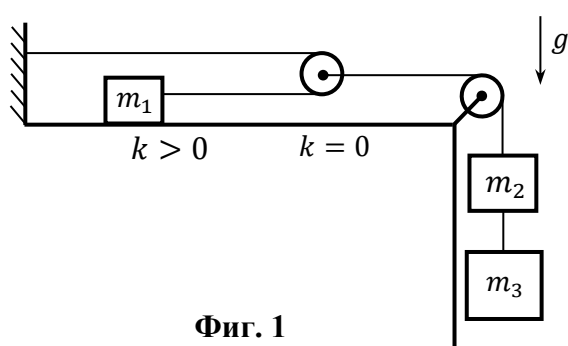


МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА

9 май 2021 г., София

Тема за IV състезателна група (10. клас)

Задача 1. Трупчета и макари



Фиг. 1

Три трупчета с неизвестни маси са свързани с безмасови неразтегливи нишки за две безмасови макари, както е показано на фиг. 1. Лявото трупче (с маса m_1) е върху хоризонтална повърхност, докато десните трупчета (с маси m_2 и m_3) висят свободно. Лявата макара е подвижна, докато дясната макара е неподвижно закрепена. В началото трупчето с маса m_1 се намира върху грапава област от хоризонталната

повърхност, където коефициентът на триене $k > 0$ между трупчето и повърхността е неизвестен. След като механичната система е пусната да се движи свободно, трупчето с маса m_1 има неизвестно ускорение a_1 , а трупчето с маса m_2 има друго неизвестно ускорение a_2 . В един момент след това нишката между трупчетата с маси m_2 и m_3 е прерязана. След срязването на нишката силите на опън на останалите нишки стават две трети от предишните (намаляват с една трета), а ускоренията на трупчетата с маси m_1 и m_2 намаляват наполовина. При движението си след този момент лявото трупче достига гладка област от хоризонталната повърхност, където $k = 0$, и ускорението му нараства с 50% (става три четвърти от първоначалното му ускорение a_1). Може да използвате, че земното ускорение е $g \approx 10 \text{ m/s}^2$. Съпротивлението на въздуха да се пренебрегне.

а) Като използвате, че отношенията на масите на трупчетата са $m_1:m_2:m_3 = 1:x:y$, определете първоначалния коефициент на триене k и числата x и y . [7,5 т.]

б) На колко са равни големините на първоначалните ускорения a_1 и a_2 на трупчетата с маси m_1 и m_2 ? [1,0 т.]

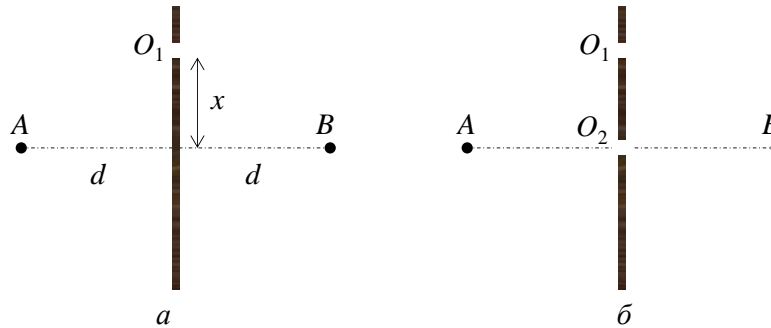
в) Ако при окончателното движение на лявото трупче върху *гладката* повърхност силата на опън, която му действа, е равна на 5 N, намерете стойностите на масите m_1 , m_2 и m_3 . [1,5 т.]

Задача 2. Физика на вълните

Общите закономерности при разпространение на вълните са еднакви, както при механичните вълни, така и при електромагнитните вълни (включително при светлината) Задачата се състои от две независими части, в които се разглеждат явленията интерференция и дифракция при механични вълни (звук) и при светлина.

Част 1. Заглушаване на звук**[4 точки]**

Източник на звук (високоговорителят A) и приемник на звук (микрофонът B) са поставени симетрично спрямо звукоизолираща стена на разстояние $d = 20$ cm от нея (фиг. 2 а). След като в стената е пробит малък отвор O_1 , намиращ се на разстояние $x = 15$ cm от правата AB , микрофонът регистрира звук.

**Фиг. 2**

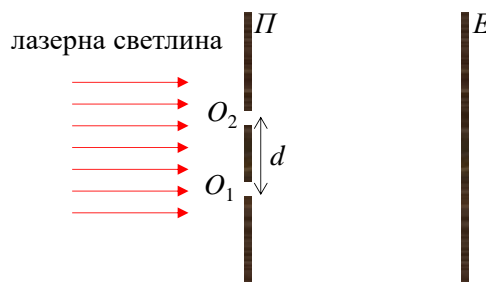
а) Защо микрофонът регистрира звук, въпреки че отворът не се намира на правата, свързваща източника и приемника?

б) В стената е пробит втори отвор O_2 , намиращ се на правата AB , както е показано на фиг. 2(б). Ако честотата ν на звука се увеличава плавно, се оказва че при определени честоти микрофонът се „заглушава“, т.е. не регистрира звук. Определете минималната честота ν_{\min} , при която звукът в т. B се заглушава.

Скоростта на звука във въздуха е $u = 340$ m/s.

