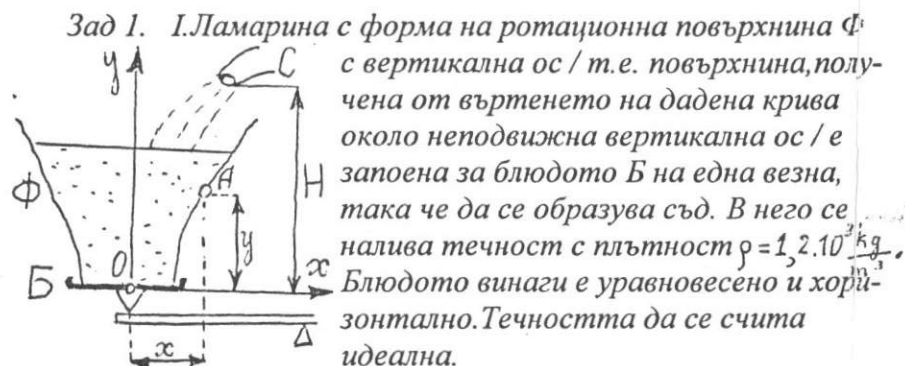


МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА
 23.03.2001 – 25.03.2001 гр.Пловдив

СПЕЦИАЛНА ТЕМА

Темата съдържа четири задачи. Участниците решават ТРИ задачи ПО ИЗБОР.



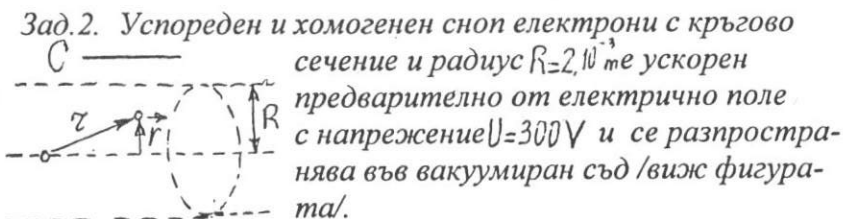
А/ На дъното на съда се отваря не голям отвор с площ $\sigma = 7,9 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$. Каква зависимост трябва да съществува между координатите x и y на произволна точка А от повърхнината Φ , че падането на нивото на течността в съда в следствие на изтичане на течността от отвора да става с постоянна скорост с големина $v_0 = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$. Пресечната точка О на оста на симетрия на повърхнината Φ е избрана за начало на координатна система, абсцисната ѝ ос Ох е хоризонтална, а ординатната ѝ ос Оу е вертикална. /виж Фигурата/.

Б/ С каква скорост изтича течността от отвора, когато височината на течността в съда е $y = 0,3 \text{ m}$.

В/ След като отворът се затвори върху дъното на съда се излива струя от същата течност от тръба С със сечение $S = 10^{-4} \text{ m}^2$ край на която се намира на разстояние $H = 1 \text{ m}$ от блюдото. Големината на скоростта, с която изтича течността от края на тръбата С е $v_1 = 0,7 \text{ m/s}$. Как зависи от височината y на нивото на течността в съда налягането ѝ върху дъното на съда? Какво е налягането върху дъното на съда при $y = 0,3 \text{ m}$?

II. Ще се промени ли силата, която уравновесява разглежданото блюдо на везната, когато отворът се отвори и течността в съда започне да изтича през отвора? С колко ще се промени големината на тази сила при отваряне на отвора в сравнение с уравновесяващата сила, когато отворът е затворен? И в двата случая височината на течността в съда е $y = 0,4 \text{ m}$.

40 точки



А/ Да се определи силата, която действа на един електрон от снопа с радиус-вектор $\vec{r}$ като началото О на координатната система е избрано върху оста ОО' на снопа. Да се има предвид, че /от съображения за симетрия/ интензитетът $\vec{E}$ на електричното поле на снопа в точката $\vec{r}$ е:

$$\vec{E} = -k\vec{r},$$

където k е положителна константа, а $\vec{r}$ е вектор, перпендикулярен на оста на снопа. Известно е също, че големината на вектора $\vec{E}$ в точка от повърхнината на снопа се определя чрез формулата:

$$E = \frac{n_0 e_0 R}{2 \varepsilon_0},$$

където $n_0 = 10^{10} \text{ m}^{-3}$ е концентрацията на електроните в снопа, e_0 е зарядът на електрона, а ε_0 е електричната константа.
 Б/ Какво обуславя действащата на електроните електрична сила и какво действащата им магнитна сила?
 В/ Праволінеен проводник C с дължина $l = 0.3 \text{ m}$, успореден на оста OO и намиращ се във от снопа се движи спрямо него със скорост V , чиято големина е пропорционална на $r = |\vec{r}|$ -

$$V = \omega_0 r, (\omega_0 = 0.5 \text{ s}^{-1}).$$

В каква посока трябва да се движи проводникът, че индуцираното в него ЕДН да е максимално. Да се определи това ЕДН.

Г/ Да си мислим, че в снопа се намират положителни йони всеки със заряд $2e_0$ и с маса 10^4 пъти по-голяма от масата на електрона m_0 . Каква трябва да бъде концентрацията на тези йони, че снопът да не се разширява? Да се счита, че газът от йони е идеален с температура $T = 273 \text{ K}$. Можем ли да пренебрегнем средно-квадратичната скорост на йоните в сравнение със скоростта на електроните от снопа и да ги считаме неподвижни?

