

Завдання III етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики

(Херсонська область, січень 2016 р)

11 клас

1. Два однакові космічні кораблі з Сиріуса досліджують Місяць ($R_M=1,7 \cdot 10^3$ км), обертаючись навколо нього по колових орбітах на висоті $h=100$ км. Капітани захопилися черговою серією «Сепульки – 8» і їх кораблі зіткнулися. За потужністю і міцністю сиріанські кораблі нагадують кисіль, тому їх зіткнення було абсолютно недружнє. Знайдіть кут між векторами швидкостей кораблів, якщо вони після злипання потрапили на поверхню Місяця в точку, діаметрально протилежну точці зіткнення.

2. Вертикальна циліндрична посудина містить газ під поршнем в стані термодинамічної рівноваги. Поршень являє собою скляну пластинку і може вільно пересуватися. Будемо вважати, що втрати газу не відбуваються і що тертя між скляним поршнем і стінками посудини достатню, щоб загасити коливання, але не призвести до помітних втрат енергії. Початкова температура газу дорівнює температурі навколишнього середовища. Газ можна вважати ідеальним. Будемо також вважати, що стінки циліндра (включаючи поршень і дно) мають дуже низьку теплопровідність і теплоємність, тому теплообмін між газом і навколишнім середовищем відбувається дуже повільно і ним можна знехтувати при розв'язуванні даної задачі.

Через скляну пластинку в циліндр спрямовують пучок світла від лазера постійної потужності. Це випромінювання поширюється через повітря і скло без поглинання, але повністю поглинається газом в посудині. В результаті поглинання випромінювання молекули газу переходять в збуджений стан, з якого потім швидко переходять в основний стан шляхом ступінчатого випромінювання інфрачервоної радіації. Це інфрачервоне випромінювання далі поглинається іншими молекулами і відбивається стінками посудини, включаючи скляний поршень. В результаті, енергія лазерного випромінювання, що поглинається газом, трансформується протягом дуже короткого інтервалу часу в енергію теплового руху молекул. При цьому процесі поршень зміщується вгору. Після певного часу опромінення лазер відключають і вимірюють зміщення поршня.

а) Використовуючи дані, наведені нижче, і, якщо необхідно, значення інших фізичних констант, визначте температуру і тиск газу після опромінення.

б) Визначте механічну роботу, виконану газом в результаті поглинання випромінювання.

в) Визначте енергію випромінювання, поглинуту при опроміненні.

Тиск оточуючого повітря

$$p_0 = 101,3 \text{ кПа}$$

Кімнатна температура

$$t_0 = 20,0^\circ \text{C}$$

Внутрішній діаметр циліндра

$$2r = 100 \text{ мм}$$

Маса скляної пластини

$$m = 800 \text{ г}$$

Кількість газу в посудині

$$\nu = 0,100 \text{ моль}$$

Молярна теплоємність газу при постійному об'ємі

$$C_V = 20,8 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

Довжина хвилі випромінювання лазера

$$\lambda = 514 \text{ нм}$$

Час опромінення

$$\Delta t = 10,0 \text{ с}$$

Зміщення скляного поршня після опромінення

$$\Delta s = 30, \text{ мм}$$

3. Трьом намистинам, надітим на тонке гумове кільце, надають зарядів 3 нКл, 4 нКл, і 12 нКл. Під дією кулонівської сили вони розтягують кільце у трикутник. Визначте кути цього трикутника. Силами тертя можна знехтувати.
4. В однорідному магнітному полі обертається по коловій орбіті електрон. Індукція поля повільно (за час, у багато разів більший, ніж період обертання електрона) збільшується у чотири рази. У скільки разів зміниться радіус орбіти електрона?
5. Як відомо з оповідань Гулівера, ліліпути двох островів вели між собою безперервні війни. В давнину, коли через острови проходив магнітний полюс Землі, а магнітна індукція B дорівнювала 4 Тл, кожен артилерист був неабияким фахівцем з фізики. Ті, хто зневажав фізику, через деякий час закінчували свою кар'єру. Постіл навмання міг привести до смерті від власного снаряда. Під яким кутом до горизонту α_0 був зроблений постріл, якщо снаряд повернувся в місце пострілу? Снаряд має масу $m=0,1$ г, електричний заряд $q=10$ мкКл. Швидкість, з якою вилітає снаряд з гармати $v_0=200$ м/с. Опором повітря знехтувати.

Практичний тур

Визначення відносного показника заломлення насиченого розчину солі.

Обладнання: пластикова пляшка, лампочка розжарювання на 3,5 В, джерело живлення, з'єднувальні провідники, сантиметр, мірні циліндри, штатив шкільний із кріпленнями, набір підставок різної товщини, чиста вода, розчин кухонної солі.

