

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА
Национално пролетно състезание по физика, Пловдив, 13 - 14 март 2010 г.
Специална тема

Задача 1. Подскачане на топче за тенис на маса.

Топче започва да подскача вертикално върху хоризонтална повърхност. Ударите на топчето с повърхността не са идеално еластични, а се характеризират с т. нар. коефициент на възстановяване

$$k = \frac{v_{\text{след}}}{v_{\text{преди}}}, \text{ където двете скорости } v_{\text{преди}} \text{ и } v_{\text{след}} \text{ са съответно непосредствено преди и след удара.}$$

а) Ако t_1 и t_∞ са съответно моментите време на първия удар и на спиране на топчето върху повърхността, намерете формула за интервала време $T_{1-\infty} = t_\infty - t_1$ [2 т]. Земното ускорение е $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, а скоростта на топчето непосредствено преди първия удар е v_0 .

б) Този модел на подскачане на топчето се проверява експериментално. С микрофон и компютър е записан звукът от подскачането на топче за тенис на маса върху хоризонтална твърда повърхност. Напрежението на микрофона като функция на времето е дадено на приложената фигура. Целта е от тази фигура да се извлече информация, за да се получи експериментално стойността на коефициента на възстановяване k . Намерете такива променливи, че информацията от фигурата, представена графично, да е права линия, от чиито параметри може да изчислите k . Запишете зависимостта, която ще чертаете графично [0,5 т]. Посочете кои и колко данни ще използвате [0,5 т]. Запишете измерените данни от фигурата в приложената таблица, като в нея нанесете и допълнителни колони с данни, които ще изчислите (ако се нуждаете от такива) [0,5 т]. Начертайте графиката на предложената от вас зависимост [3,5 т]. Определете от графиката k [1 т].

в) Определете грешката, с която сте намерили k . [0,5 т]

г) Определете от фигурата интервала време $T_{1-\infty}$. [0,5 т]

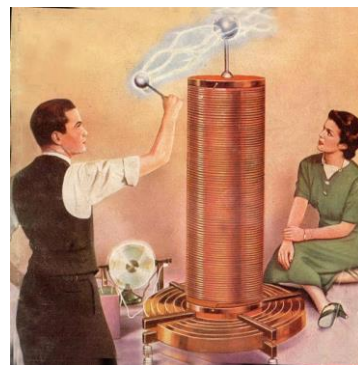
д) Изчислете от каква височина h е пуснато топчето в направения експеримент. [0,5 т]

е) Изчислете грешката Δh на височината h . [0,5 т]

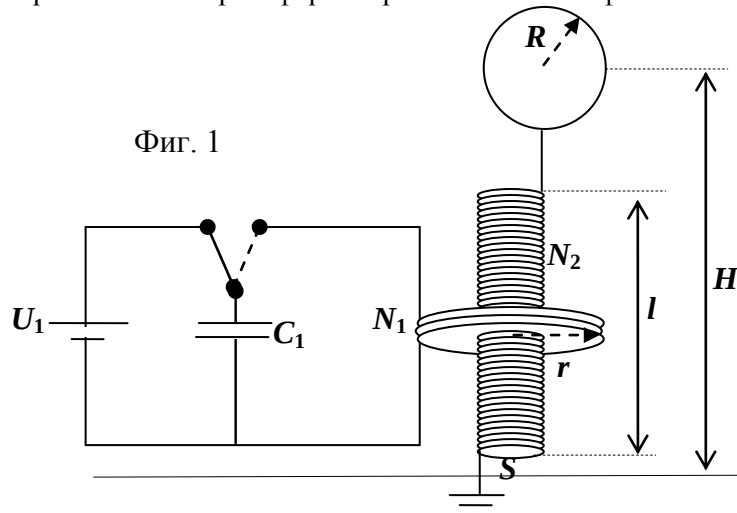
(таблицата и фигурата се предават заедно с решението на задачата!)

Задача 2. Трансформатор на Тесла

Трансформаторът на Тесла (вж. илюстрацията) е прост уред, с който може да се генерира променливо електрично напрежение с висока честота ($10^3 - 10^6 \text{ Hz}$) и голяма амплитуда ($10^5 - 10^6 \text{ V}$). Първоначално трансформаторът на Тесла е имал многобройни приложения – за излъчване на радиовълни, запалване на газоразрядни лампи и електротерапия в медицината. Днес уредът има повече историческа стойност и се използва за демонстриране на коронен газов разряд.



