

Национално пролетно състезание по физика, Стара Загора, 9–11 март 2018 г.

**Светослав И. Иванов, Димо Л. Арнаудов, Нено Д. Тодоров,
Димитър Й. Мърваков, Виктор Г. Иванов**

Физически факултет, Софийски Университет “Св. Кл. Охридски”,
1164-София, бул. Дж. Баучер 5

Абстракт. Националното пролетно състезание по физика за учебната 2017–2018 г. се проведе от 9 до 11 март в град Стара Загора. Тази статия съдържа обща информация за организацията и резултатите от състезанието, както и състезателните теми за различните възрастови групи. Дадени са и примерни решения на темите с методически указания към тях. Те ще бъдат от полза както на учители, подготвящи ученици за състезания и олимпиади по физика, така и при самоподготовка на учениците.

УВОД

Националното пролетно състезание по физика за учебната 2017–2018 г. се проведе от 9 до 11 март в град Стара Загора. В състезанието взеха участие общо 316 ученици от 17 града. Съгласно с регламента на Националните състезания по физика учениците бяха разделени на състезателни групи според учебното съдържание, което изучават през текущата учебна година: 7 клас – 59 ученици, 8 клас – 86 ученици, 9 клас – 69 ученици, 10 клас – 49 ученици, 11–12 клас – 32 ученици и специална тема (по програмата на Международната олимпиада по физика) – 21 ученици. Темите включваха по три задачи, всяка от тях носеща по 10 т. Награди получиха първите 30% най-добре представили се ученици от всяка група.

Победители в отделните групи са, както следва:

- Специална тема: **Владислав Стефанов** – 26.5 т., МГ “Гео Милев”, Плевен;
Тема за 11/12 клас: **Иво Зерков** – 28.0 т., СМГ, София;
Тема за 10 клас: **Александър Кръстев** – 26.5 т., МГ “д-р П. Берон”, Варна;
Тема за 9 клас: **Добрин Бараков** – 28.0 т., МГ “Гео Милев”, Плевен;
Тема за 8 клас: **Женя Янчева** – 29.0 т., ППМГ “акад. Н. Обрешков”, Бургас;
Тема за 7 клас: **Маргулан Исмолдаев** – 25.0 т., МГ “д-р П. Берон”, Варна.

Училищата, спечелили най-много награди, са: МГ “д-р Петър Берон”, Варна; МГ “Гео Милев”, Плевен; ППМГ “акад. Н. Обрешков”, Бургас; и СМГ, София. Най-много наградени ученици имаха учителите: Ирена Борисова (Плевен); Силвия Захариева (Варна); Георги Стойчев (Бургас); и Илиян Илиев (София).

СЪСТЕЗАТЕЛНИ ТЕМИ

По-долу са дадени условията на задачите за различните възрастови групи. Автори на темите са, както следва: 7. клас – проф. Мирослав Абрашев, 8. клас – доц. Виктор Иванов, 9. клас – доц. Димитър Мърваков, 10. клас – гл. ас. Нено Тодоров, 11/12. клас – гл. ас. Димо Арнаудов и Специалната тема – доц. Светослав Иванов.

ТЕМА за 7. клас

Задача 1. Движение (две независими части)

I част

а) Гледаме нощното небе. Точно над нас преминават едновременно самолет и Международната космическа станция. Кой обект ще ни се струва, че се движи по-бързо – самолетът или станцията? Самолетът лети със скорост 900 km/h на височина 10 km , а станцията лети със скорост 8 km/s на височина 400 km . Подкрепете отговора си с изчисления. Можете да приемете, че за времето на наблюдение и двата обекта се движат равномерно, праволинейно и хоризонтално. [3 т.]

б) Кога е възможно да се случи това наблюдение – скоро след като е мръкнало, в полунощ или малко преди да разсъмне? Обяснете. [1 т.]

II част

Разстоянието между Видин и Русе по река Дунав е s . Скоростта на течението на реката навсякъде е постоянна: $v_0 = 3 \text{ km/h}$. Два еднакви кораба тръгват едновременно от двата града и се разминават след време t_1 . Тяхната скорост спрямо реката е $v_1 = 15 \text{ km/h}$. След като двата кораба пристигнали в другото пристанище, установили, че единият се е движил $t_0 = 8 \text{ h } 20 \text{ min}$ по-малко време от другия. Пресметнете:

в) разстоянието s (в km); [2 т.]

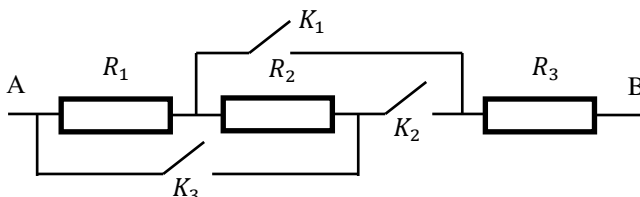
г) времето t_1 (в часове); [2 т.]

