

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА

Казанлък, 25–27 април 2025 г.

Тема за IV състезателна група (10. клас)

Задача 1. Студени дни и работа на отоплителна печка с реле

Електрически радиатор има терморегулатор (термореле), благодарение на което в отопляваното помещение се поддържа температура в интервал от $t - \Delta t/2$ до $t + \Delta t/2$, където t е средната температура в помещението, която се задава на терморегулатора, а Δt е много малък температурен интервал, обикновено десети части от градуса. При включване на радиатора, нагревателят работи, докато температурата в помещението достигне $t + \Delta t/2$. След това нагревателят се изключва и остава изключен, докато помещението се охлади до $t - \Delta t/2$. После нагревателят отново се включва и цикълът от включване и изключване се повтаря периодически. Ще означаваме с τ времето, през което нагревателят е включен, а с T – времето, през което е изключен.

В хладен есенен ден, когато температурата навън била $t_0 = 12^\circ\text{C}$, Чичо Скрудж, известен със своята пестеливост, забелязал, че времето за работа на нагревателя е двойно по-голямо от времето, през което е изключен. За да намали разхода на електричество, Чичо Скрудж задал на терморегулатора температура с $\Delta\theta = 2^\circ\text{C}$ по-ниска, отколкото в началото. В резултат на това времето за работа на нагревателя станало двойно по-малко от времето, през което нагревателят е изключен.

- а) На какви средни температури t_1 и t_2 бил настроен радиаторът съответно в началото и след като Чичо Скудж променил положението на терморегулатора. **(5 т)**
- б) Каква минимална температура t_m трябва да бъде зададена на терморегулатора, така че нагревателят да работи непрекъснато. **(2 т)**
- в) При каква средна температура t_3 в помещението нагревателят ще се включва с най-голяма честота. **(3 т)**

Важна информация и жокери:

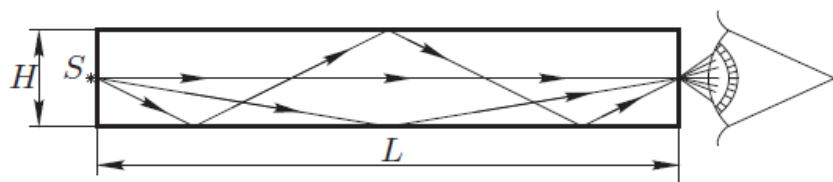
1. Приемете, че количеството топлина, което се отделя от стаята в околната среда за единица време, т.е. мощността P на топлинните загуби от помещението е пропорционална на разликата между средната температура t в стаята и температурата t_0 на околната среда: $P = \alpha(t - t_0)$, където α е коефициент на пропорционалност.
2. Топлинната мощност P_0 , отделена от нагревателя, когато е включен, е постоянна и не зависи от температурата в помещението.
3. Може да използвате обозначението $C = ct$, за да означите т.нар. *пълен топлинен капацитет* на помещението, където c и t са съответно специфичният топлинен капацитет и масата на въздуха в помещението.

Задача 2. Светлинни лъчи

Част 1. Плосък оптичен кабел

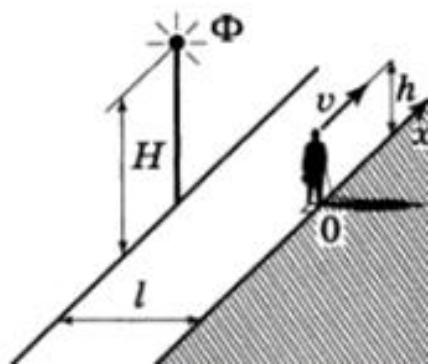
Във въздуха, близо до левия край на добре полирана стъклена пластина, се намира точков източник на светлина S , както е показано на фигурата. Пластината е с дебелина $H = 1$ cm и с дължина $L = 100$ cm. Светлината от източника пада върху лявата страна под всевъзможни ъгли. От дясната страна излизат както директно преминали през пластината лъчи, така и лъчи, претърпели многократно отражение от горната и долната повърхност.

Какъв е максималният брой отражения, които са претърпели лъчите, излизащи от дясната повърхност на пластинката. Показателя на пречупване на стъклото е $n = 1,73$. **(6,5 т)**



Част 2. Нощна разходка

Иван се прибира вкъщи пеша като върви по тротоара с постоянна скорост v . Височината на Иван е h . На разстояние l от ръба на тротоара се намира светещ уличен фенер Φ . Височината на фенера е H .



А) В каква посока и с каква скорост u се движи краят на сянката, която хвърля Иван върху тротоара. **(3 т)**

Б) Начертайте графиката на зависимостта на скоростта u от координатата x . Повърхността на тротоара е хоризонтална и неговият край е права линия. **(0,5 т)**

Задача 3. Пружини

Част 1.

Петър има комплект еднакви пружини и 20 еднакви кубчета. Пружините са с коефициент на еластичност k всяка и дължина в недеформирано състояние l_0 , а кубчетата – с маса m всяко. Коефициентът на триене между кубчетата и повърхността е μ .

Петър наредил кубчетата едно след друго по права линия, като ги свързал помежду им с пружини, и така получил верига: кубче–пружина–кубче–пружина ... до последното кубче. Петър внимателно раздалечил кубчетата едно от друго, така че всички пружини да бъдат разтегнати.

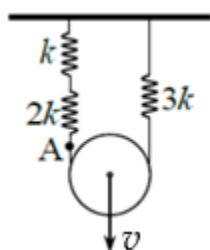
А) Колко пружини използвал Петър, за да свърже кубчетата? **(0,5 т)**

Б) Намерете максималната дължина l на веригата от кубчета и пружини, при която всички кубчета ще се намират в покой на повърхността. **(3,5 т)**

За всички пружини е изпълнен закона на Хук. Размерът на кубчетата да се пренебрегне.

Полезна формула: $1 + 2 + 3 + \dots + N = \frac{N(N+1)}{2}$

Част 2.



Три безтегловни пружини с коефициент на еластичност k , $2k$ и $3k$ съответно са свързани с неразтегливи нишки и са закачени на хоризонтален таван (вж. фигурата). Нишката, свързваща втората и третата пружина минава през безтегловна подвижна макара. В даден момент, под действие на плавно увеличаваща се външна сила F , макаратата започва да се издърпва надолу с постоянна скорост v .

А) Намерете скоростта, с която се движи т. А (краят на пружината с коефициент на еластичност $2k$). **(3 т)**

Б) Как трябва да се променя с времето t външната сила F , която действа на макаратата, така че тя да се движи с постоянната скорост v ? За всички пружини е в сила законът на Хук. **(3 т)**