

Максим Максимов

УЧЕБНА ТЕТРАДКА

ФИЗИКА

И АСТРОНОМИЯ

МАТЕРИАЛИ

В ПОМОЩ НА УЧИТЕЛЯ

10 КЛАС



Уважаеми учители,

Материалите в помощ на учителя към учебната тетрадка по физика и астрономия за 10. клас са електронни ресурси, целящи да подпомогнат вашата работа с учебната тетрадка и преподаването в 10. клас. Ресурсите включват:

- методически указания и коментари към част от задачите;
- допълнителна информация към някои задачи, засягащи важни теми от учебното съдържание;
- отговори и решения на задачите, на които в края на тетрадката не се дадени такива;
- подробни решения на част от задачите със свободен отговор или с избор на отговор, на които в края на тетрадката са дадени само отговори;
- отговори на всички въпроси (задачи) с подчертаване на верния отговор.

Материалите към учебната тетрадка са своеобразен експеримент. Надявам се те да бъдат полезни, особено на онези от вас, които сега навлизат в професията.

Пожелавам ви успешна работа!

М. Максимов

Физика и астрономия

учебна тетрадка за десети клас

Автор

© Максим Христов Максимов, 2020

Художник на корицата

© Веселин Костадинов Праматаров, 2020

Издател

© „КЛЕТ БЪЛГАРИЯ“ ООД, 2020

Възпроизвеждането на това издание или на отделни негови части под каквато и да е форма без изричното писмено съгласие на „КЛЕТ БЪЛГАРИЯ“ ООД е престъпление.

В учебната тетрадка са използвани фотографии и илюстрации от Shutterstock и от интернет.

Съдържание

Начален преговор.....	4
Тест 1 (<i>Начален преговор</i>)	6

Част I. Електромагнитни явления

Закон на Кулон	8
Електрично поле	9
Потенциал на електростатичното поле	11
Проводник в електростатично поле	13
Кондензатори	14
Тест 2 (<i>Електромагнитни явления – електрично поле</i>)	15
Магнитно поле	17
Проводник с ток в магнитно поле	18
Магнитно поле на електричен ток	19
Движение на заредени частици в електростатично поле	20
Движение на заредени частици в магнитно поле	21
Променлив ток	22
Трансформатори. Пренасяне на електроенергия	24
Тест 3 (<i>Електромагнитни явления – магнитно поле..</i>)	26

Част II. Светлина

Разпространение на светлината	28
Отражение и пречупване на светлината	29
Дисперсия на светлината.....	31
Интерференция	32
Дифракция. Дифракционна решетка	33
Топлинно излъчване	34
Фотоелектричен ефект	35
Фотони. Обяснение на фотоэффекта	36
Тест 4 (<i>Светлина</i>)	37

Част III. От атома до Космоса

Вълнови свойства на частиците	39
Атоми	40
Луминесценция.....	41
Лазери	42
Рентгенови лъчи	43
Атомно ядро	44
Радиоактивност	45
Видове радиоактивност	46
Ядрена енергия	47
Елементарни частици. Кварки	48
Звезди	49
Еволюция на звездите.....	50
Вселена. Развитие на Вселената	51
Тест 5 (<i>От атома до Космоса</i>).....	52
Тест 6 (<i>Годишен преговор</i>)	54
Отговори и решения на задачите	56
Отговори на тестовите задачи.....	59

Начален преговор

Превръщане на единиците на физичните величини

Десетични кратни единици			Десетични дробни единици		
Представка	Означение	Множител	Представка	Означение	Множител
гига	G	10^9	деци	d	10^{-1}
мега	M	10^6	санци	c	10^{-2}
кило	k	10^3	мили	m	10^{-3}
хекто	h	10^2	микро	μ	10^{-6}
дека	da	10^1	нано	n	10^{-9}

Попълнете пропуснатите числа.

$$4,2 \cdot 10^8 \text{ N} = 420 \text{ MN}$$

$$2,5 \cdot 10^{11} \text{ Hz} = 250 \text{ GHz}$$

$$1200 \text{ MW} = 1,2 \text{ GW}$$

$$10,2 \text{ mV} = 0,0102 \text{ V}$$

$$250 \mu\text{V} = 0,25 \text{ mV}$$

$$1,8 \cdot 10^{-8} \text{ A} = 0,018 \mu\text{A}$$

$$2,5 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,25 \text{ nm}$$

$$1,35 \cdot 10^8 \Omega = 0,135 \text{ G}\Omega$$

$$0,025 \text{ mm} = 25 \mu\text{m}$$

$$0,45 \text{ mg} = 450 \mu\text{g}$$

$$3,6 \cdot 10^7 \text{ J} = 10 \text{ kWh}$$

$$27 \text{ }^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$1000 \text{ hPa} = 100 \text{ kPa}$$

$$2,5 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} = 2,5 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$$

$$1950 \text{ kg/m}^3 = 1,95 \text{ g/cm}^3$$

Физични явления, величини и закономерности

Подчертайте вярното.

- При равноускорително движение нараства **ускорението/скоростта**.
- Телата с голяма маса имат голяма **сила/инертност**.
- Под действие на сила $F = 5 \text{ N}$ тяло с маса $m = 5 \text{ kg}$ се движи с ускорение $25 \text{ m/s}^2/1 \text{ m/s}^2$.
- Джаулът е единица **само за механична работа/за работа и енергия**.
- Механизъм, който за една минута извършва $12\,000 \text{ J}$ механична работа, има мощност $12 \text{ kW}/200 \text{ W}$.
- С хидравлична машина се печели **сила/енергия**.
- Съгласно закона на Архимед изтласкващата сила е равна на **обема/теглото** на изместената от тялото течност.

Често учениците формулират грешно закона на Архимед: *изтласкващата сила е равна на обема на изместената от тялото течност*. Използвайте подобни случаи, за да подчертаете още веднъж, че може да се сравняват само величини, които се измерват в едни и същи единици: сила със сила, обем с обем и т.н. Не може да сравняваме например сила 5 N с обем 5 m^3 .

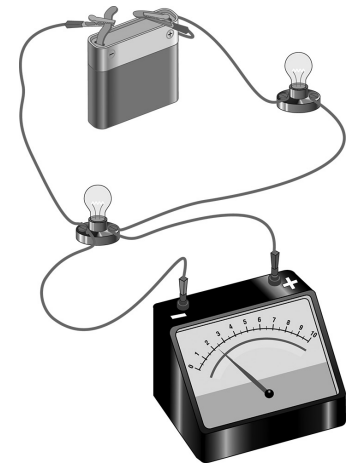
- Теплообмен с околната среда не се извършва при **изотермен/адиабатен** процес.
- Две тела са в топлинно равновесие едно с друго, ако имат еднаква **топлинна енергия/температура**.

- Ако увеличим 2 пъти напрежението върху проводник, за който е в сила законът на Ом, съпротивлението на проводника **ще нарасне 2 пъти/няма да се измени**.

Учениците често дават грешен отговор, като изхождат формално от формулата $R = U/I$. Те правят извода, че съпротивлението нараства заедно с напрежението (правопропорционално на напрежението), като забравят, че токът също нараства. Използвайте задачата и припомнете, че за определена група материали (омови проводници) отношението U/I е постоянно: когато напрежението U нарасне два пъти, токът I също нараства два пъти, а съпротивлението, което по определение е равно на отношението на тези две величини, остава постоянно:

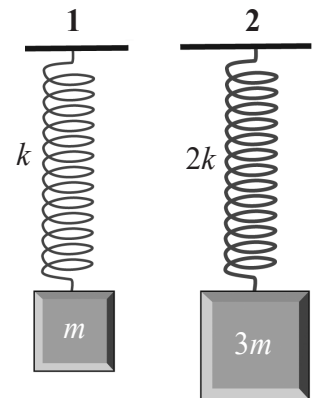
$$U/I = R = \text{const.}$$

Припомнете също, че не за всички елементи в електрическите вериги законът на Ом е в сила (диод, нажежаема жичка на лампа, чието съпротивление се променя, защото при по-силен ток жичката се нагрява до по-висока температура).



