

ФІЗИКА та АСТРОНОМІЯ В РІДНІЙ ШКОЛІ

НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ ЖУРНАЛ

№ 4 (151) ЖОВТЕНЬ — ЛИСТОПАД — ГРУДЕНЬ 2020

Виходить чотири рази на рік

Передплатний індекс 68839

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНЕ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИРОБНИЧЕ ПІДПРИЄМСТВО
ВИДАВНИЦТВО «ПЕДАГОГІЧНА ПРЕСА»

Заснований у 1995 р., видається з 1996 р.
До 2012 р. журнал виходив у світ
під назвою «Фізика та астрономія в школі»,
до 2014 р. – під назвою «Фізика та астрономія в сучасній школі»

Свідчення про державну реєстрацію друкованого засобу
масової інформації серія КВ № 20024-8924Р від 25.06.2013 р.

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

Микола ЧУМАК, доктор педагогічних наук, доцент,
НПУ ім. М. П. Драгоманова

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Петро АТАМАНЧУК, доктор педагогічних наук, професор,
Кам'янець-Подільський національний університет
ім. Івана Огієнка;

Валерій БИКОВ, директор Інституту інформаційних
технологій і засобів навчання НАПН України,
доктор технічних наук, професор;

Людмила БЛАГОДАРЕНКО, доктор педагогічних наук,
професор, НПУ ім. М. П. Драгоманова;

Богдан БУДНИЙ, доктор педагогічних наук, професор,
Тернопільський національний педагогічний
університет ім. Володимира Гнатюка;

Микола ГОЛОВКО, кандидат педагогічних наук, доцент,
Інститут педагогіки НАПН України;

Володимир ЗАБОЛОТНИЙ, доктор педагогічних
наук, професор, Вінницький державний педагогічний
університет імені Михайла Коцюбинського;

Сергій КУЗЬМЕНКОВ, доктор педагогічних наук,
професор, Херсонський державний університет;

Всеволод ЛОЗИЦЬКИЙ, доктор фізико-математичних
наук, професор, Астрономічна обсерваторія
КНУ ім. Тараса Шевченка;

Володимир ЛУГОВИЙ, віце-президент НАПН України,
доктор педагогічних наук, професор;

Олександр ЛЯШЕНКО, доктор педагогічних наук,
професор, НАПН України;

Михайло МАРТИНЮК, доктор педагогічних наук,
професор, Уманський державний педагогічний
університет ім. Павла Тичини;

Анатолій ПАВЛЕНКО, доктор педагогічних наук,
професор, Запорізький інститут післядипломної освіти;

Микола САДОВИЙ, доктор педагогічних наук,
професор, Центральноукраїнський державний
педагогічний університет;

Сергій СТЕЦИК, кандидат педагогічних наук, доцент,
НПУ ім. М. П. Драгоманова;

Богдан СУСЬ, доктор педагогічних наук, професор,
Національний технічний університет України
«КПІ імені Ігоря Сікорського»;

Микола ШУТ, доктор фізико-математичних наук,
професор, НПУ ім. М. П. Драгоманова

З М І С Т

МЕТОДИКА, ДОСВІД, ПОШУК

Петро АТАМАНЧУК

Управління процесами формування природничо-наукової
компетентності майбутнього фахівця (Закінчення) _____ 2

Віктор БОЙКО

Ідеалізація й моделювання у процесі вивчення фізики _____ 5

ВИВЧАЄМО АСТРОНОМІЮ

ЮРІЙ МИРОШНІЧЕНКО, Альона МОЗГОВ

Нариси з історії астрономії _____ 8

ЕКСПЕРИМЕНТУЄМО

Анатолій ЧЕРНЯХІВСЬКИЙ

Про організацію лабораторних (практичних) робіт
під час дистанційного навчання _____ 21

РОЗВ'ЯЗУЄМО ЗАДАЧІ

Юлія БОНДАР, Микола ЧУМАК

Креативність як необхідна умова успішного складання ЗНО
з фізики на прикладі розв'язування якісних задач _____ 23

ПОЗАКЛАСНА РОБОТА

Інна П'ЯНИХ

Позакласні заходи з фізики як умова формування
предметної компетентності в учнів _____ 27

ОЛІМПІАДИ, КОНКУРСИ

Вадим ГАВРОНСЬКИЙ

III етап Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики (Київ-2016)
(Закінчення) _____ 33