Завдання:

1. Збиріть експериментальну установку і:
 - ✓ Дослідіть, як залежить положення фокусу циліндричної лінзи, виготовленої з наповненої водою горизонтально розташованої пластикової пляшки, від ступеня заповнення її водою. Результати подайте у вигляді графіка.
 - ✓ Розробіть методику визначення відносного показника заломлення насиченого розчину солі.
 - ✓ Визначте відносний показник заломлення розчину солі.
2. У звіті подайте:
 - ✓ Схему експериментальної установки.
 - ✓ План і методику проведення досліджень із зазначенням тих величин, які ви безпосередньо виміряли, і тих, які розраховували.
 - ✓ Опис того, для чого і як ви використали надане обладнання.
 - ✓ Результати досліджень залежності фокусної відстані від ступеня заповнення пляшки у вигляді графіка і таблиці.
 - ✓ Теоретичне обґрунтування розробленої методики визначення відносного показника заломлення з посиланням на використані наближення
3. Поясніть:
 - ✓ Отримані вами результати за допомогою схем та малюнків.
 - ✓ Різницю між отриманими вами результатами вимірювання відносного показника заломлення розчину солі та відносним показником заломлення для води.
 - ✓ Які основні фактори і явища могли впливати на отримані результати, і по можливості проведіть оцінку їх впливу.

Визначення коефіцієнта тертя ковзання

Обладнання: площина зі змінним кутом нахилу, стіл, стальна кулька, лінійка, міліметровий папір, нитка і гайка для виска, копіювальний папір, кілька аркушів звичайного паперу, промаслений шматок тканини для протирання кульки.

Мета роботи: визначити коефіцієнт тертя ковзання змащеної мастилом кульки по склу.

Завдання:

- ✓ Запропонуйте методику досліджень і теоретично обґрунтуйте її.
- ✓ Виведіть формулу, яка буде використана для знаходження коефіцієнта тертя ковзання.
- ✓ Опишіть хід виконання роботи і зробіть схематичний малюнок вашої експериментальної установки.
- ✓ Експериментальні результати подайте у вигляді таблиці і графіка.
- ✓ За отриманими експериментальними даними визначте коефіцієнт тертя ковзання.
- ✓ Оцініть похибку вимірювань, вкажіть яких заходів ви вжили для підвищення точності експериментальних результатів.
- ✓ Поясніть отримані результати.

Примітки:

- ✓ Зверніть увагу на те, що кулька котиться по похилій площині при деяких кутах нахилу без проковзування, а при інших – з проковзуванням.
- ✓ Подумайте над побудовою графіку в таких координатах, у яких вимірювана залежність була б лінійною.
- ✓ Після кожної серії вимірювань необхідно протирати кульку для змащення й очищення її поверхні.
- ✓ Копіювальний папір, розміщений між двома аркушами звичайного паперу, можна використовувати, наприклад, для фіксування на підлозі точки падіння кулі.

Довідкова інформація:

Момент інерції однорідної кулі масою M і радіусом R : $I = \frac{2}{5}MR^2$

Визначення моменту інерції кулі за періодом обертально-коливального руху

Обладнання: циліндрична банка, стальна куля, порожниста куля, годинник, лінійка, нитки, гайка, пластилін, 10 п'ятикопійочних монет, дерев'яний брусок, вода, міліметровий папір

Теоретичні відомості:

Енергія тіла, що обертається, визначається його моментом інерції J . Момент інерції кулі пов'язаний з її масою і радіусом формулою $J = kMr^2$, де k залежність від розподілу маси вздовж радіусу.

Якщо діють сили тертя повітря або води, амплітуда коливань зменшується за законом $A = A_0 e^{-\gamma t}$, де t – час, величина γ характеризує силу тертя, $e=2,72$ (основа натурального логарифму). Частота коливань ω у повітрі чи воді пов'язана з частотою коливань ω_0 (за відсутності тертя таким співвідношенням $\omega^2 = \omega_0^2 - \gamma^2$

Мета роботи:

Визначити коефіцієнт k для однорідної і порожнистої кулі за періодом їх малих коливань у нахиленій циліндричній банці.

Завдання:

1. Теоретично розрахуйте залежність періоду T малих коливань кулі, маса якої дорівнює M , радіус – r і момент інерції J , у нахиленій циліндричній банці радіуса R від кута нахилу α . Розв'язок запишіть у звіті.

2. Проведіть серію вимірювань для однорідної і порожнистої куль. Одержані дані оформіть у вигляді таблиці. Побудуйте графік залежності $T(\alpha)$, відклавши на осях такі функції T і α , щоб графік теоретичної залежності відображався прямою лінією. Визначте значення і похибку коефіцієнта k для обох куль. Вкажіть основні причини випадкових систематичних похибок для цього експерименту. Що ви зробили для їх уникнення або зменшення? Зокрема напишіть, як визначили горизонтальність стола, за яким ви працюєте. Якщо він не горизонтальний, то як досягти його горизонтальності або визначити кут і напрям нахилу для введення поправок у розрахунки (в останньому випадку уточніть процедуру поправок). Детально опишіть, як із якою точністю ви провели всі вимірювання.
3. Наповніть банку водою, повторіть експеримент п.2 зі сталеву кулю. Вкажіть усі причини, що призводять до зміни періоду коливаний і наведіть відповідні оцінки їх значимості. Скоректуйте розв'язок задачі п.1 для цього випадку. Чи вдалося вам досягти відповідності теорії і експерименту? Якщо ні, спробуйте пояснити причини розбіжностей.

Довідкова інформація

Густина сталі 7800 кг/м^3