Фиг. 1

- Уредът на *фиг. 1* е **волтметър/амперметър**.
- Съпротивлението на цилиндричен проводник е **правопропорционално/обратнопропорционално** на напречното сечение на проводника.
- Еквивалентното съпротивление на два консуматора е по-малко, ако те са свързани **последователно/успоредно** в електрическата верига.
- Специфичното съпротивление на металите **нараства/намалява** при повишаване на температурата.
- Свърхпроводниците се характеризират с критична **температура/маса**.
- При осветяване съпротивлението на фоторезистор рязко **нараства/намалява**.
- Махало, което трепти с честота $\nu = 2 \text{ Hz}$, има период $T = \mathbf{0,5 \text{ s}/0,2 \text{ s}}$.
- Ако увеличим дължината на математично махало, неговият период на трептене **нараства/намалява**.
- От махалата на *фиг. 2* по-голяма честота на трептене има **махало 1/махало 2**.
- Механичните вълни пренасят **вещество и енергия/само енергия**.



Фиг. 2

Важно е да подчертаете и припомните, че вълните не пренасят вещество. Частиците на средата, в която се разпространява механичната вълна, само трептят около равновесните си положения – те не се движат заедно с вълната. Скоростта на вълната е скоростта, с която се пренася енергията (енергията се предава от частица на частица).

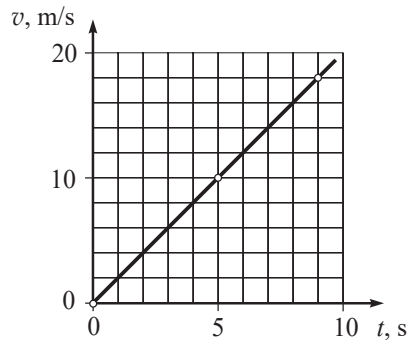
За пълнота ще отбележим, че в училище разглеждаме само **бягащи вълни**. Те се генерират от източник на вълни и се разпространяват в средата, като пренасят енергия. Има и **стоящи вълни**, които не пренасят енергия. Стоящи вълни се образуват например по опънат еластичен шнур (или струна) с два неподвижно закрепени края.

- Звуковите вълни във въздуха са **напречни/надлъжни** вълни.
- Механичните вълни с много голяма дължина на вълната са **ултразвук/инфразвук**.

Тест 1 (Начален преговор)

1. Графиката показва закона за скоростта на автомобил. Колко е ускорението на автомобила?

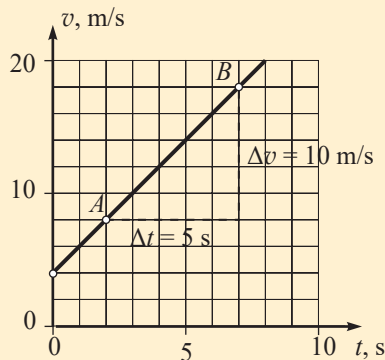
- а) нула
- б) 1 m/s^2
- в) 2 m/s^2
- г) 3 m/s^2



Графиката на закона за скоростта $v = at$ при равноускорително движение без начална скорост е права линия, която преминава през началото на координатната система. За да пресметнем ускорението, е достатъчно да определим координатите само на една точка от графиката. Например в момент $t = 5 \text{ s}$ скоростта е $v = 10 \text{ m/s}$. Ускорението е

$$a = (10 \text{ m/s}) / (5 \text{ s}) = 2 \text{ m/s}^2.$$

Предложете на учениците подобна задача при равноускорително движение с начална скорост (вж. фигурата). В този случай за определяне на ускорението са необходими две точки от графиката (например *A* и *B*).



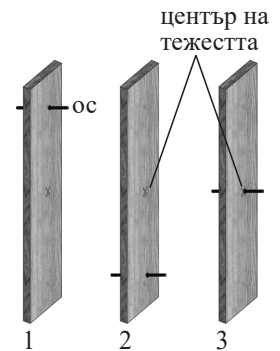
Ускорението е:

$$a = \Delta v / \Delta t = 2 \text{ m/s}^2.$$

Двете точки от правата линия се избират произволно, но е желателно те да са отдалечени една от друга. Тогава грешките при определянето на техните координати ще се отразят по-малко на точността, с която се пресмята ускорението. Когато графиката позволява, е удобно да се изберат точки, чиито координати лесно се определят с помощта на координатната мрежа.

4. Летвата от фигурата може да се върти около ос. В кой от показаните три случая летвата се намира в устойчиво равновесие?

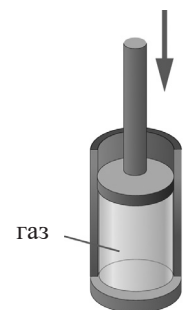
- а) 1
- б) 2
- в) 3
- г) и в трите случая



- 1 – устойчиво равновесие
- 2 – неустойчиво равновесие
- 3 – безразлично равновесие

8. Газът от фигурата се свива при постоянно налягане $p = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ и обемът му намалява с $\Delta V = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$. Колко е работата A на външните сили?

- а) 600 J
- б) -600 J
- в) 150 J
- г) -150 J



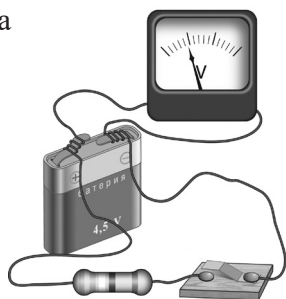
Тук е мястото да се припомни, че при свиване на газ (или на друго тяло) положителна работа извършват външните сили, а газът извършва равна по големина отрицателна работа. При разширение на газа е обратно: газът извършва положителна работа, а работата на външните сили е отрицателна.

9. При адиабатно разширение газовете:
- се нагряват
 - се охлаждат
 - не променят температурата си
 - в началото на процеса се нагряват, а в края се охлаждат

Използвайте задачата, за да преговорите кой процес е адиабатен: *процес, при който не се извършва топлообмен с околната среда*. Когато газът се разширява адиабатно, той извършва положителна работа за сметка на вътрешната си енергия, която намалява и газът се охлажда.

15. Съпротивлението на резистора от фигурата е равно на вътрешното съпротивление на батерията. Ако затворим веригата, напрежението, което измерва волтметърът:

- няма да се измени
- ще нарасне 2 пъти
- ще намалее 2 пъти
- ще стане нула



С тази задача преговаряме закона на Ом за цялата верига. Когато от източника не се черпи ток (отворена верига), волтметърът измерва електродвижещото напрежение ϵ на източника. В затворената верига тече ток I и в този случай напрежението между полюсите на източника е равно на напрежението $R I$ върху консуматора. Съгласно закона на Ом:

$$\epsilon = R I + r I,$$

където R и r са съответно съпротивлението на консуматора и вътрешното съпротивление на батерията. В нашия случай $R = r$ и напрежението, което измерва волтметърът, е:

$$U = R I = \epsilon / 2.$$

И така, когато от батерията се черпи ток, напрежението между нейните два полюса (в по-старите учебници се използва терминът *напрежение на клемите*) винаги е по-малко от ЕДН на източника. Когато $r \ll R$, тази разлика може да не се отчита. Тя става съществена, когато r и R са от един и същ порядък.

Попитайте какво ще покаже волтметърът при късо съединение (нула).

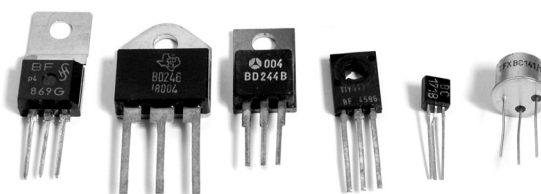
16. Изследвате неизвестен материал. Опитът показва, че неговото специфично съпротивление рязко намалява при нагряване или осветяване. Материалът най-вероятно е:

- полупроводник
- сплав
- чист метал
- диелектрик (изолатор)

Специфичното съпротивление на материалите зависи от два фактора: от концентрацията на токовите носители и от тяхната подвижност. Определящият фактор е концентрацията на токовите носители. Броят на токовите носители при металите (свободни електрони) е голям и слабо зависи от външни фактори (нагряване, осветяване). В диелектриците токови носители почти няма. Енергиите, необходими за създаване на такива, са твърде големи и затова съпротивлението на диелектриците слабо се променя при осветяване и нагряване.

Характерно за полупроводниците е силната зависимост на специфичното им съпротивление от температурата и осветлението. При повишаване на температурата (или при осветяване) възникват свободни електрони или дупки в резултат на йонизацията на примесите или при разкъсване на ковалентни връзки (Ge и Si). Така нараства концентрацията на токовите носители и намалява специфичното съпротивление.

