \text{ кг}.$$

3. Умова рівноваги рівноплечих терезів – рівність

$$\text{сил натягу ниток: } mg - \rho_g g \frac{m}{\rho_{Fe}} = m_1 g - \rho_g g \frac{m_1}{\rho_{Au}}.$$



Отже,  $m_1 = m \frac{(\rho_{Fe} - \rho_6) \rho_{Au}}{(\rho_{Au} - \rho_6) \rho_{Fe}} = 590 \text{ г}$ .

4.  $I_3 = \frac{U_3}{r}$  ( $r$  – опір вольтметра)

Напруга на ділянці BCD рівна напрузі на BE.

Маємо  $U_2 = I_3 R + U_3 = U_3 + U_3 \frac{R}{r}$  (1), де  $R$  –

опір резистора.  $I_2 = \frac{U_2}{r} + I_3 = \frac{U_2 + U_3}{r}$ . Напруга на ABE рівна напрузі на AF

$I_1 R = U_2 + (U_2 + U_3) \frac{R}{r}$ .  $I_1 = \frac{U_1}{r} - I_2 = \frac{U_1 - U_2 - U_3}{r}$ .

$(U_1 - U_2 - U_3) \frac{R}{r} = U_2 + (U_2 + U_3) \frac{R}{r}$  (2). З рівняння (1)  $\frac{R}{r} = \frac{U_2 - U_3}{U_3}$ .

$U_2 = (U_1 - 2(U_2 + U_3)) \frac{U_2 - U_3}{U_3}$ .  $2U_2^2 + (U_3 - U_1)U_2 - 2U_3^2 + U_1U_3 = 0$ . Тут

доцільно підставити значення, адже в такій формі запису не отримаємо раціональної відповіді.

$2U_2^2 - 14U_2 + 1320 = 0$ .  $U_2 = 60 \text{ В}$  або  $U_2 = 11 \text{ В}$ .

## 10 клас

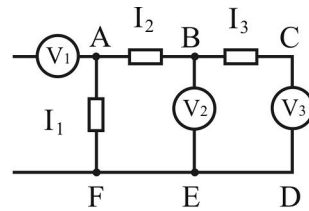
1. Середня швидкість руху предмету рівна 0,5 м/с. Вважаючи сповільнення рівномірним, середню швидкість  $v_{cp}$  обчислюємо за формулою

$v_{cp} = \frac{v_n + v_k}{2}$ , де  $v_n$  і  $v_k$  – початкова й кінцева швидкості відповідно.

Виходить, що початкова швидкість предмета не може бути більша, ніж 1 м/с, оскільки  $v_k > 0$ . Отже, швидкість тіла зменшується за час руху максимум на 1 м/с. Таким чином, абсолютне значення його прискорення не більше 0,5 м/с<sup>2</sup>, що складає 1/20 прискорення вільного падіння  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Тому коефіцієнт тертя ковзання між предметом й поверхнею столу не може бути більшим, ніж 0,05. Це набагато менше коефіцієнтів тертя між звичайними матеріалами, так що, швидше всього, предмет не ковзає, а цілком або частково котиться.

2. Позначимо швидкість Миколи  $v$ , прискорення Петра  $a$ , радіус кола  $R$ , час між зустрічами  $t$ . Микола подолав відстань  $vt = \pi R$ , а Петро  $at^2/2 = 2R$ . Виражаючи час з першого рівняння й підставляючи в друге, отримаємо:  $a\pi^2 R^2/2v^2 = 2R$ , або  $a = 4v^2/\pi^2 R$ . Оскільки прискорення Миколи  $v^2/R$ , то шукане відношення  $\pi^2/4 \approx 2,47$ .

3. Очевидно, що перша порція налитої в мензурку води знаходиться нижче за центр мас порожньої мензурки й тому знижує загальний центр мас.



По мірі заповнення мензурки водою так буде продовжуватись до тих пір, поки центр мас системи не виявиться на поверхні води. Дійсно, будь-яке добавлення води приводить до підняття центру мас системи. Оскільки для максимальної стабільності загальний центр мас повинен лежати якнайнижче, то задача якісно розв'язана.

