

1 Задача 3 т.

Еднородна пръчка с маса m и правоъгълно сечение, имаща дължина l и височина h , е поставена върху полуцилиндър с радиус r . Полуцилиндърът е едната половина на цилиндър, срязан по равнина, съдържаща оста му. Той лежи с плоската си част на хоризонтална повърхност. Земното ускорение е g . Пръчката е поставена перпендикулярно на оста му и върху него, така че да е в равновесие.

а) При каква зависимост на дадените параметри равновесието на пръчката ще бъде устойчиво?

б) Намерете формула за периода на трептене T на пръчката, ако тя се разклати около положението си на равновесие (когато то е устойчиво). При трептенето на пръчката хлъзгане между нея и полуцилиндъра няма.

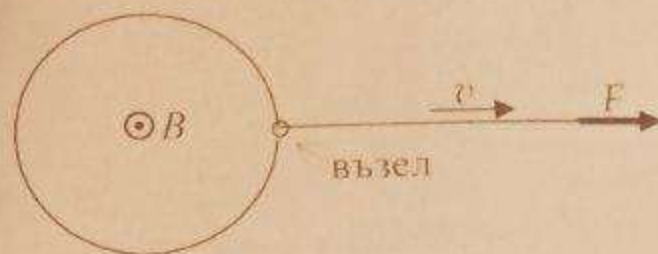
2 Задача 3 т.

Диск с радиус r и маса m се движи по хоризонтална повърхност. Коефициентът на триене между материала на повърхността и материала на диска е k . Земното ускорение е g . В началния момент дискът се върти с ъглова скорост ω около оста си на симетрия, а центърът на масата му се движи с хоризонтална скорост v , като $\omega r \gg v$. Намерете формула за силата на триене F , действаща на диска в началния момент.

3 Задача 3 т.

Две материални точки, всяка с маса $m = 1 \text{ kg}$, лежат на хоризонтална повърхност. Триене няма. Свързани са с пружина с пренебрежима маса, имаща коефициент на еластичност $k = 1 \text{ N/m}$ и дължина в неразтеглено състояние $d = 1 \text{ m}$. В началния момент пружината е неразтеглена, едната точка е в покой, а другата се движи с хоризонтална скорост $v = 1 \text{ m/s}$ перпендикулярно на пружината. Изчислете с точност 1 mm максималното разтягане x на пружината.

Задача 4. От проводник със специфично съпротивление ρ и площ на напречното сечение S е направена кръгова примка. Примката се намира във външно магнитно поле с индукция B , насочена от чертежа към вас. Свободният край на проводника се издърпва с постоянна скорост v спрямо възела, при което примката се „затяга“, запазвайки кръговата си форма. При затягането на примката възелът не се движи и е в непрекъснат електрически контакт с проводника. Триенето между възела и проводника се пренебрегва.



А) Получете израз за големината на тока, който тече по примката. Означете на чертеж посоката на тока.

Б) Как зависи големината на силата F , с която се дърпа свободният край на проводника, от дължината ℓ на примката.

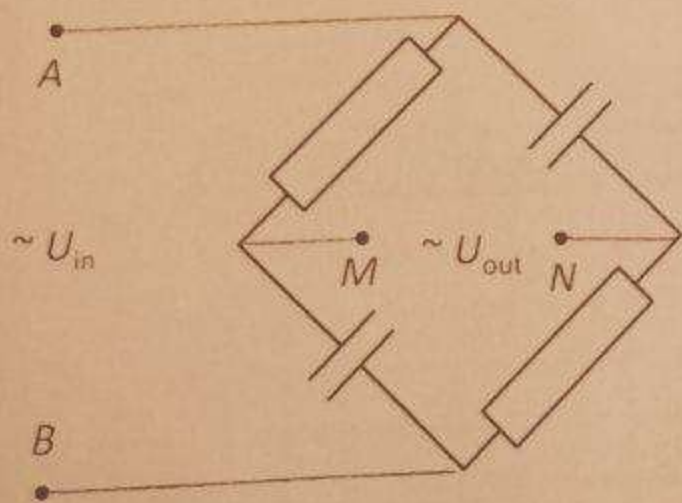
Задача 5. На фиг. 5 (а) е дадена схема на четириполюсник, състоящ се от два еднакви резистора със съпротивление R всеки и два еднакви кондензатора с капацитет C всеки. Между точките A и B е подадено променливо напрежение с кръгова честота ω и с амплитуда U_{in} , което ще наричаме „входно“ напрежение. Между т. M и N се измерва „изходното“ напрежение с амплитуда U_{out} . Приемете, че моментната стойност на входното (изходното) напрежение е положителна при положителна полярността на т. A (т. M).