З ІСТОРІЇ НАУКИ

Алла ТАНЬШИНА

Олексій Григорович Ситенко: керманич, учений, громадянин
До 55-річниці фундації інституту теоретичної фізики
ім. М. М. Боголюбова НАН України _____ 36

РІЗНЕ

Нобелівські премії-2020

Чорні діри у Всесвіті стають світлішими _____ 44

Зміст журналу «Фізика та астрономія в рідній школі»
за 2020 рік _____ 46

На с. 2 і 3 обкладинки: **ВИВЧАЄМО АСТРОНОМІЮ**

Нариси з історії астрономії

До статті Юрія МИРОШНІЧЕНКА та Альони МОЗГОВОЇ (с. 8 – 20)

III ЕТАП ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ УЧНІВСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ (КИЇВ-2016)*

Вадим ГАВРОНСЬКИЙ, старший викладач кафедри методики природничо-математичної освіти і технологій
ІППО КУ ім. Бориса Грінченка

5. Для дослідження властивостей нелінійного резистора було проведено такі досліді. Спочатку дослідили залежність опору резистора від температури. Зі збільшенням температури до $t_1 = 100^\circ\text{C}$ миттєво відбувся стрибок опору від $R_1 = 50\ \Omega$ до $R_2 = 50\ \Omega$, під час охолодження зворотний стрибок відбувся при $t_2 = 99^\circ\text{C}$. У наступному дослідженні встановили, що в разі прикладання до резистора постійної напруги $U_1 = 60\ \text{V}$ він нагрівається до температури $t_3 = 80^\circ\text{C}$. Нарешті, коли до резистора приклали постійну напругу $U_2 = 80\ \text{V}$, то в колі виникли спонтанні коливання струму. Температуру повітря в лабораторії залишалась сталою і дорівнювала $t = 20^\circ\text{C}$. Тепловіддача від резистора прямо пропорційна різниці температур резистора та навколишнього середовища, теплоємність резистора становить $C = 3\ \text{Дж/К}$. Визначте період T цих коливань та мінімальне і максимальне значення сили струму.

Розв'язання

Позначимо символом α коефіцієнт пропорційності між розсіяною на резисторі потужністю та різницею температур резистора та навколишнього середовища. Оскільки при нарузі $U_1 = 60\ \text{V}$ температура резистора є сталою й становить $t_3 = 80^\circ\text{C}$, то можна записати, що

$$U_1^2/R_1 = \alpha(t_3 - t_0). \quad (1)$$

З прикладанням напруги $U_2 = 80^\circ\text{C}$ температура резистора зростає. Коли вона досягає значення $t_1 = 100^\circ\text{C}$, опір резистора стрибкоподібно збільшується удвічі до значення $R_2 = 50\ \Omega$. При цьому удвічі зменшується кількість теплоти, що виділяється під час проходження струму, і якщо прикладе-

на напруга не надто велика, то відведення теплоти почне переважати над її виділенням, унаслідок чого резистор почне охолоджуватись. Коли температура резистора знизиться до значення $t_2 = 99^\circ\text{C}$, то його опір стрибкоподібно зменшиться, і процес почне повторюватись. Таким чином у колі виникнуть коливання, зумовлені стрибкоподібною залежністю опору від температури.

Температура резистора мало змінюється у процесі коливань і може вважатись сталою. Для визначеності покладемо її рівною $t_1 = 100^\circ\text{C}$. Нехай T_1 – час нагрівання резистора від 99°C до 100°C , а T_2 – час його охолодження від 100°C до 99°C . Тоді період коливань становитиме: $T = T_1 + T_2$. Запишемо рівняння теплового балансу:

$$\frac{U_2^2 T_1}{R_1} = \alpha(t_1 - t_0)T_1 + C(t_1 - t_2) \quad (2)$$

$$\frac{U_2^2 T_1}{R_2} = \alpha(t_1 - t_0)T_1 - C(t_1 - t_2)$$

Враховуючи (1), отримаємо:

$$T_1 = \frac{C(t_1 - t_2)}{U_2^2/R_1 - U_1^2(t_1 - t_0)/[R_1(t_3 - t_0)]}$$

$$T_2 = \frac{C(t_1 - t_2)}{U_1^2(t_1 - t_0)/[R_1(t_3 - t_0)] - U_2^2/R_2}$$

Підстановка числових значень дає, що $T_1 = T_2 \approx 0,1\ \text{с}$, $T = 0,2\ \text{с}$.