17. По външния вид на полупроводниковите устройства от фигурата може да направим извода, че това са:



- термистори
- диоди
- светодиоди
- транзистори

Транзисторите са *триполюсници* – имат три извода (емитер, колектор и база при биполярните транзистори, които се изучават в училище). Дiodите, светодиодите и термисторите са *двуполусници* – имат само два извода.

Закон на Кулон

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

закон на Кулон

$k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$	константата в закона на Кулон
$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	елементарен електричен заряд

Подчертайте вярното.

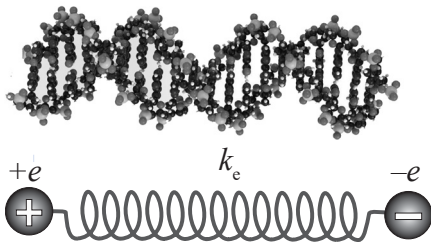
- Силата на взаимодействие между два точкови заряда нараства 4 пъти, ако разстоянието между зарядите се **намали 2 пъти/16 пъти**.
- Две малки топчета са наелектризирани с еднакви по големина и противоположни по знак електрични заряди. Ако част от заряда на едното топче премине върху другото топче, силата на привличане между топчетата ще **нарасне/намалее/няма да се измени**.
- Две малки топчета са наелектризирани с еднакви по големина едноименни електрични заряди. Ако част от заряда на едното топче премине върху другото топче, силата на отблъскване между топчетата ще **нарасне/намалее/няма да се измени**.

Кулоновата сила е правопрпорционална на произведението от двата заряда. Отначало произведението е q^2 . След прехвърляне на заряд Δq имаме:

$$(q - \Delta q)(q + \Delta q) = q^2 - (\Delta q)^2 < q^2.$$

Следователно силата намалява.

Задача 3. Електронеутрална молекула ДНК (рибонуклеинова киселина) има дължина $x_0 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. От единия край на молекулата се откъсва електрон, а към другия край се захваща електрон. Така двата края на молекулата се привличат с електрични сили и молекулата се свива: дължината ѝ намалява с $\Delta x = 0,01x_0$. Приемете, че молекулата е подобна на пружина (фиг. 2), за която е в сила законът на Хук $F = k_e \Delta x$, и определете нейния ефективен коефициент на еластичност k_e .



Фиг. 2

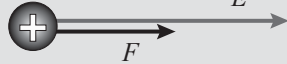
Задачата прави междупредметна връзка с биологията и илюстрира използването на прости физични модели в нестандартни ситуации. В случая моделът е зададен в условието на задачата: два елементарни заряда, свързани с идеална пружина – силата на еластичност уравнива електричната сила на отблъскване между зарядите. Тъй като моделът дава само една приблизителна оценка, численият резултат също е само груба оценка на свойствата на тази сложна молекула. Затова при прилагането на закона на Кулон може:

1. да отчетем намаляването на дължината на молекулата в резултат на деформацията (такова решение е дадено в тетрадката);
2. да пренебрегнем деформацията и да приемем, че разстоянието между двата заряда е x_0 .

Електрично поле

$$E = \frac{F}{q_0} \quad \text{интензитет на електричното поле}$$

пробен заряд q_0



$$F = qE \quad \text{електрична сила}$$

$$E = \frac{kq}{r^2} \quad \text{интензитет на електричното поле на точков заряд}$$

Подчертайте вярното.

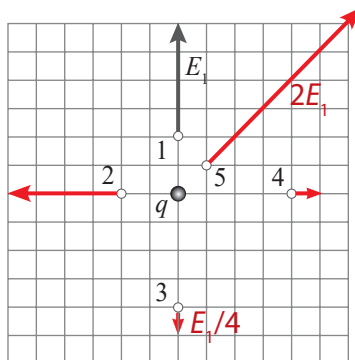
- Наличието на електрично поле се установява с **елементарен/пробен** заряд.
- Електричното поле на неподвижни заряди се нарича **постоянно/електростатично** поле.
- Силовите линии на електростатичното поле започват от **положителни/отрицателни** заряди.
- Силова линия на електростатично поле **може/не може** да е окръжност.
- Във всяка точка от електрично поле интензитетът е насочен **по допирателната/перпендикулярно** на силовата линия, преминаваща през тази точка.
- Точков заряд създава **еднородно/нееднородно** електрично поле.

Задача 4. На *фиг. 1* е показан интензитетът E на електростатично поле в точка 1. Полето се създава от точковия заряд q .

а) Какъв е знакът на заряда q ?

положителен

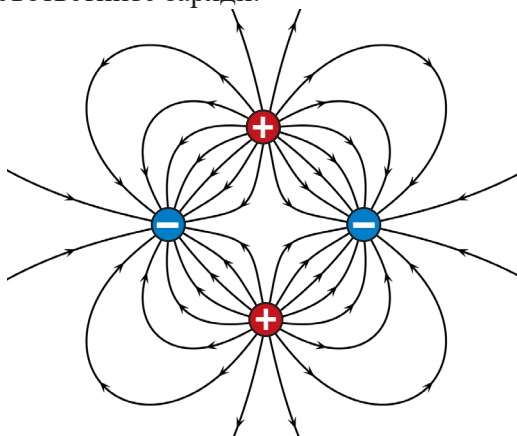
б) Представете графично върху схемата от *фиг. 1* интензитета на електростатичното поле в точките 2, 3, 4 и 5.



Фиг. 1

Задача 5. На *фиг. 2* са показани силовите линии на електростатичното поле, създадено от система от четири точкови заряда, означени с кръгчета.

а) В кръгчетата отбележете с „+“ или „-“ знаците на съответните заряди.



Фиг. 2

б) Сравнете големините на зарядите. Аргументирайте отговора си.

Зарядите имат еднакви големина, защото от всеки заряд започват (или завършват) еднакъв брой силови линии (по 16).

в) Проучете как се нарича такава система от електрични заряди.

Нарича се електричен **квадрупол**. Това е физичен модел, който се използва например в ядрената физика и във физиката на диелектриците.

Задача 8. Земната повърхност е наелектризирана с отрицателен заряд и създава електрично поле с интензитет $E = 130 \text{ N/C}$, което е насочено вертикално надолу и на малки височини се приема за еднородно. Наелектризирана малка капка масло се намира в равновесие във въздуха. Земното ускорение е $g = 10 \text{ m/s}^2$.

а) Направете чертеж, на който представете геометрично три силови линии на електричното поле и силите, действащи на капката. Какъв е знакът на заряда на капката?

б) Пресметнете отношението q/m на големината на заряда q на капката и нейната маса m .

Отношението q/m се нарича *специфичен заряд*. Специфичният заряд е важна характеристика за електрона, протона и други частици. В някои от задачите в тетрадката е даден или се търси специфичният заряд. Така се облекчават числените пресмятания. Може да предложите на учениците подобни задачи, в които е даден зарядът, а се търси масата или обратно.

Задача 10. Хелият в атмосферата на най-горещите звезди е еднократно йонизиран (He^+). Приемете, че единственият електрон на този йон е разположен върху сфера с радиус $r = 2,6 \cdot 10^{-11} \text{ m}$, в центъра на която се намира хелиевото ядро.

а) Пресметнете интензитета E на електричното поле, което хелиевото ядро (точков заряд $+2e$) създава в точка от повърхността на тази сфера. Направете чертеж.

б) Определете големината на електричната сила F , с която ядрото действа на електрона на хелиевия йон.

Енергията на първата йонизация на хелия е $24,6 \text{ eV}$. Тя се извършва при температури от 6000 K до $24\,000 \text{ K}$. С тази задача правим:

1. вътрешнопредметна връзка с астрономията;
2. оценка на електричните полета близо до атомните ядра (силни полета).

Освен това задачата дава възможност да се приложат два подхода при определяне на силата на взаимодействие между два точкови заряда:

1. единият заряд създава поле E (в случая хелиевото ядро). На другия заряд (електрон), който се намира в това поле, действа електрична сила $F = eE$;
2. двата точкови заряда взаимодействат със сили, чиято големина се определя по закона на Кулон.

В рамките на електростатиката двата подхода са еквивалентни.

