

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

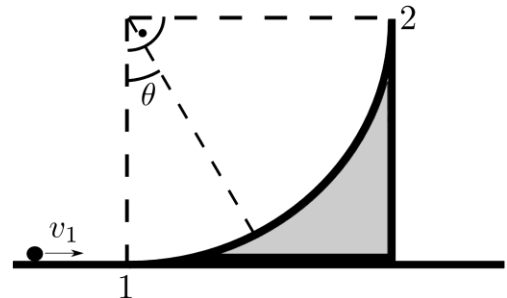
НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА

Разград, 10-12 април 2017 г.

Тема върху учебно съдържание за 10.–12. клас

Задача 1. Механика

На фигурата са показани две тела – тяло с пренебрежими размери и маса m и тяло с безкрайна маса и с форма на клин, чиято най-дълга страна е с форма на четвърт окръжност с радиус R . В началния момент малкото тяло минава със скорост v_1 край точка 1 в хоризонтално направление. В системата няма триене. Земното ускорение е g . Да се намери:



- а) височината H , която достига малкото тяло; [1 т.]
- б) скоростта v на малкото тяло като функция на ъгъла θ ; [2 т.]
- в) натиска N , който малкото тяло оказва върху голямото тяло като функция на ъгъла θ . [3т.]

В следващите подточки считайте, че масата на голямото тяло M е сравнима с масата на малкото тяло m и липсва триене между голямото тяло и хоризонталната плоскост, върху която то е поставено. При достатъчно голямо v_1 да се намери:

- г) хоризонталната v_{2x} и вертикалната v_{2y} компоненти на скоростта на малкото тяло в точка 2; [3 т.]
- д) какво разстояние x в хоризонтално направление изминава малкото тяло по време на полета си, т.е. от момента, в който се отделя от точка 2 до момента, в който се връща в точка 2; [2 т.]
- е) скоростта на малкото тяло v_1' , когато то преминава отново край точка 1, след като вече се е спуснало по голямото тяло; [2 т.]
- ж) общата работа A на силата на натиск, който оказва малкото тяло върху голямото тяло по време на цялото движение. [2 т.]

Задача 2. Задачи – оценки

За решаване на задачата-оценка е необходимо да се разбере същността на разглежданото физично явление, да се формулира прост модел на явлението, да се изберат разумни стойности на физичните величини и да се получи числен резултат, който повече или по-малко съответства на реалността.

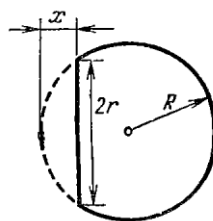
2.1. Оценете налягането p , което дъждовна капка, отделяща се от тавана на пещера, оказва при удара си в пода. Времето на удара на капката в земята, за което тя се разлива, се определя от скоростта на звука във водата. [3 т.]

2.2. В стандартна цилиндрична водна чаша се сипват кубчета лед с маса $m = 100 \text{ g}$ и чашата се покрива плътно с леко капаче. Оценете силата F , която трябва да се приложи към капачето, когато ледът се разтопи, за да се отдели то от чашата едновременно по целия ѝ периметър. [4 т.]

2.3. Оценете скоростта v на струята пара, която излиза от „носа“ на чайник, поставен върху котлон, когато в него кипи вода. В чайника (фиг. 1) е налята малко вода, така че цялото количество образувала се пара излиза само през „носа“ на чайника. [4 т.]



Фиг. 1.



Фиг. 2.

2.4. Оценете времето t на съприкосновение на футболна топка и стена при слаб удар на топката в стената. Както се вижда от фиг. 2, ударът е слаб, когато $x \ll R$. [4 т.]

Полезни данни:

Плътност на леда – $0,9 \text{ g/cm}^3$

Плътност на водата – 1 g/cm^3

Скорост на звука във вода – 1500 m/s

Топлина на топене на леда – 335 kJ/kg

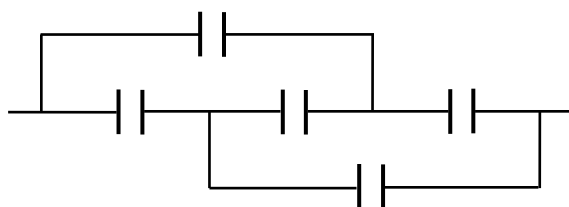
Топлина на изпарение на водата при кипене – 2260 kJ/kg

Моларна маса на водата – 18 g/mol

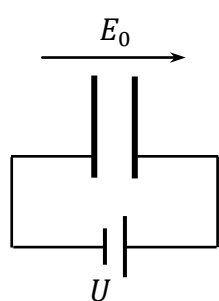
Универсална газова константа – $8,3 \text{ J/K.mol}$

Уравнение на състояние на идеален газ – $pV = nRT$, n – брой молове.

Задача 3. Кондензатори.



Част А Пет кондензатора с еднакви капацитети C_0 са свързани по начина, показан на схемата вляво. Намерете еквивалентния електричен капацитет C между краищата на тази верига. Начертайте еквивалентната схема, от която сте определили капацитета. [3 т.]