Розв'яжемо тепер задачу кількісно. Нехай  $M$  – маса мензурки,  $r$  – її радіус,  $h$  – відстань від дна мензурки до її центра мас,  $x$  – висота стовпа води.  $m = \pi r^2 \rho x = qx$ , де  $q = \pi r^2 \rho$  – маса води. Запишемо

рівняння рівноваги відносно центра мас:  $M(h - x) = \frac{mx}{2} = \frac{qx^2}{2}$ .

Одержали квадратне рівняння для визначення висоти стовпа води:

$(q/2)x^2 + Mx - Mh = 0$ . Звідси  $x = \frac{M}{q} \left( \sqrt{1 + \frac{2qh}{M}} - 1 \right) \approx 5,59 \text{ см}$ .

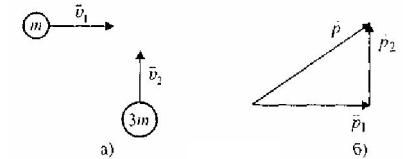
4. За відсутності зовнішніх сил сумарний імпульс системи зберігається

$m\vec{v}_1 + 3m\vec{v}_2 = \vec{p}$ .

$p = \sqrt{(mv_1)^2 + (3mv_2)^2} = m\sqrt{v_1^2 + 9v_2^2}$ .

Кінетична енергія системи до

зіткнення  $W_{k1} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{3mv_2^2}{2}$ .



Кінетична енергія після зіткнення (кінетична енергія більшого тіла, оскільки

тіло масою  $m$  зупинилось)  $W_{k2} = \frac{p^2}{2(3m)} = \frac{m(v_1^2 + 9v_2^2)}{6} = \frac{mv_1^2}{6} + \frac{3mv_2^2}{2}$ .

Зменшення кінетичної енергії пов'язано з виділенням тепла під час удару.

$Q = W_{k1} - W_{k2} = \frac{1}{3}mv_1^2$ . Тоді  $\frac{Q}{mv_1^2/2} = \frac{mv_1^2/3}{mv_1^2/2} = \frac{2}{3}$ .

## 11 клас

1. Нехай  $U$  – напруга в мережі, і  $P_i$  – номінальна потужність  $i$ -ї лампочки. Тоді

опір  $R_i$   $i$ -ї лампочки знаходиться за формулою  $R_i = \frac{U^2}{P_i}$ . За договором

студенти повинні були ввімкнути послідовно дві однакові лампочки потужністю  $P_0$  і опором  $R_0 = U^2/P_0$  кожна. У цьому випадку кожний студент

одержував би потужність  $\frac{U^2/(2R_0)}{2} = \frac{P_0}{4} = 25 \text{ Вт}$ .



Світла при цьому було б явно мало для роботи над конспектами. Але студенти ще й схитрували, вкрутивши різні лампочки:  $P_A = 2P_0$  і  $P_B = P_0/2$ , що привело до перерозподілу напруги. Так як опір лампочок тепер  $R_A = R_0/2$  і  $R_B = 2R_0$ , то напруги на лампочках стали:  $U_A = U \frac{R_0/2}{5R_0/2} = \frac{U}{5}$  і

$$U_B = U \frac{2R_0}{5R_0/2} = \frac{4U}{5}. \text{ В результаті потужності, які виділяються в кімнатах,}$$

$$\text{виявилися: } P_A = \frac{(U/5)^2}{R_0/2} = \frac{8}{25} \frac{P_0}{4} = 8 \text{ Вт. } P_B = \frac{(4U/5)^2}{2R_0} = \frac{32}{35} \frac{P_0}{4} = 32 \text{ Вт.}$$

Сумарна потужність тепер 40 Вт, що менше, ніж за договором. Але студент А взагалі нічого не бачить (8 Вт істотно менше 25 Вт), але платить за 20 Вт. Студент Б може вважатися подвійним переможцем: він одержує 32 Вт (32 більше 25), але платить тільки за 20 Вт.

2. Модуль горизонтальної проекції швидкості м'яча рівний  $v \cos \alpha$  й не міняється як під час вільного польоту, так і після ударів об стінку й стелю. За час польоту м'яч пролетів по горизонталі шлях  $4r$ . Отже,  $vT \cos \alpha = 4r$ .  
 $v = 4r / (T \cos \alpha)$ .