Максимальний та мінімальний струм становитимуть:

$$I_{\max} = U_2/R_1 = 1,6\ \text{A}, \quad I_{\min} = U_2/R_2 = 0,8\ \text{A}.$$

11 клас

1. З балкона останнього поверху 16-поверхового будинку кидають волейбольний м'яч. Визначте його прискорення відразу після удару об горизонтальну поверхню асфальту. Зіткнення вважати пружним.

*Закінчення. Початок див.: «Фізика та астрономія в рідній шк.», – 2020. – № 2.

Розв'язання

На м'яч діють сила тяжіння та сила опору повітря, що монотонно зростає зі швидкістю u . Тому прискорення м'яча зменшується з часом. Під час падіння з достатньо великої висоти сила опору врівноважує силу тяжіння, і м'яч падає зі сталою швидкістю $u_{\max}$. Якісний характер залежності швидкості u від часу t наведено на малюнку 6. Внаслідок пружного удару швидкість змінює напрямок на протилежний, а її абсолютне значення зберігається. Відповідно, сила опору стає співнапрямленою із силою тяжіння і у перший момент дорівнює їй за значенням. Отже, прискорення м'яча становить $2g$ і спрямоване до поверхні.

2. Повітряна куля має об'єм $V = 1,1 \text{ м}^3$. Маса тонкої оболонки становить $m = 0,187 \text{ кг}$. Температура навколишнього середовища дорівнює $t = 20^\circ\text{C}$ за нормального атмосферного тиску $P_H = 1,013 \times 10^5 \text{ Па}$. Густина повітря за таких умов $\rho = 1,2 \text{ кг м}^3$. До якої температури треба підігріти повітря всередині кулі, щоб вона відірвалася від землі? На яку висоту підніметься куля, якщо температура повітря в ній підтримується на рівні $t_1 = 110^\circ\text{C}$? Залежність атмосферного тиску P від висоти h визначається за барометричною формулою

$$P = P_0 e^{-\frac{Mgh}{Rt}},$$

де P_0 – тиск на висоті; $h = 0$; M – молярна маса повітря; T – абсолютна температура повітря; $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \times \text{К)}$ – універсальна газова стала; $g = 9,82 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння. Число e – основа натурального логарифма, $e \approx 2,72$.

Розв'язання

Для того щоб куля злетіла, її маса разом з оболонкою має стати меншою за масу витісненого повітря:

$$\mu + \frac{MP_0 V}{RT_1} < \frac{MP_0 V}{RT},$$

де T, T_1 – абсолютна температура навколишнього та нагрітого повітря; P_0 – його тиск, що за умовою дорівнює нормальному атмосферному. Знайдемо T_1 :

$$T_1 > \frac{T}{1 - \frac{\mu RT}{MP_0 V}}.$$

В умові задачі не наведено молярну масу повітря. Виразимо її через відому густину при заданих температурі та тиску:

$$M = \frac{\rho RT}{P_0}.$$

З двох останніх формул отримаємо:

$$T_1 > \frac{T}{1 - \frac{\mu}{\rho V}} \approx 341 \text{ К}.$$

Отже, куля злетить, якщо повітря нагріти до температури, вищої за 68°C .

Якщо $T_1 \approx 383 \text{ К}$, то куля підніметься до висоти, на якій тиск P визначатиметься з умови:

$$\mu + \frac{MPV}{RT_1} = \frac{MPV}{RT}.$$

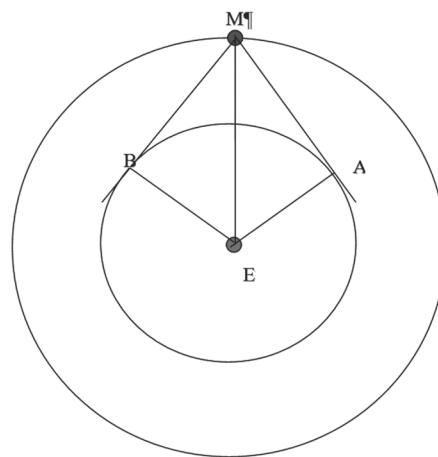
Отримаємо:

$$P = \frac{\mu RT T_1}{MV(T_1 - T)} = \frac{\mu T_1}{\rho V(T_1 - T)} P_0 \approx 0,61 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$\ln(P / P_0) = -0,51;$$

$$\frac{Mgh}{RT} = \frac{\rho gh}{P_0} = 0,51 \Rightarrow h = 4,35 \text{ км}.$$

3. Електрична батарея, що використовує β -радіоактивність, являє собою герметичну металеву сферу, всередину якої на металевому стержні вміщено шматочок радіоактивної речовини (мал. 5). Стержень ізольовано від сфери. Щосекунди розпадається n атомів. Енергія електрона, що утворюється під час розпаду, дорівнює W .