Част Б Плосък кондензатор е разположен в постоянно външно електрично поле, чийто интензитет има големина $E_0 = 20 \text{ kV/m}$, както е показано на фигурата вляво. Площта на електродите на кондензатора е $S = 100 \text{ cm}^2$, а разстоянието между тях е $d = 0,5 \text{ mm}$. Между клемите на кондензатора е подадено неизвестно напрежение U . Диелектричната проникваемост на вакуума е $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$.

а) Сумарната електростатична сила, която действа на дясната плоча на кондензатора, е насочена наляво и е с големина $F = 30 \text{ }\mu\text{N}$. На колко е равен зарядът q върху дясната плоча? [4,5 т.]

б) Като използвате резултата, получен в предната подточка, намерете напрежението U .

[2 т.]

в) Източникът на напрежение е откачен от кондензатора. След това кондензаторът е завъртан по такъв начин, че неговите плочи си разменят местата, като отново са перпендикулярни на външното електрично поле. На колко е равно напрежението U' между електродите на кондензатора след завъртането? [2,5 т.]

г) Намерете извършената работа A при завъртането на кондензатора.

[3 т.]

Задача 4. Радиоактивност

За да построите графиките към тази задача, използвайте приложените разграфени листа след условието. Предайте графиките заедно с останалите листа от решението.

Част А

а) През равни интервали време се измерва активността (брой разпадания за единица време) на радиоактивна проба, съдържаща $^{131}_{53}\text{I}$. Получените данни са дадени в таблицата. От тях графично получете периода на полуразпад $T_{1/2}$ на този изотоп. [5 т.]

Момент на измерване t , дни	Активност, брой разпади за минута
0	38846
5	25215
10	16368
15	10624
20	6896

Част Б

Възрастта на скали (от момента време, когато са се образували) може да се мери с радиометричен метод. За целта в скалните образци с масспектрометрия се определя концентрацията на различни изотопи – източници и продукти на радиоактивно разпадане. Минералът циркон (ZrSiO_4) се оказва уникален. Поради високата си температура на топене и химична устойчивост неговите кристали могат да се запазят за милиарди години. Заради особеностите на кристалната му решетка, при образуването на тези кристали (втвърдяването им от стопилка) в тях може да попадне уран (замествайки циркония), но не и олово. Два от изотопите на урана след многократна серия от алфа и бета разпади се разпадат до изотопи на оловото. Тук за простота може да се приеме, че $^{238}_{92}\text{U}$ се разпада директно до $^{206}_{82}\text{Pb}$ с период на полуразпад $T_{1/2}^1 = 4,47$ млрд. години, докато $^{235}_{92}\text{U}$ се разпада директно до $^{207}_{82}\text{Pb}$ с период на полуразпад $T_{1/2}^2 = 704$ млн. години. Така, измереното количество олово в кристалите циркон ще бъде изцяло продукт на тези радиоактивни разпади.

б) Получете формули, показващи как зависят отношенията на броя атоми олово и уран $\frac{N_{\text{Pb}-206}}{N_{\text{U}-238}}$ и $\frac{N_{\text{Pb}-207}}{N_{\text{U}-235}}$ в пробата от времето t (възрастта на кристала). [3 т.]

в) Изчислете и табулирайте тези отношения за интервала време $0 - 3$ млрд. год. (със стъпка 500 млн. год.). Начертайте получените данни на графика с оси $\frac{N_{\text{Pb}-207}}{N_{\text{U}-235}}$ (по x) и $\frac{N_{\text{Pb}-206}}{N_{\text{U}-238}}$ (по y). Всяка точка от тази графика има смисъл на измерени отношения в кристал на дадена възраст. Свържете получените точки с плавна крива (тя се нарича конкордия). [3 т.]

г) Използвайки графиката, определете на каква възраст е кристал циркон с измерени отношения $\frac{N_{\text{Pb}-206}}{N_{\text{U}-238}} = 0,322$ и $\frac{N_{\text{Pb}-207}}{N_{\text{U}-235}} = 4,884$. [1 т.]

д) За съжаление в кристалите циркон макар и слабо, концентрацията на олово намалява с времето заради твърдотелната дифузия на оловните атоми. Тази дифузия обаче е напълно еднаква и за двата изотопа на оловото. За урановите атоми обаче тя е пренебрежима и те не напускат кристала. Това води до факта, че съдържанието на оловните изотопи в пробите е по-малко от очакваното. От една и съща скална проба са изследвани няколко кристала циркон, които геологично трябва да са на една и съща възраст. Измерените им отношения $\frac{N_{\text{Pb}-207}}{N_{\text{U}-235}}$ и $\frac{N_{\text{Pb}-206}}{N_{\text{U}-238}}$ силно се различават (заради различната оловна дифузия в различните кристали), виж таблицата. От дадените данни, използвайки построената графика в подусловие в), определете възрастта на скалната проба. [3 т.]

Проба №	$\frac{N_{\text{Pb}-207}}{N_{\text{U}-235}}$	$\frac{N_{\text{Pb}-206}}{N_{\text{U}-238}}$
1	10,4	0,406
2	5,97	0,234
3	4,11	0,161
4	7,17	0,281