д) времето $t_{\text{В-Р}}$, за което тези кораби пътуват от Видин до Русе (в часове); [1 т.]

е) времето $t_{\text{Р-В}}$, за което тези кораби пътуват от Русе до Видин (в часове). [1 т.]

Задача 2. Електрическа верига с прекъсвачи

Дадена е електрическа схема, съдържаща три резистора с неизвестни различни съпротивления R_1 , R_2 и R_3 и три прекъсвача K_1 , K_2 и K_3 (виж фигурата).



Измерва се съпротивлението R_{AB} между точките А и В. Нека бележим отворен превключвател с “0”, а затворен – с “1”.

№	K_1	K_2	K_3	R_{AB}
1	0	0	0	?
2	0	0	1	?
3	0	1	0	?
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

а) Направете таблица (как да изглежда е показано вляво), в която запишете какво съпротивление R_{AB} ще се измери за всички възможни комбинации от състоянията на трите превключвателя. [4 т.]

б) След като е измерено съпротивлението R_{AB} за всички възможни комбинации от състоянията на трите превключвателя, се оказало, че омметърът е показал само 4 различни крайни стойности. Най-малката е била 50Ω , най-голямата – 100Ω , а една от междинните – 70Ω .

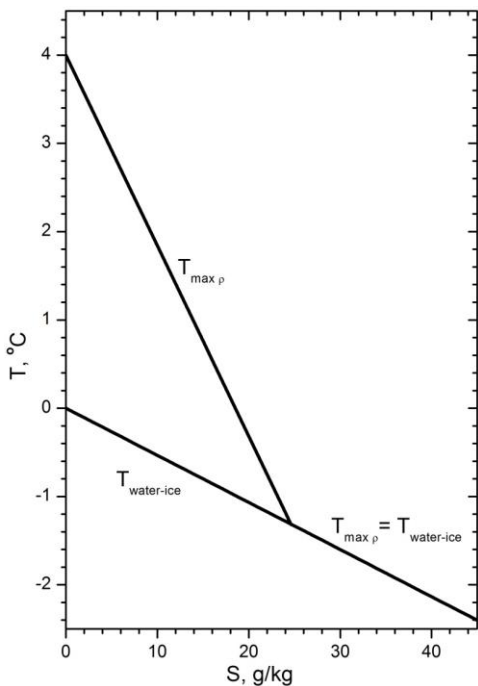
Изчислете стойностите на трите съпротивления R_1 , R_2 и R_3 . Разгледайте всички възможности. [5 т.]

в) Колко ома е показал омметърът за другата междинна стойност? [1 т.]

Задача 3. Вода, сол и лед

Солеността S на морската вода се измерва в грамове разтворени соли на килограм морска вода. Както и чистата вода, морската вода също има температурна аномалия – при някаква температура $T_{\max \rho}$ тя има максимална плътност. $T_{\max \rho}$ зависи от солеността S . Температурата на втвърдяване (ледообразуване) $T_{\text{water-ice}}$ също зависи от S . Тези две зависимости са представени на фигурата.

а) Едно от Седемте рилски езера, Окоето, е дълбоко 38 m. През зимата то се е заледило и ледът е достигнал дебелина 2 m. Температурата на въздуха е -10°C . Колко е температурата на водата на дъното на езерото? [2 т.]



Колко е температурата на водата на границата между водата и долната повърхност на леда?

[2 т.]

б) Солеността на Северният ледовит океан близо до бреговете на Канада е 34 g/kg. Ако температурата на водата на дъното му е максимално ниската, колко °C е тя?

[2 т.]

в) Солеността на Черно море е 17 g/kg. Колко е температурата на водата на дъното му, ако тя е с 8,8°C по-висока от максимално ниската (за дъното му) за тази соленост?

[2 т.]

При каква температура на водата на повърхността му ще започне да се образува лед?

[2 т.]

Температурите, получени в тази задача, представете с точност 0,1°C.