А) На колко е равен коефициентът на трансформация $k = U_{out}/U_{in}$?

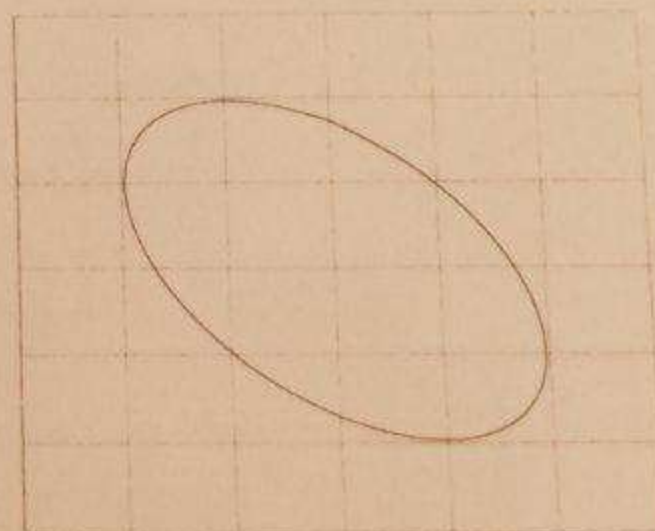
Б) Изразете фазовата разлика $\Delta\varphi$ между изходното и входното напрежение като функция на честотата ω . Начертайте качествена графика на тази зависимост.

В) Входното и изходното напрежение са подадени съответно към входовете за хоризонтално и вертикално отклонение на осцилограф. При каква честота ω върху екрана на осцилографа се наблюдава показаната на фиг. 5 (б) картина?

Мащабите по напрежение в хоризонтално и във вертикално направление са еднакви.



Фиг. 5 (а)



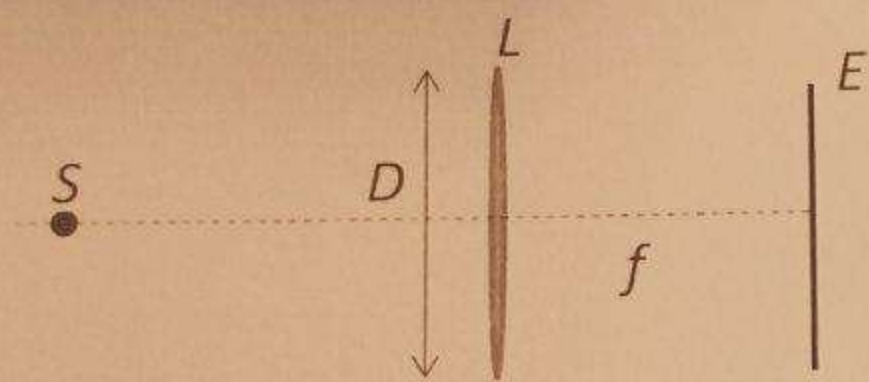
Фиг. 5 (б)

Задача 6. Точков източник S на монохроматична светлина с дължина на вълната $\lambda = 500 \text{ nm}$ се намира върху оптичната ос на леща L с фокусно разстояние $f = 10 \text{ cm}$ и диаметър $D = 6 \text{ cm}$ (фиг. 6 а). Разстоянието между източника и лещата е $a = 15 \text{ cm}$. Във фокалната равнина на лещата е поставен екран E .

