

НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА

София, 26. 05. — 27. 05. 2001 г.

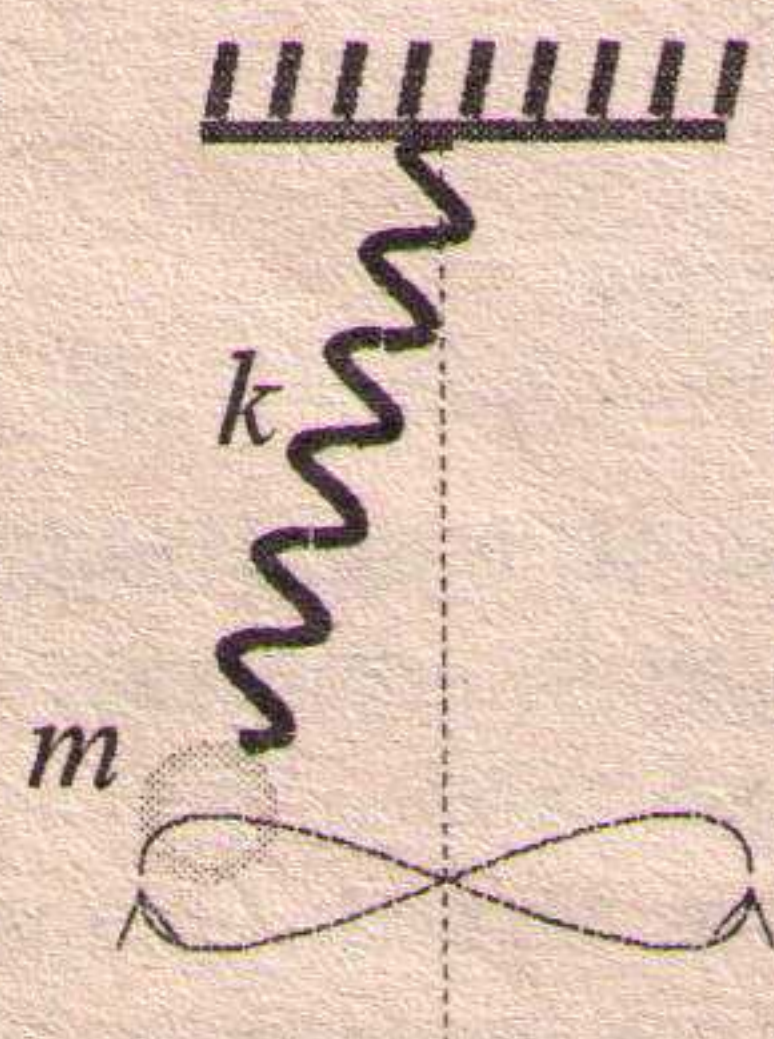
ТЕОРЕТИЧЕН КРЪГ

Задача 1. Следващите подусловия са независими едно от друго. В първите две подусловия можете да пренебрегнете масата на пружината.

а) Топче с маса m е окачено на пружина с коефициент на еластичност k , която може да се люлее свободно около ос, минаваща през точката на окачване (фиг. 1, а). Дължината на пружината, когато не е деформирана, е l_0 . Топчето е отклонено на малко разстояние от своето положение на устойчиво равновесие. При каква маса на топчето неговата траектория ще бъде осморка, която лежи във вертикална равнина (вж. фиг. 1, а)?

б) Пружинно махало има честота ν . Каква е честотата ν' на пружинно махало, което е N -кратно умалено копие на първото махало (т.е. всички линейни размери са намалени N пъти). Пружината и окачената теглилка на махалото копие са изработени от същите материали, както пружината и теглилката на оригиналното махало.

в) Обяснете защо близо до брега морското дъно е набраздено от малки пясъчни валове, разположени успоредно на бреговата ивица (фиг. 1, б).