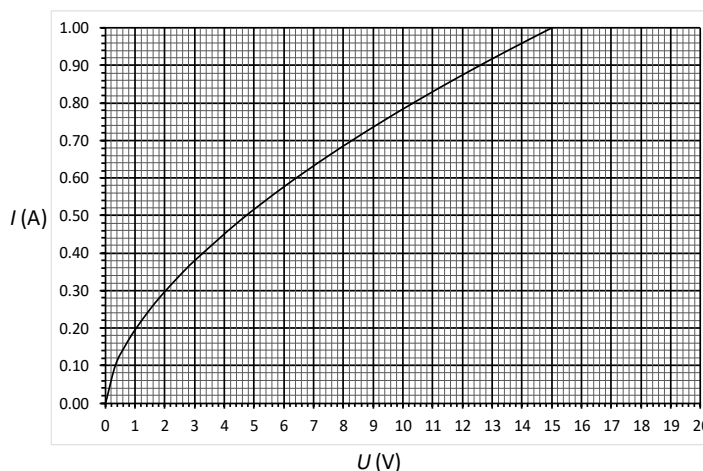
ТЕМА за 8. клас

Задача 1. Свързване на лампички

При увеличаване на тока през лампичка с нажежаема жичка в лампата се отделя повече топлина и жичката се загрява до по-висока температура. При това съпротивлението на жичката също се увеличава. Затова зависимостта на тока I през лампичка с нажежаема жичка от напрежението U не е права пропорционалност. На работния лист е показана графиката на зависимостта на I от U за определен модел лампички, които ще се разглеждат в тази задача. За да свети такава лампичка с нормална сила и същевременно да издържи максимално време, без да изгори, се препоръчва токът през нея да бъде от 0,8 А до 0,9 А. Точките а), б) и в) са независими от точките г) и д).

При работата по задачата ще се наложи да отчитате стойности от дадената в работния лист графика, както и да правите допълнителни построения върху нея. Затова, след като приключите работа, предайте работния лист заедно с останалите листа от решението.

Работен лист към задача 1.

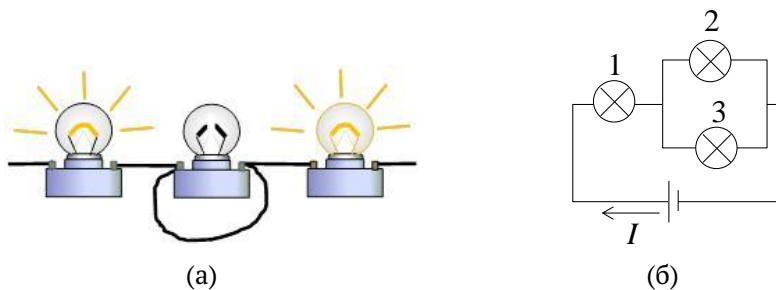


а) Ученик конструирал новогодишен гирлянд, състоящ се от 20 последователно свързани лампички, който се включва към електрическата мрежа с напрежение $U_m = 220 \text{ V}$. Определете приблизително тока I , който тече през лампичките, и общата мощност P на целия гирлянд. **[1,5 т.]**

б) Колко би струвала на домакинството консумираната електроенергия, ако гирляндът е включен денонощно през целия месец декември, а цената на 1 kWh електроенергия е 0,20 лв. **[2 т.]**

в) Когато някоя от лампичките изгаряла, ученикът не я подменял, а свързвал краищата ѝ с метална жичка, т.е. “давал я накъсо”, както е показано на Фиг. 1а. Най-много колко (N) лампички от гирлянда може да бъдат дадени накъсо така, че токът през останалите лампички да бъде в препоръчителния интервал от стойности? **[1,5 т.]**

г) Една лампичка трябва да бъде захранвана от източник с напрежение $U_0 = 15 \text{ V}$. За да свети лампичката нормално силно, към нея е свързан последователно резистор. В какъв интервал от стойности може да



Фиг. 1.

се намира съпротивлението R на резистора, така че през лампичката да тече ток в препоръчителния интервал? [2,5 т.]

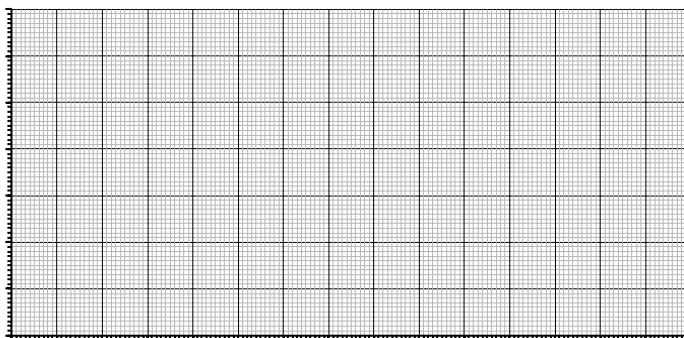
д) Три еднакви лампички – 1, 2 и 3, са свързани към източник с напрежение $U_0 = 15\text{ V}$ по схемата, показана на Фиг. 1б. Определете приблизително тока I , който тече през лампичката 1. [2,5 т.]

Задача 2. Ракета модел

Ракета модел е изстреляна от земната повърхност вертикално нагоре с нулева начална скорост. Двигателят на ракетата работи в продължение на време $t_1 = 5\text{ s}$, след което се изключва. Докато двигателят работи, ракетата се издига с постоянно ускорение $a = 20\text{ m/s}^2$.