Устройството на трансформатора е показано на фиг. 1. Състои се от



два трептящи кръга, чиито собствени честоти съвпадат. Първичният трептящ кръг е съставен от кондензатор с капацитет C_1 и намотка, която се състои от малък брой N_1 кръгови навивки. Първичната намотка обхваща вторична намотка, която представлява дълъг соленоид с голям брой N_2 ($N_2 \gg N_1$) навивки. Единият край на вторичната намотка е заземен, а другият ѝ край е свързан към метална сфера с радиус R , чийто

център се намира на височина H над земната повърхност. Металната сфера и земната повърхност могат да се разглеждат като плочи на кондензатор, включен във вторичния трептящ кръг.

А. Параметри на първичния кръг

Известно е, че индуктивността на единична кръгова намотка се дава с израза:

$$L = \mu_0 r (\ln(r/a) - 0.230)$$

където r е радиусът на средното сечение на намотката, а a е радиусът на кръговото напречно сечение на проводника, от който е изработена намотката. Формулата е валидна, когато $r \gg a$.

A1. Получете израз за индуктивността L_1 на намотка от N_1 кръгови навивки, разположени плътно една до друга. Приемете, че дебелината на намотката е много по-малка от нейния радиус: $N_1 a \ll r$. [1.5 т]

A2. Пресметнете числено индуктивността L_1 на първичната намотка, ако тя е съставена от $N_1 = 5$ навивки с радиус $r = 50$ cm, изработени от проводник с радиус на напречното сечение $a = 2$ mm. [0.5 т]

A3. Колко трябва да бъде капацитетът C_1 на кондензатора от първичния трептящ кръг така, че собствената честота на кръга да бъде $\nu = 10$ kHz? [1.0 т]

Б. Параметри на вторичния кръг

Вторичната намотка има дължина $l = 1,5$ m и е съставена от кръгови навивки с площ $S = 0.2$ m². Приемете, че магнитното поле, създадено от тока във вторичната намотка, е еднородно.

B1) Получете израз за индуктивността L_2 на вторичната намотка чрез l , S , μ_0 и броя на навивките N_2 . [2.0 т]

B2) Ако приемете, че при електромагнитните трептения във вторичния кръг електрическите заряди се разпределят равномерно по повърхността на металната сфера, получите израз за капацитета C_2 на системата сфера–Земя чрез R , H и електричната константа ϵ_0 . Пресметнете числената стойност на C_2 при $R = 30$ cm и $H = 2.0$ m. [1.5 т]

B3) Колко навивки N_2 (с точност до цяло число) трябва да има вторичната намотка така, че собствената ѝ честота на трептене да съвпада със собствената честота ν на първичната намотка? [0.5 т]

В) Преобразуване на напрежението

Кондензаторът в първичната намотка е зареден от източник на високо постоянно напрежение с ЕДН $U_1 = 1000$ V, след което е изключен от източника и е включен към първичната намотка. В първичния кръг възникват електромагнитни трептения, чиято амплитуда постепенно намалява. Във вторичния кръг също възникват трептения, но тяхната амплитуда постепенно нараства във времето. Получете израз за максималната амплитуда U_2 на напрежението между сферата и Земята. Изразете отговора чрез U_1 и параметрите N_1 , N_2 , r , a , l и S на вторичната и на първичната намотки. Пресметнете числено U_2 . [3.0 т]

Константи: $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F/m

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$$
 H/m

Задача 3. Интерференция от клин

а) Два кохерентни монохроматични успоредни снопа светлина с дължина на вълната $\lambda = 500$ nm сключват ъгъл $\alpha = 0,01^\circ$. Екран е поставен перпендикулярно на тях. Намерете разстоянието Δx_1 между максимумите на наблюдаваната интерференчна картина. [3 т]

б) Широк успореден монохроматичен сноп лазерна светлина с дължина на вълната $\lambda = 500$ nm пада под ъгъл $\theta = 60^\circ$ на повърхността на стъклена пластинка с дебелина $d = 1$ mm. Двете плоски повърхности на стъклената пластинка не са идеално успоредни, а сключват малък ъгъл $\alpha = 0,001^\circ$. Правата, образувана от пресичането на равнините на двете повърхности, е перпендикулярна на равнината на падане на снопа. Екран е поставен перпендикулярно на отразения от пластинката сноп светлина на разстояние $L = 1$ m от клина. Върху него се вижда интерференчна картина. Намерете разстоянието Δx_2 между максимумите на наблюдаваната интерференчна картина. Показателят на пречупване на стъклото е $n = 1,5$. [7 т]