3. Під дією електричного поля протон рухається прискорено. Електричне поле створює тангенціальне прискорення.  $qE = ma_{\tau}$ ;  $a_{\tau} = \frac{qE}{m}$ . Коли заряд влітає

у магнітне поле, на нього починає діяти сила Лоренца:  $\vec{F}_L = q[\vec{v}, \vec{B}]$ , напрямлена перпендикулярно і

швидкості, і індукції магнітного поля. В результаті дії цієї сили виникає нормальне (доцентрове) прискорення.  $qvB = ma_n$ , звідки

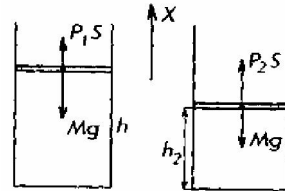
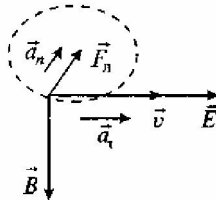
$$a_n = \frac{qvB}{m}. \text{ Тоді } \frac{a_n}{a_{\tau}} = \frac{qvBm}{mqE} = \frac{vB}{E}. \text{ Швидкість знаходимо, виходячи з}$$

умови задачі:  $v = a_{\tau} \tau = \frac{qE\tau}{m}$ . Отже, (1) перетворюється до вигляду

$$\frac{a_n}{a_{\tau}} = \frac{qE\tau}{m} \frac{B}{E} = \frac{q}{m} \tau B = 9,6.$$

4. Початковий стан - поршень у рівновазі:  $P_1 S = Mg$  (1). Застосуємо для поршня II закон Ньютона:  $Ma = P_2 S - Mg$ , звідки  $P_2 S = M(a + g)$  (2). Для ізотермічного процесу  $P_1 h S = P_2 h_2 S$  (3). Підставимо (1) і (2) в (3):

$$Mgh = M(a + g)h_2, \text{ звідки } h_2 = \frac{a}{a + g} h.$$



## 2006 рік, II тур

### 8 клас

1. Оскільки гонщик проходив з найбільшими швидкостями першу та другу ( $v_{12} = 200 \text{ км/год}$ ) і третю та першу ( $v_{31} = 225 \text{ км/год}$ ) ділянки, слід очікувати, що найбільшою буде середня швидкість на першій ділянці:  $v_1 = S/t_1$ ,  $S$  – довжина однієї ділянки,  $t_1$  – час руху на першій ділянці. За умовою  $t_1 + t_2 = \frac{2S}{v_{12}}$ ;  $t_2 + t_3 = \frac{2S}{v_{23}}$ ;  $t_3 + t_1 = \frac{2S}{v_{31}}$ .

Для того, щоб знайти  $t_1$ , додамо перше і третє рівняння і віднімемо друге:

$$t_1 = S \left( \frac{1}{v_{12}} + \frac{1}{v_{31}} - \frac{1}{v_{23}} \right). \text{ Звідси знаходимо, що}$$

$$v_1 = \left( \frac{1}{v_{12}} + \frac{1}{v_{31}} - \frac{1}{v_{23}} \right)^{-1} = 360 \text{ км/год}.$$

2. Сила тиску конструкції на дно складається із сили тяжіння конструкції  $F_1 = \rho g(S_1 h + S_2(h_1 - h))$ , сили тиску води на верхню поверхню деталі  $F_2 = \rho_0 g S_1(H - h_1)$  і сили тиску води на нижню поверхню, напрямлену вгору  $F_3 = \rho_0 g(S_2 - S_1) \cdot (H - h_1 + h)$ . Тоді  $F = F_1 + F_2 - F_3$ .

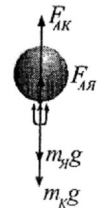
3. Запишемо умову рівноваги системи якор-куля (вважаймо, що якор піднімається рівномірно):  $F_{AK} + F_{AJ} = m_K g + m_J g$ ;

$$\rho_B g(V_K + V_J) = (\rho_K V_K + m_J)g; V_K = \frac{m_J(\rho_J - \rho_B)}{(\rho_B - \rho_K)\rho_J} = 0,8 \text{ м}^3.$$

4. Між вулицею і кімнатою відбувається теплообмін. Кількість теплоти, що втрачає кімната за добу  $Q = \alpha(T_0 - T_1)$  (1).