- Определете максималната височина H , на която се издига ракетата. [5 т.]
- Намерете общото време от изстрелването на ракетата до падането ѝ на земята. [2,5 т.]
- На разграфената координатна система в работния лист начертайте графика на зависимостта на скоростта v на ракетата от времето t , изминало след момента на изстрелването ѝ. Колко е максималната скорост v_{\max} на ракетата по време на полета. [2,5 т.]

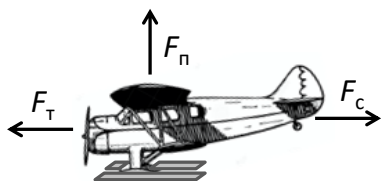
Работен лист към задача 2.



Приемете, че земното ускорение е $g = 10\text{ m/s}^2$. Съпротивлението на въздуха се пренебрегва.

Задача 3. Излитане на самолет

За да излети и каца на заснежени терени, на самолет са поставени ски вместо колела (Фиг. 3). Самолетът започва да се ускорява от състояние на покой. На самолета действат следните сили от страна на въздуха (вж. Фиг. 3):



Фиг. 3.

– **Подемна сила** $F_{\text{п}}$, действаща вертикално нагоре. За конкретния модел самолет големината на подемната сила е:

$$F_{\text{п}} = \rho S v^2,$$

където $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ е плътността на въздуха, $S = 20 \text{ m}^2$ е площта на

крилата, а v – скоростта на самолета.

– **Сила на съпротивление на въздуха** $F_{\text{с}}$, действаща в посока, противоположна на посоката на движение на самолета. Големината на силата на съпротивление е:

$$F_{\text{с}} = C v^2,$$

където C е т.нар. **коефициент на съпротивление** – неизвестен по условие.

– **Теглеща сила** $F_{\text{т}}$ в посоката на движение на самолета, възникваща при въртенето на витлото. Пилотът може да регулира теглещата сила в интервала от 0 до 5000 N, като подава повече или по-малко гориво към двигателя.

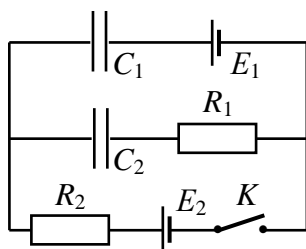
Масата на самолета е $m = 2000 \text{ kg}$, коефициентът на триене между ските и снега е $k = 0,1$, а земното ускорение – $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- Колко е минималната теглеща сила $F_{\text{мин}}$ на витлото, която е нужна, за да потегли самолетът от състояние на покой? **[1,5 т.]**
- При каква скорост v_1 самолетът се отделя от снега, т.е. излети? **[1,5 т.]**
- Пилотът установява, че, ако подаде теглеща сила $F_{\text{т}} > F_{\text{мин}}$, самолетът се движи равноускорително, докато излети. При каква стойност на коефициента C на съпротивление на въздуха движението на самолета по снега е равноускорително? **[4 т.]**
- Колко е минималното възможно разстояние L , нужно на самолета, за да излети? **[3 т.]**

ТЕМА за 9. клас

Задача 1.

На Фиг. 1 е показана електрическа схема за зареждане и презареждане на кондензатори. Те имат равни капацитети – $C_1 = C_2 = C$, а източниците на напрежение са с ЕДН съответно E_1 и E_2 .

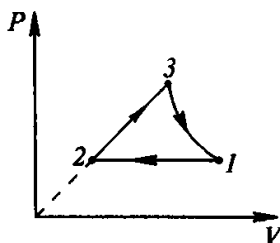


Фиг. 1.

- а) Намерете общия заряд на кондензаторите при отворен ключ K . [1,5 т.]
- б) Определете крайния заряд на всеки кондензатор след затварянето на ключа K . [1,5 т.]
- в) Определете преминалия заряд през всеки източник след затваряне на ключа K . [2,5 т.]
- г) Какво количество топлина се е отделило във веригата след затваряне на ключа K ? [4,5 т.]

Задача 2. Идеален газ

С газ, който може да се разглежда като идеален, се извършва процесът 1–2–3–1, показан на Фиг. 2. В процеса 1–2 външната сила извършва работа A , а в процеса 2–3 газът получава топлина Q . Процесът 3–1 протича без топлообмен с околната среда.



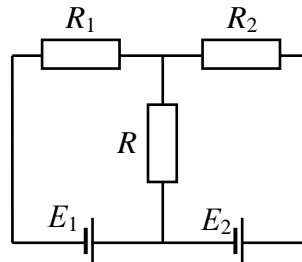
Фиг. 2.

