

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА, ОБЛАСТЕН КРЪГ, 5 февруари 2019 г.
Тема за четвърта състезателна група (10. – 12. клас)

Задача 1. Куршум и пясък

Куршум с маса $m = 10 \text{ g}$, движещ се с начална скорост $v_0 = 500 \text{ m/s}$, попада в голяма купчина пясък и спира, след като изминава разстояние $l = 20 \text{ cm}$ в пясъка. Можете да приемете, че в пясъка на куршума действа постоянна по големина сила на съпротивление в посока, противоположна на посоката на движение на куршума.

а) Колко е големината f на силата на съпротивление? **[2,5 точки]**

б) Куршумът е изстрелян към неподвижно закрепена кутия с широчина $d = 10 \text{ cm}$, пълна с пясък. Стените на кутията са много тънки и не оказват влияние върху движението на куршума. С каква скорост v_1 куршумът ще излезе от кутията? **[2 точки]**

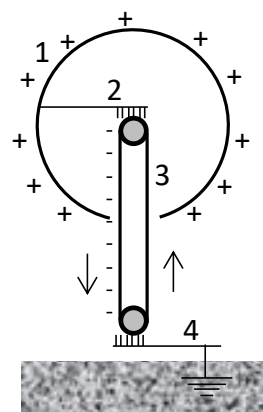
в) За колко време t куршумът минава през кутията? **[3 точки]**

г) Кутията с пясък е поставена върху гладка хоризонтална повърхност, по която може да се хлъзга без триене, и куршумът е изстрелян в кутията. Общата маса на кутията и пясъка е $M = 1 \text{ kg}$. С каква скорост v_2 ще се движи кутията, след като куршумът излезе от нея? **[2,5 точки]**

Упътване. И в трите подусловия куршумът е изстрелян хоризонтално и действието на силата на тежестта върху него може да се пренебрегне. В подточка г) е достатъчно да дадете само числен отговор.

Задача 2. Генератор на ван дер Грааф

Генераторът на ван дер Грааф (фиг. 2, а) е електростатична машина, с чиято помощ може да се получат електрични напрежения до милиони волтове. Генераторът и до днес се използва в някои ядрени лаборатории като ускорител на протони или по-тежки йони. Генераторът се състои от куха метална сфера 1 с радиус $R = 60 \text{ cm}$, която е свързана към метална „четка“ 2, която се трие във въртящ се гумен ремък 3. Поради триенето между четката и ремъка, върху ремъка се натрупват електрони, а върху повърхността на металната сфера – същото количество положителен заряд. Електроните от ремъка се „отвеждат“ към земята посредством втора заземена четка 4 (вж. фиг. 2, а).



Фиг. 2, а

В задачата можете да използвате факта, че електричното поле на зарядите по повърхността на металната сфера е еквивалентно на полето на точков заряд със същата големина, намиращ се в центъра на сферата. Приемете, че потенциалът на Земята е нула.

а) Върху сферата се натрупват заряди дотогава, докато във въздуха започнат да прескачат искри. Известно е, че електричен пробив във въздуха настъпва при интензитет на електричното поле $E = 3 \cdot 10^6 \text{ V/m}$. Колко е максималният заряд q , който може да се натрупа върху сферата? **[2 точки]**

б) Колко е потенциалът φ на сферата, когато зарядът ѝ достигне максималната си стойност? **[1 точка]**

в) Минимум каква работа A трябва да извърши устройството, което задвижва ремъка, така че сферата да се зареди максимално? Коментирайте с едно-две изречения, защо пресметнатата от вас работа е по-малка от реално извършената работа. **[4 точки]**

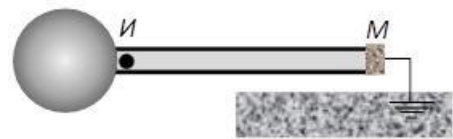
г) В ядрен експеримент метална пластина трябва да бъде облъчена с високоенергетични протони. За целта до повърхността на сферата е поставен източник I на протони с пренебрежимо малка начална скорост (фиг. 2, б). Протоните се ускоряват в дълъг вакуумиран канал, в чийто край е поставена заземената метална пластина M . С каква скорост v протоните достигат пластината? **[3 точки]**

Данни

Елементарен електричен заряд: $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$;

Константа в закона на Кулон: $k = 9,00 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$;

Маса на протона: $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.



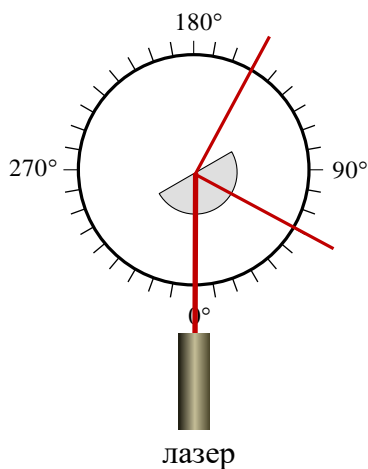
Фиг. 2, б

Задача 3. Оптичен кръг

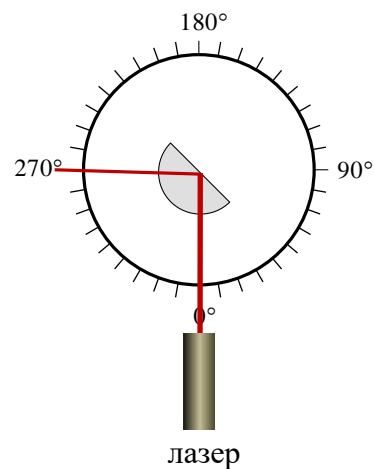
За демонстриране на явленията отражение и пречупване се използва т.нар. оптичен кръг (фиг. 3, а). Върху поставка е нанесена градусна скала. Стъклен полуцилиндър може да се върти около ос, минаваща през средата на плоската му повърхност и центъра на скалата (вж. фигурата). Светлинен лъч от лазер е насочен към центъра на кръга, като влиза в полуцилиндъра през крълата му повърхност. На фигурата са показани отразеният и пречупеният от плоската повърхност лъч.

а) Колко е показателят n на пречупване на стъклото? Приемете, че показателят на пречупване на въздуха е единица? **[6 точки]**

б) Полуцилиндърът е завъртян в друго положение, както е показано на фиг. 3, б. Обяснете, като направите нужните пресмятания, защо в това положение на полуцилиндъра не се вижда пречупеният лъч? **[4 точки]**



Фиг. 3, а



Фиг. 3, б