Коментар. При прилагането на закона на Кулон и при определянето на интензитета на електричното поле на точков заряд може да възникне следният въпрос: от формулите (закон за обратните квадрати) следва, че когато разстоянието клони към нула, силата (полето) става безкрайно голяма. Така ли е в действителност? Отговорът е НЕ. Точковият заряд е само един физичен модел. Той има ограничена област на приложимост. Едно от ограниченията е, че този модел не може да се прилага за точката, в която се намира самият заряд. Например, ако се интересуваме какво е електричното поле в заредено тяло и в близката му околност, ние не може да разглеждаме тялото като единичен точков заряд. Трябва мислено да разделим тялото на много голям брой елементи, които да приемем за точкови заряди.

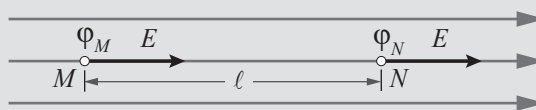
Потенциал на електростатичното поле

$$\varphi = \frac{W}{q_0} \quad \text{потенциал}$$

$$W = q\varphi \quad \text{електрична потенциална енергия}$$

$$U = \varphi_M - \varphi_N \quad \text{електрично напрежение}$$

$$U = \varphi_M - \varphi_N = E\ell \quad \text{връзка между интензитет и напрежение за еднородно поле}$$



Подчертайте вярното.

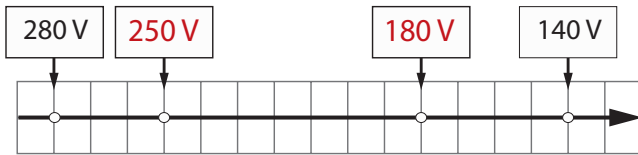
- Потенциалът е **енергетична/силва** характеристика на електростатичното поле.
- Интензитетът е **енергетична/силва** характеристика на електричното поле.
- Потенциалът във всички точки от една силова линия на еднородно електростатично поле е **еднакъв/различен**.
- Интензитетът във всички точки от една силова линия на еднородно електростатично поле е **еднакъв/различен**.

Когато полето е еднородно, интензитетът му е еднакъв навсякъде, включително и в точките, лежащи на една и съща силова линия. При нееднородните полета това не е така. Например, когато полето се създава от точков заряд, интензитетът му върху дадена силова линия намалява, когато се отдалечаваме от заряда. За големината на интензитета съдим по гъстотата на силовите линии: областите, където силовите линии са по-близо една до друга, полето е по-силно.

За всички полета потенциалът намалява, когато се движим по посока на силова линия. Ученикът може да съобрази това по следния начин: ако движим положителен заряд по посока на силовата линия, електричните сили извършват положителна работа за сметка на електричната потенциална енергия на заряда. Следователно потенциалната енергия на положителния заряд намалява, което означава, че намалява и потенциалът на полето.

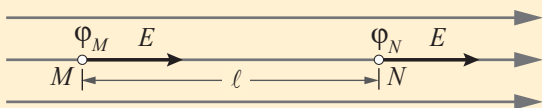
- Когато положителен заряд се движи по посока на силова линия на еднородно електростатично поле, електричната потенциална енергия на заряда **нараства/намалява**.
- Потенциалната разлика между две точки от електростатично поле се нарича **напрежение/интензитет**.
- Ако в точка с положителен потенциал ($\varphi > 0$) поставим отрицателен заряд ($q < 0$), неговата електрична потенциална енергия W е **положителна/отрицателна**.
- Напрежението между две точки с потенциали $\varphi_M = 50 \text{ V}$ и $\varphi_N = -30 \text{ V}$ е **20 V/80 V**.
- Напрежението между две точки с потенциали $\varphi_M = -50 \text{ V}$ и $\varphi_N = -80 \text{ V}$ е **30 V/130 V**.

Задача 16. На *фиг. 3* са показани четири точки, които лежат на една и съща силова линия на еднородно електростатично поле. Потенциалите на две от тях са 280 V и 140 V. Определете потенциалите на другите две точки и ги запишете на отбелязаните на схемата места.



Фиг. 3

Напрежението между две точки, лежащи на една силова линия на еднородно електростатично поле, е (вж. фигурата):



$$U = \varphi_M - \varphi_N = E\ell \text{ или } \varphi_N = \varphi_M - E\ell,$$

т.е. потенциалът линейно намалява по дължината на силовата линия ($E = \text{const}$).

Разстоянието между двете крайни точки на *фиг. 3* е 14 квадратчета от мрежата. Изменението на потенциала е 140 V. Следователно след всяко квадратче потенциалът намалява с 10 V. Тогава търсените два потенциала са:
 $280 \text{ V} - 3 \cdot 10 \text{ V} = 250 \text{ V};$
 $280 \text{ V} - 10 \cdot 10 \text{ V} = 180 \text{ V}.$

Задача 17. При буря между облак и земната повърхност прескача мълния и се отделя електрична енергия $\Delta W = qU$, където U е напрежението между облака и земната повърхност, а q е електричният заряд, който пренася мълнията.

а) Пресметнете ΔW , ако $U = 1 \cdot 10^8 \text{ V}$ и $q = 50 \text{ C}$.

б) Ако можем да използваме изцяло енергията, отделена от всички мълнии, направете оценка каква част от нуждите на човечеството от електроенергия щяхме да задоволим. За една година на Земята се наблюдават около $1,4 \cdot 10^9$ мълнии. Годишното потребление на електроенергия в света е около $7 \cdot 10^{19} \text{ J}$.

в) Проучете какви са трудностите за използване дори на малка част от енергията на мълниите.

Първите опити за преобразуване на енергията на мълния в годна за употреба в бита електроенергия са проведени от американската компания Alternative Energy Holdings през 2006 г. без съществен успех и проектът е закрит. През 2013 г. учени от университета в Саутхамптън (Англия) създават изкуствен електричен разряд, съвпадащ по параметри с мълния, и успяват с него да заредят батерия на смартфон. Опитите за използване на мълниите като алтернативен чист източник на електроенергия засега не бележат съществен напредък, но учени и изобретатели продължават да мечтаят за създаване на „ферми за мълнии“.

Проводник в електростатичното поле

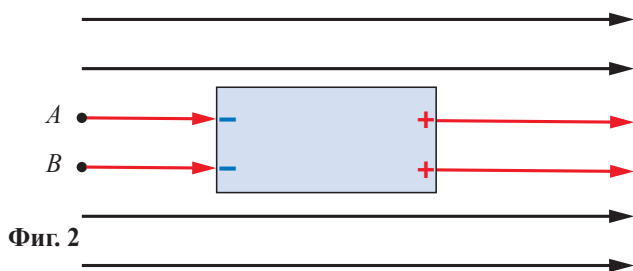
Подчертайте вярното.

- Преразпределението на свободните електрони върху повърхността на проводниците под действие на външно електрично поле са нарича **наелектризиране/електростатична индукция**.
- Интензитетът на електричното поле във всички точки вътре в обема на проводник е **нула/равен на интензитета на полето извън проводника**.
- Некомпенсирани електрични заряди се разпределят **равномерно в целия обем на проводника/само върху повърхността на проводника**.
- Силовите линии на електростатичното поле на зареден проводник са **успоредни/перпендикулярни** на повърхността на проводника.
- Най-много некомпенсирани заряди се натрупват във **вдлъбнатите/изпъкналите** части на проводника.
- Ако потенциалът на точка от повърхността на метално кълбо е нула, потенциалът в центъра на кълбото е **отрицателен/нула**.

При електростатично равновесие потенциалът на всички точки от обема и от повърхността на проводник е еднакъв. Ако между две точки от проводника има потенциална разлика, това би довело до пренасяне на положителен заряд от точката с по-висок потенциал към точката с по-нисък потенциал или на отрицателни заряди в обратната посока. Преразпределението на зарядите в обема и на повърхността на проводника се прекратява (настъпва електростатично равновесие), когато се изравнят потенциалите на всички точки от проводника.