- а) Намерете извършената от газа работа A' в процеса 3–1. [8 т.]
- б) Определете КПД η (в проценти) на топлинен двигател, който работи по процеса, показан на фиг. 2 при $A/Q = 1/4$. [2 т.]

Вътрешната енергия на идеалния газ се дава с израза $U = \frac{3}{2}BT$, където с B е означена газовата константа.

Задача 3.

В електрическата схема на Фиг. 3 резисторите имат съпротивления съответно $R_1 = 100 \Omega$ и $R_2 = 150 \Omega$.



Фиг. 3.

Определете:

- а) При какво условие токът през резистора със съпротивление R е равен на нула? **[6 т.]**
- б) При каква стойност на съпротивлението R мощността на тока в този резистор е максимална? **[4 т.]**

ТЕМА за 10. клас

Задача 1.

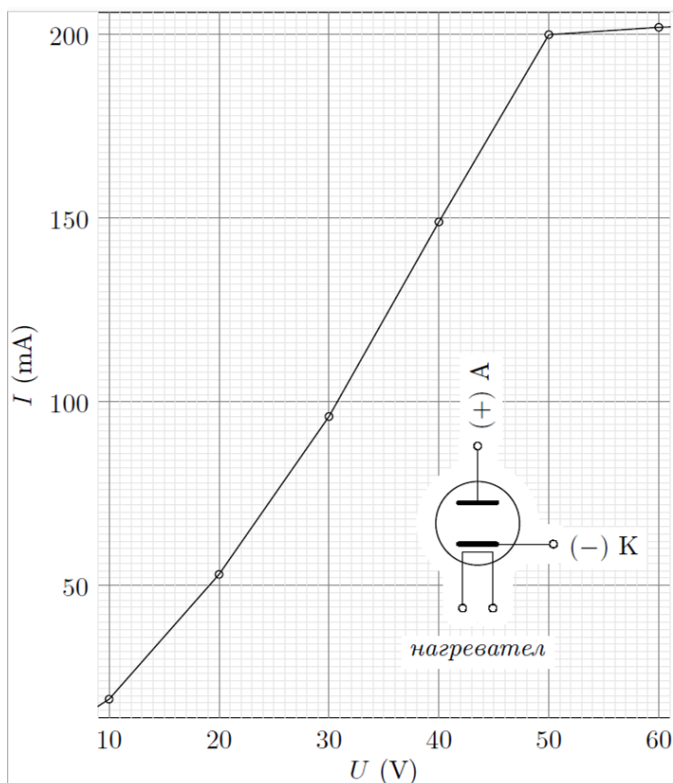
Ламповите диоди са електронни компоненти, наподобяващи азоразрядна лампа с два електрода – анод и катод. Принципът на работа на ламповия диод е следният: с помощта на нагревател катодът (К) се нагрява до температура, при която от него започват да се отделят електрони, които формират електронен облак. Когато на анода (А) се подаде положително напрежение U спрямо катода, електроните се привличат от анода и през диода протича ток I . Волт–амперната характеристика както и схематично представяне на такъв диод са показани на Фиг. 1. За малки напрежения зависимостта на тока от напрежението се дава с израз:

$$I = bU^n, \quad (1)$$

където b е константа, която зависи от размерите на диода. Над определена стойност на напрежението токът нараства много бавно, и горната зависимост не е изпълнена.

Ако електродите са плоски пластини с площ S , а разстоянието между тях е d , тогава константата b може да се изрази като:

$$b = \frac{4\varepsilon_0 S}{9d^2} \sqrt{\frac{2e}{m}}, \quad (2)$$



Фиг. 1.

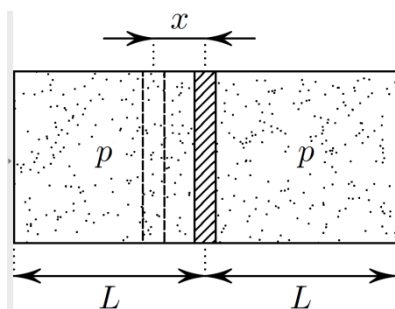
където $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m е диелектричната проникемост на вакуума, а $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C и $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg съответно зарядът и масата на електрона.

- 1.1. Определете степенния показател n , участващ в зависимостта на тока от напрежението като използвате метода на размерностите. За по-голяма прегледност направете таблица, в която запишете размерностите на всички необходими величини, изразени чрез основните мерни единици в SI. **[5 т.]**
- 1.2. Използвайте резултата, получен в т. 1.1., и волт-амперната характеристика на Фиг. 1, за да определите числената стойност на константата b . **[2 т.]**

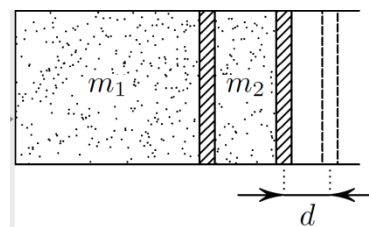
Ако площта на електродите е $S = 10 \text{ cm}^2$, оценете времето на полет τ на електроните между двата електрода при напрежение $U = 11,4$ V. Приемете, че началната скорост на електроните е пренебрежимо малка. **[3 т.]**

Задача 2.