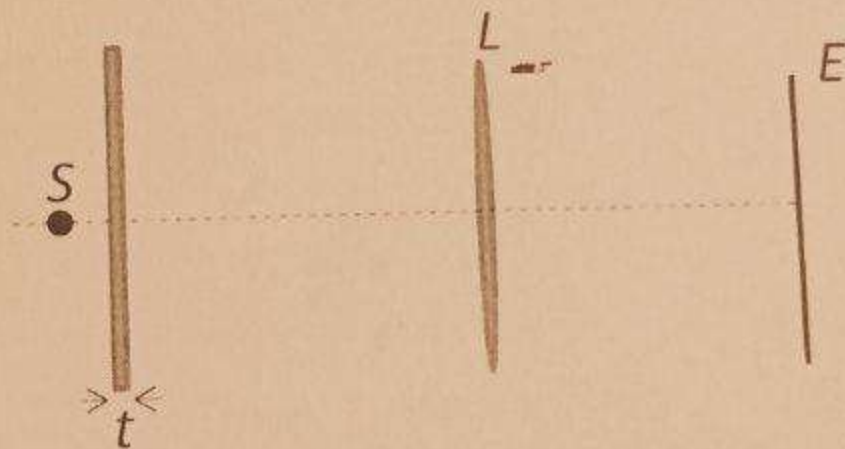
А) Колко е диаметърът d на светлото петно, което се получава върху екрана?

Б) Между източника и лещата, перпендикулярно на оптичната ос, е поставена тънка стъклена пластинка с дебелина $t = 300 \text{ }\mu\text{m}$ и с показател на пречупване $n = 1.5$ (фиг. 6 б). В резултат от това светлото петно върху екрана се „накъсва“ на концентрични светли и тъмни пръстени. Колко е броят N на светлите пръстени*?

* Под „пръстен“ се разбира евентуално и светло петно в центъра на кръга.



Фиг. 6 а



Фиг. 6 б

Задача 7. Топлинен двигател работи по цикъл, състоящ се от следните процеси: първоначално работното тяло се нагрява от температура $T_1 = 200 \text{ K}$ до температура $T_2 = 400 \text{ K}$, като в този интервал топлинният му капацитет е пропорционален на температурата. След това се извършва адиабатен процес, при което температурата му намалява до някаква стойност T' . Цикълът се затваря чрез политропен процес. Уравнението на състояние на работното тяло на топлинния двигател не е известно.

а) Намерете топлинният капацитет на политропния процес, ако КПД на цикъла $\eta = 1/3$.

б) Начертайте графиката на цикъла на T, S – диаграма.

Указание. Процес с постоянен топлинен капацитет се нарича политропен.

Задача 8. N невзаимодействащи помежду си частици са разположени във възлите на кристална решетка. Всяка частица се намира в състояние, определено от едно квантово число $m = 0, \pm 1$, като енергията му се дава с израза

$$\varepsilon_m = |m|\varepsilon.$$

а) Определете топлинния капацитет $C(T)$ на тази система като функция на температурата.

Намерете приближени изрази за случаите $\varepsilon \ll kT$ и $\varepsilon \gg kT$.

б) Начертайте графиката на топлинния капацитет като функция на температурата.

Задача 9. Бърз неутрон изпитва централни напълно еластични удари при движение в среда, играеща ролята на забавител. Определете колко удара са необходими на неутрон с енергия 1 MeV за да достигне в графит топлинна скорост, съответстваща на температура $T = 300 \text{ K}$.

Задача 10. В близост до повърхността на течен хелий електрон, движещ се перпендикулярно на повърхността му, се намира под действие на хомогенно и постоянно електрично поле с интензитет $\mathcal{E}$, при което потенциалната му енергия се дава с израза

$$U(x) = \begin{cases} \infty, & x < 0 \\ q\mathcal{E}x, & x \geq 0 \end{cases}.$$

Като следвате идеята на Планк за квантуване на енергията на хармоничния осцилатор, намерете в eV дискретните енергетични нива на електрона в тази потенциална яма.

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad \mathcal{E} = 1 \text{ kV/m}, \quad \hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

Полезна формула:

$$\int_0^1 \sqrt{1-z} dz = 2/3.$$