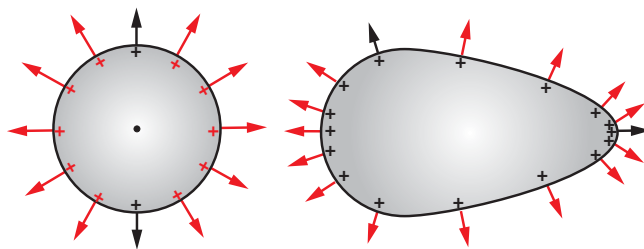
- За да защитите помещение от външни електрични полета, трябва да облепите стените му с **метално/пластмасово** фолио.
- Чрез заземяване може да предпазим от наелектризиране тяло, което е добър **проводник/изолатор**.

Задача 19. Електронеутрална метална пластинка е внесена в еднородно електростатично поле. Довършете схемата от *фиг. 2*, като начертаете силовите линии, които преминават през точките *A* и *B*, и означите със знаците „+“ и „-“ индуцираните върху пластинката електрични заряди.



Когато проводник се внесе в електростатично поле, върху повърхността му се индуцират електрични заряди. Индуцираният заряд се разпределя по такъв начин, че създаденото от него електростатично поле вътре в проводника напълно да компенсира външното поле. Затова общото поле в обема на проводника е нула.

Задача 20. На *фиг. 3* са показани два метални проводника, заредени с положителен заряд. Довършете схемата, като начертаете още силови линии (поне още 14 за всеки от проводниците). От схемата да се вижда и как се разпределя некомпенсираният електричен заряд (равномерно по цялата повърхност на проводника или неравномерно). Отчетете симетрията на телата.



Фиг. 3

Кондензатори

$$C = \frac{q}{U} = \text{const}$$

капацитет на кондензатор

Подчертайте вярното.

- Два електрода на кондензатора се зареждат с равни по големина **едноименни/разноименни** електрични заряди.
- Капацитетът C на кондензатор е **обратнопропорционален на/не зависи от** напрежението U върху кондензатора.
- Ако зарядът q на кондензатор нарасне два пъти, капацитетът C на кондензатора **нараства 2 пъти/не се променя**.

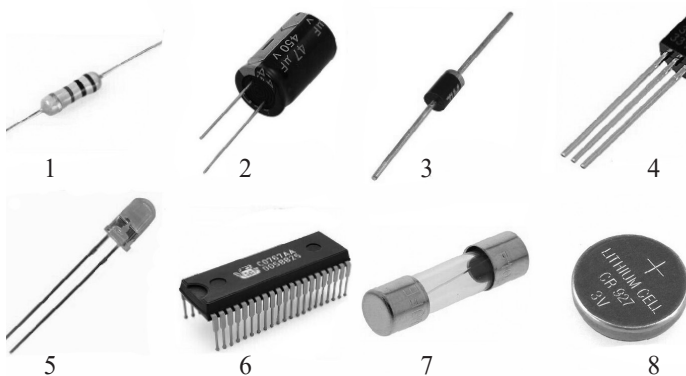
В училище изучаваме *постоянните кондензатори*. Техният капацитет се определя от размерите, формата и разположението на електродите и от вида на диелектрика между тях. Капацитетът не зависи от заряда и напрежението на кондензатора. *Вариконд* се нарича кондензатор, чийто капацитет зависи от напрежението. При варикондите за диелектрик се използва сегнетоелектричен материал, чиито свойства (диелектрична проникваемост) се променят в зависимост от приложеното напрежение.

- Когато между електродите на кондензатор се постави диелектрик, капацитетът на кондензатора **нараства/намалява/не се изменя**.
- Суперкондензаторите имат **много голям капацитет/свръхвисоко работно напрежение**.

Един от недостатъците на суперкондензаторите (наричат ги още *ултракондензатори*) е, че имат ниско работно напрежение (около 2 – 4 V). За да се получи по-високо работно напрежение, се използват батерии от суперкондензатори).

Задача 23. На *фиг. 2* са показани различни електронни компоненти. Разпознайте ги. Списъкът ще ви помогне.

Списък: транзистор, диод, светодиод, батерия, интегрална схема, резистор, предпазител (бушон), кондензатор



- 1 – резистор
- 2 – кондензатор
- 3 – диод
- 4 – транзистор
- 5 – светодиод
- 6 – интегрална схема
- 7 – предпазител
- 8 – батерия

Фиг. 2

Тест 2 (Електромагнитни явления – електрично поле)

2. Два точкови заряда, които се намират на разстояние 8 cm един от друг, взаимодействат с електрични сили, чиято големина е 1 mN. Колко ще стане големината на силите на взаимодействие, ако поставим зарядите на разстоянието 2 cm един от друг?

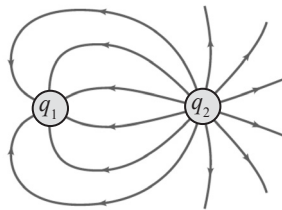
- а) 1 mN
- б) 2 mN
- в) 8 mN
- г) 16 mN

Подобни задачи може да се решават „на пръсти“, без да се записват формули. Кулоновата сила зависи обратнопропорционално на квадрата на разстоянието между зарядите (закон за обратните квадрати).

В случая разстоянието намалява 4 пъти. Силата нараства $4^2 = 16$ пъти: от 1 mN тя става 16 mN.

5. Отношението q_2/q_1 на големините на двата точкови заряда от схемата е:

- а) 4
- б) 2
- в) 1/3
- г) 1/2



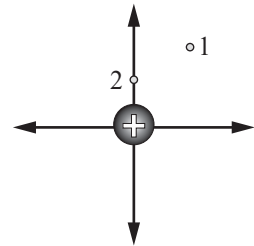
От заряда q_2 започват 12 силови линии, а само 6 от тях завършват в заряда q_1 . Следователно:

$$q_2/q_1 = 12/6 = 2.$$

Припомнете, че силовите линии на електростатичното поле започват от положителните заряди, завършват в отрицателните или се отдалечават на безкрайност. Те не може да прекъсват в точки, в които няма електрични заряди. На схемата е дадена само част от силовите линии, които започват от по-големия заряд и не свършват в по-малкия заряд. Тези линии може да се продължат.

6. На фигурата са показани силови линии на електростатичното поле на точков заряд. Кое твърдение за интензитета на полето E_1 в точка 1 и интензитета на полето E_2 в точка 2 е вярно?

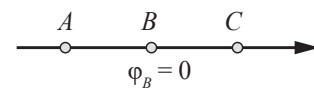
- а) $E_2 > E_1 > 0$, защото само точка 2 лежи на силова линия.
- б) $E_1 = 0$, защото точка 1 не лежи върху силова линия.
- в) $E_1 = E_2$, защото полето е еднородно.
- г) $E_2 > E_1$, защото точка 2 е по-близо до точковия заряд.



Чрез силовите линии правим модел на полето. В случая на схемата са дадени само четири силови линии. Може да допълним схемата с още силови линии. Може да начертаям и силова линия, преминаваща през точка 1. Важното в случая е, че полето се създава от точков заряд. Интензитетът на това поле намалява при отдалечаване от заряда ($E = kq/r^2$). Няма значение дали интересуващата ни точка лежи или не лежи върху някоя от начертаните на схемата силови линии.

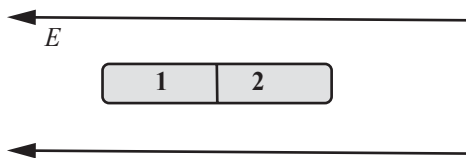
8. На фигурата са показани три точки, които лежат на една и съща силова линия на еднородно електростатично поле. Потенциалът на точка B е $\varphi_B = 0$. За потенциалите на другите две точки е вярно, че:

- а) $\varphi_A = \varphi_C = 0$
- б) $\varphi_A > 0, \varphi_C < 0$
- в) $\varphi_A < 0, \varphi_C > 0$
- г) $\varphi_A > 0, \varphi_C = 0$



Трябва да се помни, че потенциалът се определя с точност до константа, т.е. ние може сами да изберем точката, в която да приемем потенциала за нула. В случая това е точка B. Потенциалът винаги намалява по посока на силовата линия. Затова точките, които са отляво на точка B, имат отрицателен (по-малък) потенциал, а онези, които са отляво на точка B – по-голям (положителен) потенциал от $\varphi_B = 0$.

11. Незаредено метално тяло е внесено в еднородно електрично поле и след това е разделено на две части (вж. фигурата). Какви са електричните заряди на двете части след разделянето?