- 2.1. Затворен цилиндър с дължина $2L$ е разделен на две равни части от подвижно бутало с площ S . В началния момент двете половини на цилиндъра са запълнени с различни газове така, че налягането p от двете страни на буталото е еднакво (Фиг. 2.1). На какво разстояние x ще се премести буталото, ако само газът от лявата половина може свободно да преминава през буталото? Силата на триене между буталото и стените на съда е F , температурата и на двата газа остава постоянна през цялото време. Разгледайте възможните случаи в зависимост от големината на силата F . [5 т.]



Фиг. 2.1.



Фиг. 2.2.

- 2.2. Цилиндър е разделен на две части от две подвижни бутала, както е показано на Фигура 2.2. Всяка от двете части е запълнена с един и същ газ, като отношението на масите на газа от лявата и дясната части е $m_1/m_2 = 3$. В началния момент буталата са неподвижни и температурата на газа в двете части е една и съща. Дясното бутало се премества на разстояние d , след което буталата отново са неподвижни и температурата на газа в двете части е една и съща. На какво разстояние x ще се е преместило лявото бутало? Триенето между буталата и стените на цилиндъра се пренебрегва. [5 т.]

Масите и дебелините на буталата са пренебрежимо малки и в двете части на задачата.

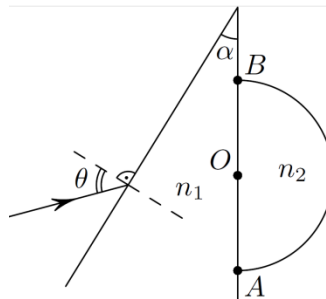
Упътване: връзката между налягането p , обема V и абсолютната температура T на n мола идеален газ се дава с така нареченото уравнение на състоянието на идеален газ: $pV = nRT$, където $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ е универсалната газова константа.

Задача 3.

Плътен полуцилиндър с радиус R е долепен до призма с ъгъл на пречупване α , както е показано на Фиг. 3. Показателят на пречупване на призмата n_1 и този на полуцилиндъра n_2 зависят от дължината на вълната λ по следния начин:

$$n_i = a_i + \frac{b_i}{\lambda^2}; \quad i = 1, 2,$$

където $a_1 = 1,3$, $b_1 = 5 \cdot 10^4 \text{ nm}^2$, $a_2 = 1,1$ и $b_2 = 1 \cdot 10^5 \text{ nm}^2$.



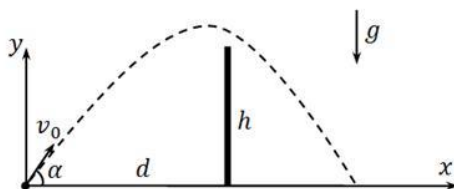
Фиг. 3.

- 3.1. Определете дължината на вълната λ_0 , при която няма да се наблюдава пречупване на светлината на границата АВ, без значение от ъгъла на падане θ . **[1,5 т.]**
Пресметнете показателите на пречупване n_i за тази дължина на вълната. **[0,5 т.]**
- 3.2. Опишете (кратко и ясно) или направете чертеж (с нужните означения), който да показва хода на лъч светлина с дължина на вълната λ_0 , отместващ се на най-малък ъгъл δ от първоначалната си посока на разпространение. **[1,5 т.]**
- 3.3. За тази част от задачата приемете, че показателите на пречупване не зависят от дължината на вълната и имат следните стойности: $n_1 = \sqrt{2}$ и $n_2 = 2$. Разгледайте успореден сноп лъчи, падащи върху призмата под ъгъл $\theta = 0^\circ$. Ако $\alpha = 45^\circ$, определете централния ъгъл φ (спрямо т. О), “ограничаващ” частта от цилиндъра, от която ще излизат лъчите. **[6,5 т.]**

ТЕМА за 11-12. клас

Задача 1. Прехвърляне на стена

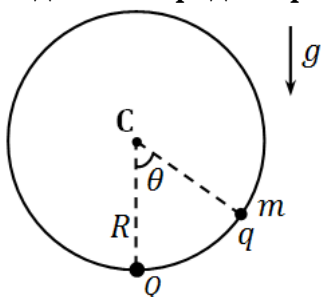
Оръдие изстрелва малки снаряди към крепостна стена с пренебрежима дебелина, която е разположена на разстояние $d = 25$ m от края на дулото на оръдието, както е показано на фигурата. Началната скорост на снарядите е $v_0 = 25$ m/s. Стената е с височина $h = 18$ m. Съпротивлението на въздуха да се пренебрегне. Приемете, че земното ускорение $g = 10$ m/s².



