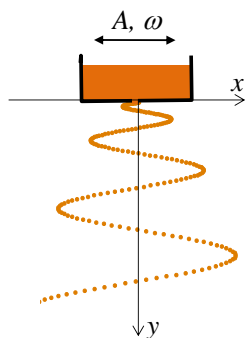


МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
Национално есенно състезание по физика
Велико Търново, 8-10 ноември 2019 г.
Специална тема (6. състезателна група)

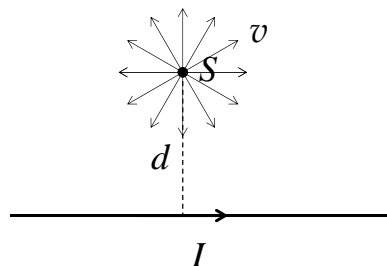
Задача 1. Падащ пясък

Кутия, пълна с пясък, трепти хармонично в хоризонтално направление с амплитуда A и кръгова честота ω (фиг. 1). Пясъкът изтича от малък отвор в дъното на кутията. Можете да приемете, че песъчинките се отделят една след друга, без да се удрят помежду си. Съпротивлението на въздуха се пренебрегва. Земното ускорение е g .

- 1) Падащият пясък оформя специфична вълниста струя, както е показано на фиг. 1. Получете уравнението $x = x(y)$, което описва формата на струята в момента, кагато кутията минава през равновесното си положение, движейки се надясно. Началото на координатната система съвпада с положението на отвора в този момент. [6 т]
- 2) Кутията се намира на височина H над пода. Приемете, че падащите песъчинки залепват за пода, без да отскачат от него. Колко е дължината L на образуваната върху пода пясъчна следа? [4 т]



Фиг. 1



Фиг. 2

Задача 2. Магнитен капан

Източник S на положителни йони с еднаква маса m и еднакъв заряд q се намира на разстояние d от праволинеен проводник, по който тече ток I (фиг. 2). Йоните се излъчват с еднаква по големина скорост v във всички възможни посоки в равнината, в която лежат източникът и проводникът.

- 1) Определете минималното (r_{\min}) и максималното (r_{\max}) разстояние до проводника, които може да бъдат достигнати от йоните. [5 т]
- 2) На общ чертеж изобразете качествено траекториите на йоните, достигащи съответно минимално и максимално разстояние до проводника. [2 т]
- 3) Ако скоростта на йоните е толкова малка, че $|r_{\max} - r_{\min}| \ll d$, движението на йоните може да се разглежда приблизително като обикаляне по окръжност, чийто център бавно се премества с определена „дрейфова“ скорост v_d ($v_d \ll v$) успоредно на проводника. Получете приблизителен израз за дрейфовата скорост на йон, излъчен перпендикулярно на проводника. [3 т]

Задача 3. Топлинна леща

При падане на интензивен лазерен сноп върху плоска полупрозрачна пластинка е възможно преминалата светлина да се „самофокусира“ в определена точка зад пластината. Този ефект, наречен „топлинна леща“, се дължи на неравномерното загряване на пластината и се наблюдава във вещества, чийто показател на пречупване нараства при повишаване на температурата.

Тънка кръгова пластинка с радиус $a = 5.0 \text{ mm}$ и дебелина $b = 0.5 \text{ mm}$ се намира в топлинен контакт с кръгова метална рамка, чиято температура се поддържа постоянна и равна на стайната температура T_1 (фиг. 3). Материалът на пластинката има коефициент на топлопроводност $k = 1.0 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ и показател на пречупване, който зависи от температурата по закона:

$$n(T) = n_1 + \gamma(T - T_1),$$

където $n_1 = 1.50$ е показателят на пречупване на материала при стайна температура, а $\gamma = 2.5 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ е т.нар. температурен коефициент на показателя на пречупване, характерен за дадения материал. Върху пластината пада нормално успореден лазерен сноп с интензитет $I = 10 \text{ mW}\cdot\text{mm}^{-2}$, който е постоянен по цялата осветена повърхност на пластинката. Половината от падащата светлинна енергия се поглъща от материала на пластината. Теплообменът на пластината с околния въздух се пренебрегва.



Фиг. 3

- 1) Получете функционалната зависимост $T(r)$ на температурата T на пластината от разстоянието r до нейния център. Колко е разликата ΔT между температурата в центъра на пластината и по нейната периферия? [5 т]
- 2) Ако приемете, че изменението на показателя на пречупване на пластината поради нейното загряване е сравнително малко, получите приблизителен израз и пресметнете числено фокусното разстояние f на тази леща. [5 т]