- а) 1 – положителен; 2 – остава незаредена
- б) 1 – положителен; 2 – отрицателен
- в) 1 – отрицателен; 2 – положителен
- г) 1 – отрицателен; 2 – остава незаредена

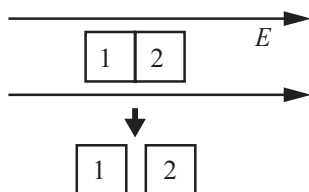
Наблюдава се електростатична индукция. Може да разсъждаваме по два начина:

1. Приемаме, че в обема на проводника свободно се движат както положителните, така и отрицателните заряди, без да напускат повърхността на проводника. Под действие на електричните сили на полето положителни заряди преминават върху предната повърхност на първото тяло, а електричните сили изтласкват отрицателни заряди върху задната повърхност на второто тяло. След разделянето двете тела остават заредени.

2. Може да се движат само свободните електрони. Под действие на електричните сили част от свободните електрони преминават върху задната повърхност на второто тяло, а на предната повърхност на първото тяло остава некомпенсиран положителен заряд. След разделянето двете тела остават заредени.

Електростатиката не се интересува от атомо-молекулния строеж на веществото. Затова в рамките на електростатиката може да се използват и двата подхода.

18. Допират две незаредени стъклени кубчета едно до друго и ги внасят в еднородно електростатично поле (вж. фигурата). След това разделят кубчетата и изключват полето (долната част на фигурата). Кое твърдение за зарядите на разделените кубчета е вярно?



- а) 1 има положителен заряд; 2 има отрицателен заряд.
- б) 1 има отрицателен заряд; 2 има положителен заряд.
- в) Двете кубчета имат едноименни заряди.
- г) Кубчетата не са заредени.

Задачи 11 и 18 дават възможност да се направи важно разграничение между поведението на проводници (метали) и диелектрици в електрично поле. В диелектриците няма свободни заряди. В електрично поле те се поляризират: върху двете срещуположни стени на кубчетата възникват индуцирани електрични заряди, но това не са свободни заряди, а са части от електрични диполи, т.е. при поляризацията няма пренасяне на заряд от едното кубче към другото. След като се разделят, кубчетата остават поляризирани, но не са заредени. При изнасянето им от полето поляризацията изчезва (стъклото не е сегнетоелектрик).

19. Пластинка от диелектрик е поставена в еднородно електростатично поле с интензитет E_0 . Колко е интензитетът E на полето вътре в диелектрика?

- а) $E > E_0$
- б) $E = E_0$
- в) $0 < E < E_0$
- г) $E = 0$

С тази задача обръщаме внимание на друга важна разлика между проводниците и диелектриците: когато проводник се постави в електростатично поле, полето в обема на проводника е нула. Полето в диелектрика е по-слабо от външното поле, но не е нула.

Коментар. Отношението на интензитета на външното еднородно електростатично поле E_0 към полето E в диелектрика

$$E_0/E = \epsilon$$

се нарича *диелектрична проникваемост* на диелектрика (основна характеристика на диелектриците, която не влиза в актуалните учебни програми по физика).

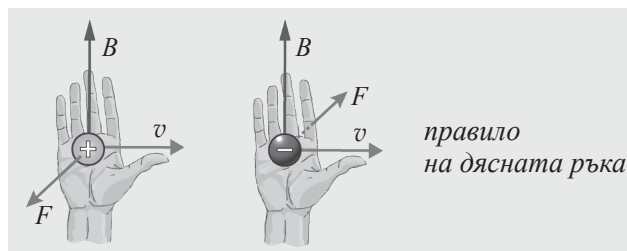
Магнитно поле

$$B = \frac{F_{\max}}{q_0 v}$$

магнитна индукция

$$F_{\max} = qvB$$

магнитна сила



Подчертайте вярното.

- На заредена частица, намираща се в магнитно поле, действа магнитна сила **само ако частицата се движи**/дори когато частицата е неподвижна.
- Магнитната индукция е характеристика на магнитното поле, която е подобна на **интензитета**/потенциала на електростатичното поле.

Електричното и магнитното поле са векторни полета, чиито основни характеристики са интензитетът E на електричното поле и индукцията B на магнитното поле. Само електростатичното поле се характеризира с потенциал (скаларна величина).

Коментар. Между интензитет и потенциал има връзка, която в училище изучаваме в най-простия частен случай: потенциалната разлика (напрежението) между две точки, които лежат на една и съща силова линия на еднородно електростатично поле, е равна на произведението от интензитета на полето и разстоянието между двете точки: $U = \varphi_M - \varphi_N = E\ell$. В общия случай връзката интензитет – потенциал се изразява с формула от висшата математика. (Интензитетът е равен на взетия с обратен знак градиент на потенциала, т.е. интензитетът е насочен в посоката, в която потенциалът намалява най-бързо, а големината му е равна на изменението на потенциала на единица дължина в тази посока.) Магнитното поле може да се характеризира с величината *векторен потенциал*, която е свързана с магнитната индукция (тази тема е далеч извън училищния курс по физика).

- На заредена частица не действа магнитна сила, когато частицата се движи **успoredно**/перпендикулярно на индукционните линии на еднородно магнитно поле.
- Единицата за магнитна индукция е **фарад/тесла**.

Задача 27. Колко пъти магнитната сила, действаща на протон, движещ се със скорост $v = 6.10^6$ m/s перпендикулярно на индукционните линии на земното магнитно поле ($B = 5.10^{-5}$ T), е по-голяма от силата на тежестта? Отношението на заряда към масата на протона е $e/m = 9,6.10^7$ C/kg.

Обърнете внимание на числения резултат от задачата – магнитната сила, която действа на протона, е около три милиарда пъти по-голяма от силата на тежестта. Следователно, когато разглеждаме движението на електрони или протони в електрични или в магнитни полета, не отчитаме силата на тежестта – тя е пренебрежимо малка в сравнение с електричните и магнитните сили. (Учениците при решаване на

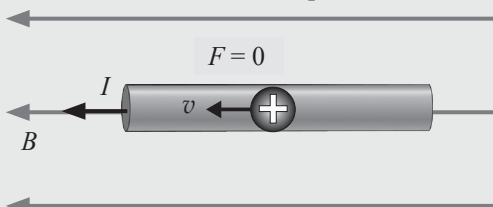
подобни задачи често питат дали трябва да отчитат силата на тежестта.)

По-нататък подобни числени оценки може да използвате като аргумент колко важно е магнитното поле на Земята за радиационната защита на нашата планета от потоците заредени частици, идващи от Слънцето и от Космоса.

Проводник с ток в магнитно поле

$$F_{\max} = BIl \quad \text{закон на Ампер}$$

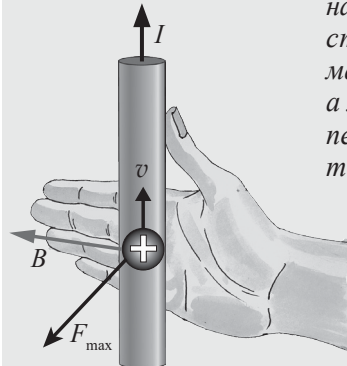
Силата, която действа на праволинеен проводник с ток, поставен перпендикулярно на индукционните линии на еднородно магнитно поле, е равна на произведението от магнитната индукция B , тока I и дължината ℓ на проводника.



B в зависимост от ориентацията на проводника магнитната сила се променя от $F = 0$ до F_{\max} .

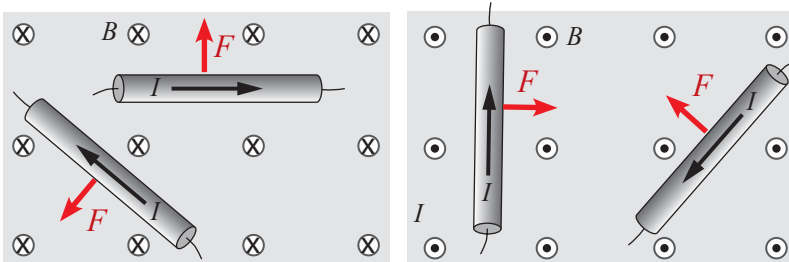
Правило на дясната ръка

Палецът сочи посоката на тока I (посоката на движение на положителни заряди при протичане на ток), изпънатите пръсти сочат посоката на магнитната индукция B , а магнитната сила F_{\max} е перпендикулярна на дланта и излиза от нея.