- а) Намерете най-малкото разстояние x_{\min} от оръдието, на което може да падне снаряд след прелитане над стената. Какво е най-голямото разстояние x_{\max} от оръдието, на което може да падне снаряд, ако е преминал над стената? **[7 т.]**
- б) Определете максималното разстояние d_{\max} от стената, на което може да се отдалечи оръдието, така че да може да изстреля снаряд отвъд стената със същата начална скорост v_0 . Под какъв ъгъл $\alpha_{d_{\max}}$ спрямо хоризонта трябва да е насочена началната скорост на снаряда? **[3 т.]**

Упътване: Може да използвате, че $\cos^{-2} \alpha = 1 + \operatorname{tg}^2 \alpha$.

Задача 2. Заряди върху окръжност

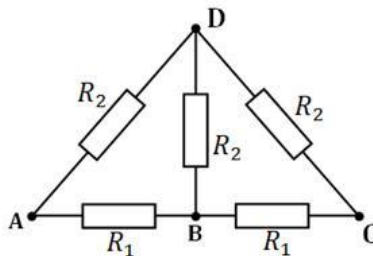


Неподвижен положителен заряд с големина $Q = 1$ mC е разположен в най-ниската точка от вертикална окръжност с радиус $R = 3$ m. Малко топче с маса $m = 50$ g и положителен заряд $q = 0,5$ μC може да се движи свободно (без триене) по протежение на окръжността, както е показано на фигурата вляво. Текущото положение на топчето върху окръжността може да се изрази чрез съответната стойност на ъгъла θ . Приемете, че земното ускорение $g = 10$ m/s², а електричната константа $k = 9 \cdot 10^9$ N.m²/C².

- а) Определете ъгъла $\theta_{\text{eq}} \in (0^\circ, 180^\circ)$, при който топчето се намира в равновесие. **[4,5 т.]**
- б) Намерете големината на силата на реакция N_{eq} , която действа на топчето от страна на окръжността в това равновесно положение. **[2 т.]**
- в) Нека топчето да е пуснато без начална скорост от най-горната точка на окръжността, след което то тръгва да се движи по посока на часовниковата стрелка. Определете големината на скоростта v_{eq} на топчето, когато то преминава през равновесното положение от предишните две подточки. **[3,5 т.]**

Задача 3. Електрическа верига

Пет резистора са свързани по начина, показан на фигурата отдолу. Стойностите на съпротивленията на резисторите са $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ и $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$.

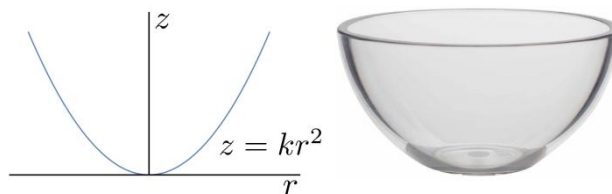


- а) На колко е равно съпротивлението R_{AC} между точките А и С? **[2,5 т.]**
- б) Намерете съпротивлението R_{AB} , което би се измерило между точките А и В. **[4 т.]**
- в) Между точките А и В е подадено напрежение $E = 6 \text{ V}$. Намерете напрежението U_{CD} между точки С и D. **[3,5 т.]**

СПЕЦИАЛНА ТЕМА по програмата за Международната олимпиада по физика

Задача 1. Механика

Тяло се движи по вътрешната повърхност на гладка параболична купа, чието сечение се задава с уравнението $z = kr^2$. Тялото е поставено на височина z_0 от дъното на купата и има хоризонтална скорост v_0 успоредно на повърхността на купата. Земното ускорение е g .



Фиг. 1.

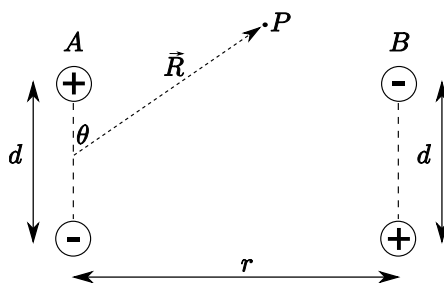
- а) За определена стойност на скоростта v_0 , която ще отбележим с v_h , тялото се движи по хоризонтална окръжност. Намерете v_h . [2 т.]
- б) Нека началната скорост е $v_0 > v_h$. Намерете максималната височина, до която достига тялото. [3 т.]

В следващите две подточки тялото е поставено на височина z_0 и има начална скорост $v_0 = 0$.