Це закон теплообміну Ньютона ( $T_0$  – температура в кімнаті,  $T_1$  – температура на вулиці,  $\alpha$  – коефіцієнт теплообміну). При спалюванні дров виділяється теплота  $Q = \eta m_1 q$  (2), де  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії печі,  $m$  – маса дров,  $q$  – питома теплота згоряння дров. Якщо температура в кімнаті стала, то  $Q_1 = Q_2$ , тобто  $\alpha(T_0 - T_1) = \eta m_1 q$  (3). У другому випадку  $\alpha(T_0 - T_2) = \eta m_2 q$  (4). Розв'язавши систему рівнянь (3) і (4), отримаємо:

$$m_2 = \frac{T_0 - T_2}{T_0 - T_1} m_1 \text{ або } V_2 = \frac{T_0 - T_2}{T_0 - T_1} V_1 = 0,13 \text{ м}^3.$$



### 9 клас

1. Запишемо закон Ома для першого випадку:  $R + R_A = \frac{U_1}{I_1}$  (1), де  $U_1$  –

напруга джерела. У другому випадку напруга на амперметрі  $U_{A2} = U_1 - U_2$ .



## 11 клас

1. Запишемо закон Ома для замкнутого

$$\text{кола: } r + R_A + R_V = \frac{\mathcal{E}}{I} \quad (1). \quad I = \frac{U}{R_V}.$$

$$I_{V2} = \frac{U_2}{R_V} = \frac{U}{2R_V} = \frac{I}{2}. \quad I_R = I_2 - I_{V2} = \frac{3I}{2}.$$

$$R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U \cdot 2}{2 \cdot 3I} = \frac{R_V}{3}.$$

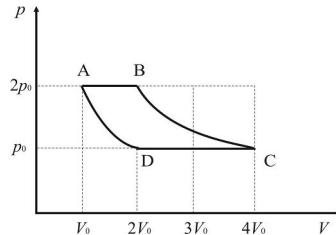
$$R_x = r + R_A + \frac{R_V R}{R_V + R} = r + R_A + \frac{R_V^2 / 3}{4R_V / 3} = r + R_A + \frac{R_V}{4} = \frac{\mathcal{E}}{2I} \quad (2).$$

$$\text{Від (1) віднімемо (2): } \frac{3R_V}{4} = \frac{\mathcal{E}}{2I}. \quad \text{Звідси}$$

$$IR_V = U = \frac{2}{3} \mathcal{E} = 6B.$$

$$U_2 = \frac{U}{2} = 3B - \text{новий показ вольтметра.}$$

2. Зобразимо цикл  $ABCD$  на  $pV$ -площині. Нехай  $V_A = V_0$ . Тоді  $V_B = 2V_0$ ,  $V_C = 4V_0$ ,  $V_D = 2V_0$ . Робота, яку виконує газ на кожній ділянці циклу, чисельно рівна площі під відповідним графіком. Порівнюючи ці площі, отримаємо:  $A_{BC} > A_{DC} = A_{AB} > A_{AD}$ .



3. Визначимо швидкість бруска і кулі після

взаємодії із закону збереження імпульсу:

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v. \quad \text{Звідси } v = 10 \text{ м/с. Згідно закону збереження енергії}$$

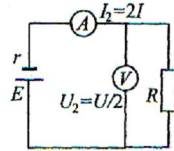
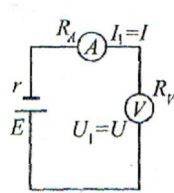
$$\frac{kx_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2}; \quad x_0 = v \sqrt{\frac{m}{k}} = 10 \text{ см. Запишемо рівняння гармонічних коливань}$$

$$x = x_0 \sin \omega t; \quad x = 0,5 \text{ см}; \quad x_0 = 10 \text{ см (амплітуда коливань).}$$

$$0,5 = 10 \sin \omega t; \quad \omega t = \frac{\pi}{6}; \quad \sin \omega t = \frac{1}{20} = 0,05; \quad t \approx \frac{3}{6000} \text{ с} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}.$$