Задача 28. Проводници с ток са поставени в еднородно магнитно поле (фиг. 1). Знакът \otimes показва, че индукцията B на полето е насочена към чертежа, перпендикулярно на неговата равнина, а знакът \odot показва, че полето е насочено към вас, перпендикулярно на равнината на чертежа.

Представете с насочени отсечки върху схемата магнитните сили, действащи на проводниците.



Фиг. 1

Ще обърнем внимание, че прилагаме правилото на дясната ръка само за частния случай, когато праволинейният проводник е разположен перпендикулярно на индукционните линии на еднородно магнитно поле. Тогава магнитната сила е максимална. По-общият случай, когато ъгълът между проводника и индукционните линии не е 90° , е извън учебната програма.

Задача 29. Определете големината на магнитната сила, която действа на праволинеен участък от проводник с дължина $\ell = 2$ cm, поставен перпендикулярно на индукционните линии на еднородно магнитно поле с индукция $B = 0,4$ T, ако по проводника тече ток:

- а) $I = 200$ mA; б) $I = 1,2$ kA.

Решение

а) Дадено: $\ell = 2$ cm = 0,02 m; $B = 0,4$ T;
 $I = 200$ mA = 0,2 A.

Търси се: $F = ?$

$$F = BIl = (0,4 \text{ T})(0,2 \text{ A})(0,02 \text{ m}) \\ = 0,0016 \text{ N} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ N}.$$

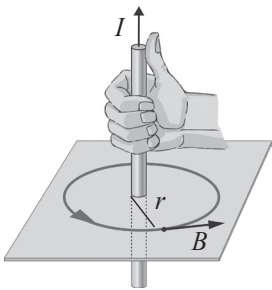
Коментар. Подобен запис на решението с дадено и търси се е препоръчителен и за големите ученици (10. клас). Той дава възможност в компактен вид да се представят известните от условието на задачата величини. Освен това е много важно всички стойности на величините да се преобразуват в основните единици. Това винаги трябва да се напомня на учениците и многократно да се упражнява.

Магнитно поле на електричен ток

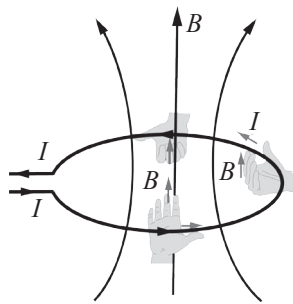
$$B \propto \frac{I}{r}$$

Индукцията B на магнитното поле на тока по дълъг праволинеен проводник е правопрпорционална на тока I и обратнопрпорционална на разстоянието r до проводника.

Прилагане на правилото на дясната ръка за определяне на посоката на магнитното поле на тока

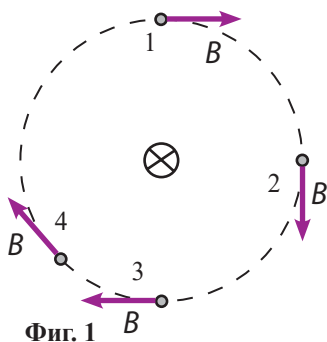


Дълъг праволинеен проводник



Кръгов проводник

Задача 32. По дълъг праволинеен проводник тече ток. Знакът \otimes на *фиг. 1* показва, че проводникът е перпендикулярен на равнината на чертежа, а токът и е насочен от вас към чертежа. Представете с насочени отсечки посоката на магнитната индукция на полето на тока в точките 1, 2, 3 и 4.

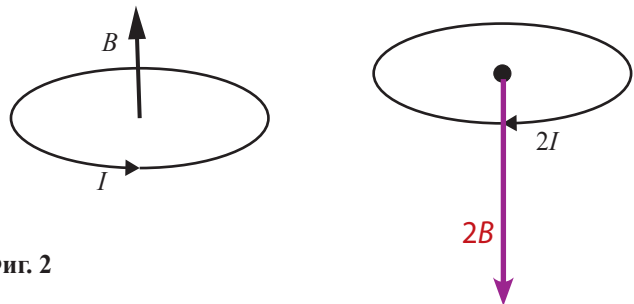


Фиг. 1

Магнитната индукция B е насочена по допирателната към окръжността (индукционната линия). Посоката се определя по правилото на дясната ръка.

$B \propto \frac{I}{r}$. Всички точки от окръжността са на еднакво разстояние r от проводника и индукцията B има еднаква големина във всяка от тях.

Задача 33. На *фиг. 2* са показани два еднакви кръгови проводника, по които текат различни токове. Представете с насочена отсечка индукцията на магнитното поле в центъра на втория проводник.



Фиг. 2

1. Когато токът промени посоката си, магнитната индукция на неговото поле също променя посоката си на противоположната (във всички точки на пространството).
2. Индукцията на магнитното поле (във всички точки) винаги е правопрпорционална на големината на тока. В случая токът нараства два пъти. Индукцията B също нараства два пъти

Задача 35. Шест йона с еднакъв положителен заряд q се намират в магнитното поле на дълъг праволинеен проводник с ток I . В даден момент йоните се движат с еднаква по големина скорост v в равнината на чертежа от *фиг. 4*, в която лежи и проводникът. Магнитната сила F , действаща на един от йоните, е показана на фигурата. Представете на чертежа графично големините и посоките на магнитните сили, действащи на останалите йони.

$F = qvB$ и $B \propto \frac{I}{r}$. Следователно $F \propto \frac{1}{r}$. Да означим с a дължината на една клетка от мрежата. На йоните, намиращи се на разстояние $r = 6a$ от проводника, действа сила F . На йоните, намиращи се на два пъти по-малко разстояние ($r = 3a$) от проводника, действа два пъти по-голяма сила ($2F$).

Движение на заредени частици в електростатично поле

$$E_{kM} + q\phi_M = E_{kN} + q\phi_N$$

$$q\phi_M - q\phi_N = qU = E_{kN} - E_{kM}$$

$$\frac{mv^2}{2} + q\phi = \text{const}$$

запазване на енергията на заредена частица при движение в електростатично поле

Един **електронволт** (1 eV) е кинетичната енергия, която получава електрон (или друга частица с елементарен заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$), когато се ускорява от напрежение $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$:

$$1 \text{ eV} = (1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C})(1 \text{ J/C}) = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Попълнете пропуснатите числа.

$$25 \text{ meV} = \mathbf{0,025} \text{ eV} \quad 2,5 \cdot 10^9 \text{ eV} = \mathbf{2,5} \text{ GeV}$$

$$29 \text{ MeV} = \mathbf{2,9 \cdot 10^7} \text{ eV} \quad 1,4 \cdot 10^{13} \text{ eV} = \mathbf{14} \text{ TeV}$$

$$28 \text{ TeV} = \mathbf{2,8 \cdot 10^{13}} \text{ eV} \quad 870 \text{ MeV} = \mathbf{0,87} \text{ GeV}$$

$$3,2 \cdot 10^{-18} \text{ J} = \mathbf{20} \text{ eV} \quad 1 \text{ TeV} = \mathbf{1,6 \cdot 10^{-7}} \text{ J}$$

Задача 36. В даден момент електрон се движи по посока на силовите линии на еднородно електростатично поле. Опишете движението на електрона от този момент нататък. Как се изменят кинетичната енергия и електричната потенциална енергия на електрона?

Използвайте думите: *равноускорително, равнозакъснително, нараства, намалява.*

На електрона действа постоянна сила, насочена в противоположна на движението посока. Електронът се движи равнозакъснително и кинетичната му енергия намалява. В даден момент скоростта на електрона става нула, след което той започва да се движи равноускорително в противоположната посока и кинетичната му енергия започва да нараства.

Задача 40. *Пелетронът* е линеен ускорител на заредени частици. Ускоряваните частици преминават по права линия през силно електростатично поле. Едно от приложенията на пелетрона е в полупроводниковите технологии. Таблицата показва какви йони с каква кинетична енергия са необходими за легиране на полупроводников материал и изготвяне на различни елементи с *p-n*-преходи. Попълнете последната колона от таблицата: колко е ускоряващото напрежение на ускорителя (в MV), при което се достига необходимата енергия на съответните йони.