- в) Приемете, че z_0 е достатъчно малко, така че движението може да се апроксимира с хармонично трептене. Намерете периода T_0 на движението. [3 т.]
- г) Приемете, че z_0 не е малко. Сравнете периода T_0 на трептене с периода T_0 на хармоничното трептене от горното подусловие – ще бъде ли по-малък, по-голям или равен? Няма нужда да пресмятате експлицитната стойност за T_0 . Достатъчно е да аргументирате отговора си. [2 т.]

Задача 2. Електричество

Част 1. Електричният дипол се състои от два заряда с равна големина q и противоположен знак, разделени на разстояние d един от друг. Векторът на диполния момент има големина $p = qd$ и сочи по оста, свързваща $-q$ с $+q$. Разгледайте два идентични дипола, ориентирани както е показано на фигурата. Разстоянието между тях е r .



Фиг. 2.

- а) Намерете точен израз за потенциалната енергия на системата от два дипола, изразена чрез q , d , r и фундаментални константи. За удобство приемете, че потенциалната енергия е нула, когато диполите са на безкрайно разстояние един от друг. [1 т.]

Във всички следващи подусловия приемете, че $d < llr$.

- б) Направете приближение на израза за потенциалната енергия като запазите само най-ниската степен на d/r . Напишете приближението чрез p , r и фундаментални константи. [2 т.]
- в) Намерете големината и посоката на силата, с която единият дипол действа на другия. Изразете силата чрез p , r и фундаментални константи. [2 т.]
- г) Намерете потенциала, създаден от дипола в точка, изразен чрез векторите \vec{p} и \vec{R} и фундаментални константи. [2 т.]

Част 2

- д) Сферична обвивка с вътрешен радиус a и външен радиус b е направена от материал със специфично съпротивление ρ . Точков заряд с големина q_0 е поставен в центъра на обвивката. В момента $t = 0$ обвивката е електрически неутрална, включително вътрешната и външната ? повърхност. Намерете заряда, разпределен върху външната повърхност на обвивката като функция на времето за $t \geq 0$. Игнорирайте всякакви магнитни ефекти. [3 т.]

Задача 3. Топлина

Част 1. Планета с радиус R е съставена от равномерно разпределен материал, който чрез радиоактивен разпад отделя енергия с мощност P . Това води до зависимост на температурата от положението в планетата, тъй като има пренос на топлина отвътре-навън.

Коефициентът на топлопроводимост е мярка за скоростта на преноса на топлина в резултат от температурна разлика. Да разгледаме тънка пластина с площ S и дебелина Δx , едната повърхност на която е с температура ΔT по-висока от другата. Нека през пластината да преминава топлина ΔQ за време Δt . Коефициентът на топлопроводимост се дефинира като:

$$k = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \frac{1}{S} \frac{\Delta x}{\Delta T}$$

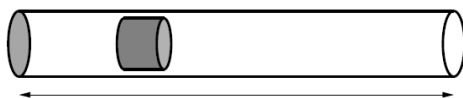
Намерете:

- а) температурата T_S на повърхността на планетата; [1 т.]
- б) температурната разлика ΔT между температурите в центъра и на повърхността на планетата. [4 т.]

Приемете, че

- k не зависи от положението в планетата, т.е. k е еднаква за цялата планета;
- температурата зависи само от координатите, но не и от времето;
- планетата излъчва като абсолютно черно тяло;
- върху планетата не попада енергия от друг източник.

Част 2. Оръдие с форма на цилиндър с площ на напречното сечение S изстрелва снаряд. Непосредствено след взрива снарядът е в покой, обемът между затворения край на тръбата и снаряда е V_0 , а налягането на газа в този обем е P_0 . Атмосферното налягане е P_{atm} , като $P_0 > P_{\text{atm}}$. Газът в цилиндъра е двуатомен, т.е. $C_V = 5R/2$, а $C_P = 7R/2$. Дължината на оръдието може да се изменя.



Фиг. 3.

Намерете:

- в) максималната възможна кинетична енергия E_{max} , с която снарядът може да напусне оръдието. **[4 т.]**
- г) дължината на оръдието L в този случай. **[1 т.]**

Приемете, че

- снарядът се движи в цилиндъра достатъчно бързо, така че газът не получава топлина;
- триенето между снаряда и цилиндъра е пренебрежимо;
- около снаряда не преминава газ;
- вдясно от снаряда налягането е винаги P_{atm} .

Величините, т.е. нещата, които подлежат на измерване или на математическа дефиниция, се пишат с **курсив**. Всички останали означения, включително **мерните единици** – в **нормален шрифт**. Желателно е векторите да са в **получер курсив** (другата възможност е стрелка върху символа), а тензорите (или матрици) – главни букви в **получер нормален шрифт**. Индексите се пишат по правило с **прави знаци** (когато те са на кирилица, това е задължително).