Фиг. 1, а



Фиг. 1, б

Задача 2. Сърцевината на трансформатор има формата на тънък пръстен с обиколка $l = 1$ m и лице на напречното сечение $S = 10^{-2}$ m² (фиг. 2). Първичната намотка има $N_1 = 1000$ навивки, а вторичната — $N_2 = 10\,000$ навивки. Материалът, от който е изработена сърцевината, има относителна магнитна проницаемост $\mu_r = 5000$. Съпротивлението на двете намотки може да се пренебрегне. Към краищата на първичната намотка е подадено променливо напрежение с честота $\nu = 50$ Hz и ефективна стойност $U_1 = 1000$ V. Магнитната константа е $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m.

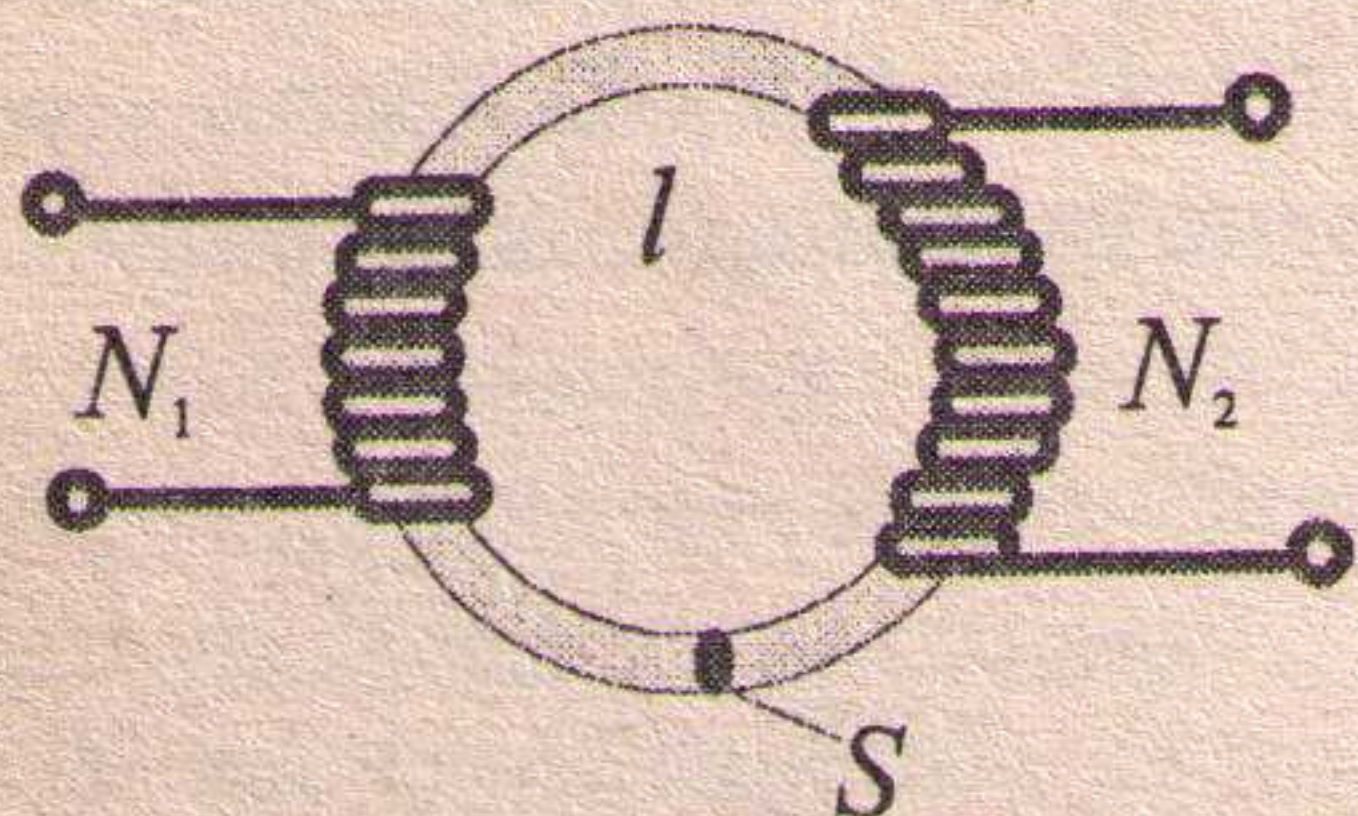
а) Вторичната намотка е отворена (т.е. между нейните краища няма свързан консуматор). Каква е ефективната стойност на напрежението U_2 между краищата на вторичната намотка?