Д. Да си мислим сега успореден и хомогенен сноп електрони с правоъгълно сечение, чиято дебелина $ed = 1 \text{ mm}$, а ширината му е много голяма. От съображения за симетрия е ясно, че интензитетът на електричното поле в

една точка от повърхнината на снопа е перпендикулярен на снопа, а големината му е:

$$E = \frac{n_0 e_0 d}{2 \varepsilon_0}.$$

Да се оцени разстоянието, на което дебелината на снопа се увеличава с 30%. Останалите числени данни са същите като в част I на задачата.

Дадени величини:

Абсолютна стойност на заряда на електрона $e_0 = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$,
 Електрична константа $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$,
 Магнитна константа $\mu_0 = 1.257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{H}}{\text{m}}$,
 Маса в покой на електрона $m_0 = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$,
 Скорост на светлината във вакуум $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$,
 Константа на Болцман $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$.

50 точки

Зад.3. Фотон с честота $\nu = 6.1 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ пада под ъгъл $\theta = 23^\circ$ на неголяма пластинка с площ $S = 1 \text{ mm}^2$. Съществуват две възможности: той да се отрази от пластинката или да се погълне от нея.

І. Нека преди фотонът да достигне до пластинката тя е неподвижна и масата ѝ е $m_0 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$. Неподвижен спрямо нея е и светлинният източник.

А/ Да се определи скоростта на пластинката, след като тя погълне фотона.

Б/ Каква част от енергията на фотона се превръща в механична енергия на пластинката?

В/ Да се определи скоростта на пластинката след като фотонът се отрази от нея. Каква е честотата ν' на отразения фотон? Каква относителна грешка се допуска,

ако се приеме, че честотата на отразения фотон е равна на γ ?

Г/ Върху пластинката, чийто коефициент на отражение е $R=0,8$ пада под ъгъл θ успореден сноп бяла светлина. Плътността на енергията в снопа е $u=6,7 \cdot 10^{-6} \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$. Да се определи нормалното налягане на снопа върху пластинката. Движението на пластинката да не се отчита. Да се определи и предадения на пластинката импулс за единица време.

II. Да си мислим, че пластинката се движи с постоянна скорост $\vec{V}$ спрямо източника на светлина. Големината ѝ е $V=\frac{2}{3}c$, а посоката на $\vec{V}$ е перпендикулярна на пластинката и $\vec{V}$ е противоположна на посоката от нея към източника на светлина.

Д/ Каква е честотата спрямо пластинката на фотон, който спрямо източника има честота γ ?

Е/ Да се определи предадения на пластинката импулс от фотон, който се отразява от нея спрямо отправна система, свързана с пластинката.

Упътване: За по-лесно извършване на пресмятанията използвайте приблизителните равенства:

$$(1+x)^\alpha \approx 1+\alpha x, \quad (1+x)^\alpha \approx 1+\alpha x + \frac{1}{2}\alpha(\alpha-1)x^2, \\ \text{валидни при } |x| \ll 1.$$

Стойности на величините:

$$\text{Скорост на светлината във вакуум } c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

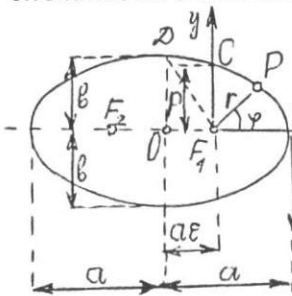
$$\text{Константа на Планк } h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

60 точки

Зад.4.

I. Както е известно траекторията на един изкуствен

спътник на Земята с маса m е елипса в един от фокусите F_1 на която се намира центърът на Земята с маса M . (виж фигурата). Сумата от разстоянията от всяка точка на елипсата до фокусите F_1 и F_2 е постоянна величина $2a$, където a се нарича голяма полуос на елипсата. Координатите r и φ на една точка P от елипсата удовлетворяват уравнението:



$$\frac{r}{r_0} = 1 + \varepsilon \cos \varphi, \quad (1)$$

в което величината r се нарича параметър, а ε – ексцентрицитет на елипсата. Като използвате законите на физиката и имате предвид, че частен случай на елипса е окръжността, изразете голямата полуос a , малката полуос b , параметър p , ексцентрицитета ε и периода T на спътника чрез енергията му E ($E < 0$) и големината на момента на импулса му M .

Б/ Да се изрази чрез първата космическа скорост v_1 скоростта на една ракета, изстреляна от Земята, която на безкрайно голямо разстояние има скорост 0.

В/ Максималното отдалечение от повърхността на Земята на един спътник е $h_2=320 \text{ km}$, а минималното му отдалечение е $h_1=160 \text{ km}$. Да се определят енергията, моментът на импулса и скоростта на спътника в точката на минималното му отдалечение и ексцентрицитета на орбитата му. Радиусът на Земята е $R=6370 \text{ km}$, а масата на спътника е $m=1000 \text{ kg}$.

Малък ракетен двигател е монтиран на спътника и когато той е минимално отдалечен от Земята

двигателят работи за кратко време. Какво трябва да бъде изменението на скоростта на спътника, че той да се движи по кръгова орбита на височина h_1 от Земята?

II. Нека една ракета се изстрелва от Земята със скорост $\vec{v}$ и нека $\vec{v}_\infty$ е скоростта ѝ в място, където земното привличане е незначително и се компенсира от слънчевото привличане. Изразете $\vec{v}_\infty$ чрез скоростта $\vec{u}'$ на движението на Земята около Слънцето / $u' = 298 \text{ km/s}$ / ... и ъгъла θ , който сключват $\vec{v}_\infty$ и $\vec{u}'$.

Като използвате получения резултат оценете третата космическа скорост

60 точки