4. Рух електрона буде прямолінійним і рівномірним, якщо рівнодійна сил, що діють на нього буде рівна нулю. На електрон діють сила Лоренца і кулонівська сила з боку електричного поля. Щоб їх рівнодійна була нуль, електрон повинен рухатись перпендикулярно як до вектора індукції магнітного поля, так і до вектора напруженості електричного. За цих

$$\text{умов } eE = evB; \quad v = \frac{E}{B}; \quad v = 5 \cdot 10^5 \text{ м/с}.$$



## Зміст

### Умови завдань

#### II етап Всеукраїнської олімпіади з фізики

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| м. Рівне, грудень 2001 р. ....         | 2  |
| м. Рівне, грудень 2002 р. I тур .....  | 5  |
| м. Рівне, грудень 2002 р. II тур ..... | 7  |
| м. Рівне, грудень 2003 р. ....         | 10 |
| м. Рівне, листопад 2004 р. ....        | 12 |
| м. Рівне, листопад 2005 р. I тур ..... | 15 |
| м. Рівне, грудень 2005 р. II тур ..... | 17 |
| м. Рівне, листопад 2006 р. ....        | 19 |

#### III етап Всеукраїнської олімпіади з фізики

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| м. Рівне, січень 2002 р. ....                   | 23 |
| м. Рівне, січень 2003 р. ....                   | 25 |
| м. Рівне, січень 2004 р. ....                   | 28 |
| м. Рівне, січень 2005 р. ....                   | 31 |
| м. Рівне, січень 2006 р., теоретичний тур ..... | 33 |
| м. Рівне, січень 2006 р., практичний тур .....  | 36 |
| м. Рівне, січень 2006 р., теоретичний тур ..... | 37 |
| м. Рівне, січень 2006 р., практичний тур .....  | 40 |

#### Завдання заочної олімпіади з фізики

|                      |    |
|----------------------|----|
| 2002 р. ....         | 41 |
| 2003 р. I тур .....  | 42 |
| 2003 р. II тур ..... | 44 |
| 2004 р. I тур .....  | 46 |
| 2004 р. II тур ..... | 48 |
| 2005 р. ....         | 50 |
| 2006 р. I тур .....  | 51 |
| 2006 р. II тур ..... | 53 |

### Розв'язки завдань

#### II етап Всеукраїнської олімпіади з фізики

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| м. Рівне, грудень 2001 р. ....         | 56 |
| м. Рівне, грудень 2002 р. I тур .....  | 62 |
| м. Рівне, грудень 2002 р. II тур ..... | 66 |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| м.Рівне, грудень 2003 р. ....         | 72 |
| м.Рівне, листопад 2004 р. ....        | 78 |
| м.Рівне, листопад 2005 р. I тур ..... | 84 |
| м.Рівне, грудень 2005 р. II тур ..... | 86 |
| м.Рівне, листопад 2006 р. ....        | 91 |

### **III етап Всеукраїнської олімпіади з фізики**

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| м. Рівне, січень 2002 р. ....                   | 97  |
| м. Рівне, січень 2003 р. ....                   | 101 |
| м. Рівне, січень 2004 р. ....                   | 107 |
| м. Рівне, січень 2005 р. ....                   | 109 |
| м. Рівне, січень 2006 р., теоретичний тур ..... | 114 |
| м. Рівне, січень 2006 р., практичний тур .....  | 120 |
| м. Рівне, січень 2006 р., теоретичний тур ..... | 122 |
| м. Рівне, січень 2006 р., практичний тур .....  | 128 |

### **Завдання заочної олімпіади з фізики**

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 2002 р. ....         | 131 |
| 2003 р. I тур .....  | 135 |
| 2003 р. II тур ..... | 140 |
| 2004 р. I тур .....  | 143 |
| 2004 р. II тур ..... | 147 |
| 2005 р. ....         | 151 |
| 2006 р. I тур .....  | 154 |
| 2006 р. II тур ..... | 159 |