Част 2. Опит на Юнг**[6 точки]**

Ученик решил да повтори опита на Юнг с достъпните уреди и материали в кабинета по физика. На фиг. 3 е показана схема на опитната постановка. Светлината от лазер L пада перпендикулярно върху преграда Π , в която има два много тесни процепа O_1 и O_2 , намиращи се на неизвестно разстояние d един от друг. Върху екрана E се наблюдава поредица от светли ивици – интерференчни максимуми. Опитът бил направен с два лазера – единият излъчващ зелена светлина с дължина на вълната $\lambda_1 = 532$ nm, и вторият – излъчващ червена светлина с неизвестна дължина на вълната.

**Фиг. 3**

а) Оказало се, че максимумът от 5-ти порядък за зелената светлина се наблюдава на същото място върху екрана, където се наблюдава максимум от 4-ти порядък за червената светлина. Колко е дължината λ_2 на вълната, излъчвана от втория лазер?

б) За зелената светлина на екрана се виждат общо $N_1 = 37$ максимума, а за червената светлина – $N_2 = 31$ максимума. Въз основа на резултата от този експеримент определете интервала от възможни стойности на разстоянието d между процепите в преградата.

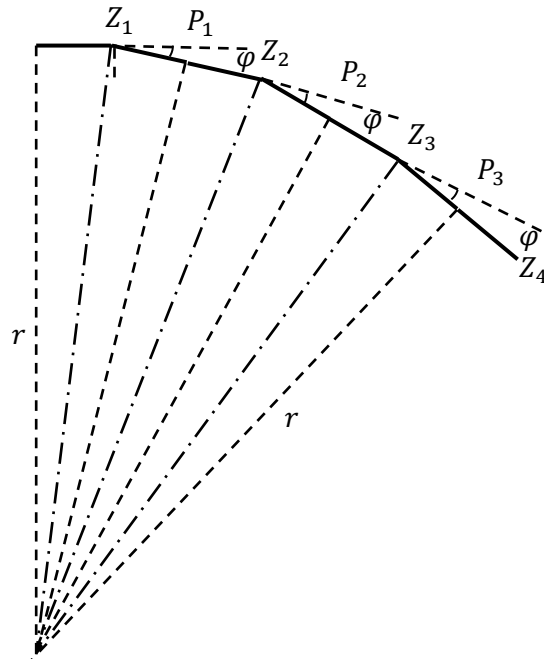
Задача 3. Отражения

а) Плоскопаралелна пластинка има дебелина h и е направена от вещество с показател на пречупване n . Около нея има въздух с показател на пречупване 1. Светлинен лъч влиза в нея почти под прав ъгъл (т.е. хлъзгайки се към повърхността ѝ). Пречупеният лъч започва да се отразява последователно от двете ѝ стени. Намерете разстоянието $2x$ между най-близките 2 отражения от една и съща стена на пластинката. [2,5 т.]

б) Клин, чиито стени сключват много малък ъгъл α , е направен от вещество с показател на пречупване n . Светлинен лъч пада върху него перпендикулярно на едната му стена (предната), навлиза в клина и започва да се отразява последователно от двете му стени. В мястото на навлизане клинът има дебелина h . Приемете, че тъй като ъгълът α е много малък, дебелината на клина почти не се променя в зоната на отраженията на лъча. Намерете разстоянието $y_{k,k+1}$ между точките на k -тото и $k + 1$ -вото отражение от предната стена. (приема се, че и $k\alpha \ll 1$) [2,5 т.]

в) Нека върху клина, описан в подусловие б) пада светлинен лъч по начина, описан в подусловие а). Ъгълът на падане на лъча към предната стена е почти прав (т.е. лъчът се „хлъзга“ към повърхността), като лъчът е успореден на ръба на клина (правата, в която се пресичат стените на клина), както е показано на фиг. 4. С P_1, P_2, P_3 са отбелязани точките на отражение от предната стена, а с Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 – точките на отражение от задната стена. Ако се използва интензивен лазерен лъч, поради разсейване на светлината във веществото, като гледаме перпендикулярно на предната стена, „траекторията“ на светлинния лъч изглежда като начупена линия. Тя съдържа отсечки с равна дължина, като две съседни отсечки сключват (почти) един и същ ъгъл φ помежду си. Получете формула за φ , изразен чрез α и n . [2,5 т.]

г) Ако осветяваме тънка вертикална сапунена ципа с хоризонтален лазерен лъч, влизащ в нея почти под прав ъгъл (т.е. хлъзгайки се към повърхността ѝ), ще забележим, че „траекторията“ на лъча вътре в ципата прилича на дъга от окръжност (виж фигурата по-долу). Това се дължи на факта, че поради малката дебелина на ципата, местата на отраженията са разположени много гъсто и начупената линия от подусловие в) се вижда като дъга от окръжност. Освен това, тъй като ципата е течна, течността в нея бавно се стича надолу, което води до слабо нарастване на дебелината ѝ надолу. Моделирайки ципата като клина, описан в по-горните условия, получите формула за радиуса r на окръжността – “траектория” на лазерния лъч. [2,5 т.]



Фиг. 4

Полезна математика:

Основната единица за ъгъл в системата SI е радиан (rad). Един радиан съответства на централен ъгъл, който отсича от окръжността дъга с дължина S , равна на радиуса R на окръжността.

Малък ще наричаме ъгъл α , който е много по-малък от един радиан ($\alpha \ll 1 \text{ rad}$). За малък ъгъл в правоъгълен триъгълник, прилежащият му катет е почти равен на хипотенузата, а срещулежащият му катет е много по-малък от хипотенузата. За малък ъгъл, мерен в радиани, може да се използват приближените математически формули $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha \approx \alpha$.