Мал. 5

1) Визначте ЕРС такої батареї та максимальний струм, що вона може дати.

2) Нехай батарея замкнена реостатом. Побудуйте графік залежності струму від опору реостату.

Розв'язання

1) Електрорушійна сила характеризує роботу сторонніх сил з переміщення заряду між розімкнутими полюсами батареї. Оскільки робота з переміщення електрона від джерела радіоактивності до поверхні сфери виконується завдяки його кінетичній енергії W , то $ЕРС = W/e$, де e – заряд електрона. Батарея дає максимальний струм, коли всі електрони, що утворюються під час розпаду, досягають поверхні сфери. Отже, $I_{\max} = ne$ (розмірність n – обернена секунда).

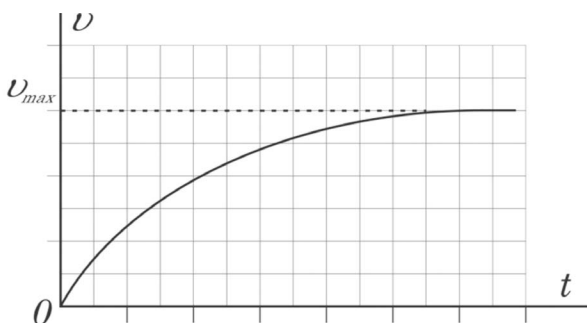
2) Залежність струму I від опору зовнішнього навантаження R має дві ділянки. Для великих значень опору

$$R > \frac{ЕРС}{I_{\max}} = W / ne^2 = R_K$$

маємо

$$I = \frac{ЕРС}{R},$$

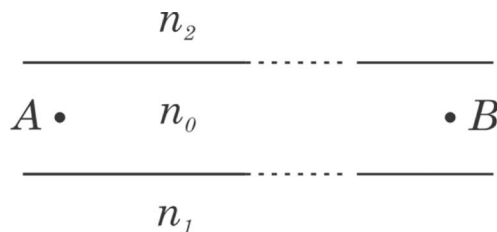
тобто батарея працює як джерело напруги. Для малих опорів $R < R_K$, $I = I_{\max}$ батарея працює як джерело струму. Графік залежності $I(R)$ наведено на малюнку 6.



Мал. 6

4. Тонкий шар прозорого скла, що має товщину 1 мм та показник заломлення $n_0 = 1,6$, нанесений на скляну підкладку з показником заломлення $n_1 = 1,4$. Показник заломлення повітря над цим шаром дорівнює $n_2 = 1$. В середині шару в точці А розміщується точкове джерело світла, що випромінює короткі імпульси тривалістю $\tau_0 = 10^{-9}$ с (мал. 7). Яка тривалість імпульсів,

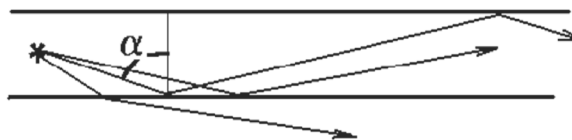
що спостерігаються в точці В, що розташована в середині шару на відстані 10 м? Що спостерігатиметься в цій точці, якщо інтервали між імпульсами становитимуть 2×10^{-9} с?



Мал. 7

Розв'язання

Синус кута повного внутрішнього відбиття α від нижньої межі поділу середовищ становить $7/8$, на верхній межі поділу середовищ його значення є меншим. Через те всі промені, що йдуть від джерела світла і падають на границі під кутами, більшими за α , зазнають багатократного повного внутрішнього відбиття на обох межах і потрапляють в ділянку спостереження (мал. 8).



Мал. 8

Найдовша траєкторія променя має довжину $10/\sin\alpha \approx 11,4$ м, найкоротша – 10 м. Час запізнення імпульсу, що іде по найдовшій траєкторії, становить:

$$(11,4 - 10)/(3 \cdot 10^8) \cdot 1,6 \approx 7,5 \cdot 10^{-9} \text{ с.}$$

(Враховано залежність швидкості світла від показника заломлення.) Отже, тривалість окремого імпульсу в точці спостереження становить

$$t_0 + 7,5 \text{ нс} = 8,5 \text{ нс.}$$

Якщо інтервали між імпульсами становитимуть 2 нс, то вони зливатимуться в неперервний сигнал.

5. Див. задачу 5 (11 клас).