б) Каква е ефективната стойност на магнитната индукция B в сърцевината на трансформатора? Приемете, че магнитните индукционни линии са концентрични окръжности, разположени изцяло в сърцевината.

в) Определете ефективната стойност на тока, който протича в първичната намотка.

г) Максималната ефективна стойност на тока, който може да протича през на-

мотките на трансформатора, е $I_{\max} = 5 \text{ A}$. Вторичната намотка е свързана накъсо. Какво минимално съпротивление R трябва да се свърже последователно на първичната намотка така, че тя да не изгори? Каква е ефективната стойност на тока, който протича при това през вторичната намотка.



Фиг. 2

Задача 3.

а) Съд е пълен с хелий при температура $T = 300 \text{ K}$. В съда е пробит отвор с площ $S = 1 \text{ mm}^2$. Какво трябва да бъде налягането на газа в съда така, че дебитът на газа, който изтича през отвора, да бъде $\omega = 1 \text{ g/h}$? Приемете, че газът изтича във вакуум и налягането на хелия в съда не се променя съществено по време на изтичането.

б) Диск с радиус $r = 1 \text{ cm}$ се движи в хелий, перпендикулярно на своята повърхност със скорост $u = 10 \text{ m/s}$. Температурата на хелия е $T = 300 \text{ K}$, а налягането му $p = 1 \text{ kPa}$. Намерете силата на съпротивление, която действа на диска.

Данни:

Универсална газова константа

 $R = 8,3 \text{ J/(mol.K)}$.Моларна маса на хелия $\mu = 4,0 \text{ g/mol}$.

Задача 4. Един от елементарните носители на слабото взаимодействие е т. нар. Z^0 -бозон. Той е тежка, електрически неутрална частица с маса в покой, която е около 100 пъти по-голяма от масата в покой на протона. Z^0 -бозони могат да се получат при удар между електрони и позитрони с висока енергия:



а) Каква кинетична енергия трябва да има електрон така, че след удар с неподвижен позитрон да възникне Z^0 -бозон?

б) За да се намали енергията, необходима за осъществяване на реакцията, се използват т. нар. ускорители — колайдери. В колайдера един срещу друг се движат два снопа частици с еднакви енергии — електрони и позитрони. Каква е необходимата кинетична енергия на електроните в този случай, за да се наблюдава раждане на Z^0 -бозон.

в) Експериментите по регистриране на Z^0 -бозон са осъществени за пръв път в колайдера на ЦЕРН с обиколка на кръговата орбита на електроните и позитроните 27 km . Определете индукцията на магнитното поле, което е необходимо за удържане на заредените частици върху тази орбита.

Данни:

Маса в покой на електрона

 $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.Маса в покой на Z^0 -бозона $m_Z = 1,6 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$;

Скорост на светлината във вакуум

 $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Елементарен електричен заряд

 $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

РЕШЕНИЯ НА ЗАДАЧИТЕ

Задача 1.

а) В положение на равновесие силата на тежестта, която действа на топчето, се уравновесява с еластичната сила на пружината: $mg = k(l - l_0)$, където l е дъл-

жината на разтегнатата пружина. Оттук определяме

$$(1) \quad l = l_0 + \frac{mg}{k}.$$