Йони	Кинетична енергия	Ускоряващо напрежение
Li ³⁺	48 MeV	16 MV
O ⁷⁺	95 MeV	13,6 MV
F ⁸⁺	100 MeV	12,5 MV
Ni ¹³⁺	175 MeV	13,5 MV

Лесно се помни! Когато зарядът на частицата е равен на елементарния заряд e , тогава числената стойност на нейната кинетична енергия (в електронволтове) е равна на числената стойност на ускоряващото напрежение (във волтове): например, когато протон се ускорява от напрежение 100 V , той получава кинетична енергия 100 eV .

Когато частицата има заряд ne , тя получава n пъти по-голяма кинетична енергия.

Движение на заредени частици в магнитно поле

- Равномерно движение на заредена частица по окръжност е възможно в еднородно **магнитно/електростатично** поле.
- Магнитното поле може да промени само **големината на скоростта/посоката на движение** на заредените частици.

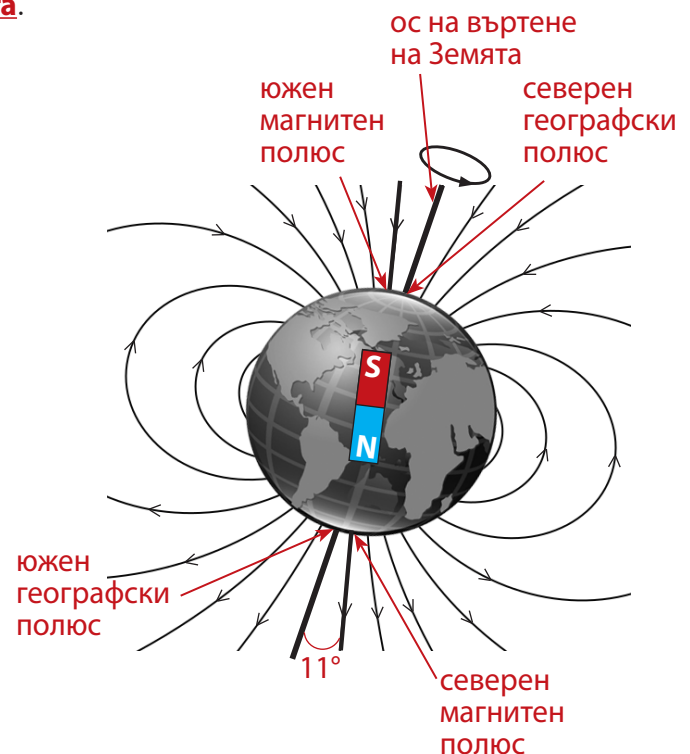
Магнитната сила винаги е насочена перпендикулярно на посоката на движение (на преместването) на заредената частица. Затова тя не извършва работа и не променя кинетичната енергия и големината на скоростта на частицата. Магнитните сили променят посоката на движение на заредените частици и те описват криволинейни траектории (в частен случай се движат по окръжност).

- Заредена частица може да се движи равноускорително в еднородно **магнитно/електростатично** поле.
- Ускорителите увеличават кинетичната енергия **само на заредени частици/на всички частици, които имат маса.**
- Протони и йони увеличават кинетичната си енергия в циклотрон, когато преминават през **електрично/магнитно** поле.
- Магнитното поле на Земята се създава от **голям постоянен магнит от желязна руда/кръгови токове в течното ядро на Земята.**
- Слънчевият вятър е поток от **хелиеви атоми/заредени частици.**
- При северните сияния светлината се излъчва **директно от космическите лъчи/от молекулите на въздуха.**
- Траекторията на идващите от Слънцето частици се променя главно от **земната гравитация/магнитното поле на Земята.**

Задача 41. На *фиг. 1* е представено магнитното поле на Земята. Довършете схемата, като поставите стрелки върху индукционните линии, показващи посоката на магнитната индукция. На подходящи места поставете надписи:

ос на въртене на Земята, северен географски полюс, северен магнитен полюс, южен географски полюс, южен магнитен полюс, 11° .

Земното магнитно поле е подобно на полето на прав магнит (магнитен дипол), разположен в центъра на Земята. От гледна точка на физиката магнитните полюси са разположени, както е показано на *фиг. 1*: северният полюс (N) на компаса се привлича и сочи към южния магнитен полюс. В географията обаче се използва друго определение: северният полюс на магнитната стрелка на компаса сочи към Северния магнитен полюс, т.е. Северният магнитен полюс е в Арктика, близо до Северния географски полюс.



Фиг. 1

Променлив ток

$$\nu = \frac{1}{T} \quad \text{връзка между период и честота}$$

$$I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} \approx 0,7I_{\max} \quad \text{връзка между ефективните и максималните стойности}$$

$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} \approx 0,7U_{\max} \quad \text{на променливите токове и напрежение}$$

За ефективните стойности на променливите токове през консуматор със съпротивление R (без кондензатори и намотки) са в сила същите закономерности както при постоянните токове:

$$U = RI$$

$$P = UI = U^2/R = I^2R; \quad Q = I^2Rt.$$

Със знака \checkmark означете верните твърдения, а със знака \times – неверните.

- Батериите и акумулаторите са източници на постоянен ток.
- Източници на променлив ток са някои електрически генератори.
- Честотата на променливия ток в електрическата мрежа в България е 60 Hz.
- Амплитудата на напрежението в електрическата мрежа е около 220 V.
- С мултицет измерваме ефективните стойности на тока и напрежението.
- Амперметърът за променлив ток се включва успоредно на консуматора.
- В генераторите на променлив ток се използва явлението електростатична индукция.
- Ако два променливи тока имат еднаква честота, те имат еднаква амплитуда.
- Ако два променливи тока имат еднаква честота, те имат еднакъв период.

Задача 44. Нагревател със съпротивление $R = 40 \Omega$ се включва към електрическата мрежа ($U = 220 \text{ V}$).

Определете:

- а) средната мощност P на нагревателя;
- б) ефективната стойност I и амплитудата I_{\max} на тока през нагревателя;
- в) количеството топлина Q , което се отделя в нагревателя за време $t = 2 \text{ min}$.

Решение

$$\text{а) } P = U^2/R = (220 \text{ V})^2/(40 \Omega) = 1210 \text{ W.}$$

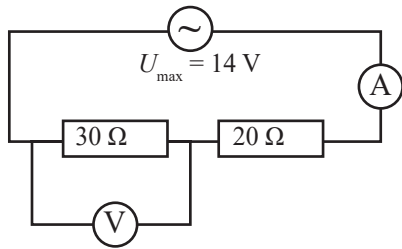
$$\text{б) } I = U/R = (220 \text{ V})/(40 \Omega) = 5,5 \text{ A;}$$

$$I_{\max} = \sqrt{2}I = 7,8 \text{ A.}$$

$$\text{в) } Q = I^2Rt = (5,5 \text{ A})^2(40 \Omega)(120 \text{ s}) = 145,2 \text{ kJ}$$

$$\text{или } Q = Pt = (1210 \text{ W})(120 \text{ s}) = 145,2 \text{ kJ.}$$

Задача 45. Определете показанията на двата уреда за променлив ток (фиг. 3). Уредите са идеални (съпротивлението на амперметъра е нула, а на волтметъра – безкрайно голямо).

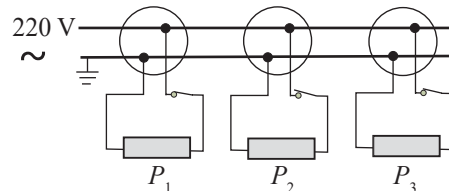


Фиг. 3

В 10. клас разглеждаме променливотокови вериги, в които елементите (консуматорите) имат само активно (омово) съпротивление. Тези задачи се решават по същия начин, както задачите за постояннотокови вериги в 7. и в 9. клас. Известните закономерности при постоянните токове се прилагат за ефективните стойности на токовете и напреженията. При веригата от фиг. 3 трябва само да заместим дадената на схемата амплитуда на напрежението с неговата ефективна стойност $U = 10\text{ V}$ и да помним, че амперметърът и волтметърът измерват ефективните стойности на тока и напрежението.

Коментар. В миналото учебната програма по физика за 9. клас включваше капацитивно и индуктивно съпротивление, фазови разлики между тока и напрежението в променливотокови вериги с намотка и кондензатор, фактор на мощността и др. (вж. учебника по физика от 1989 г.). В актуалните към днешна дата (2020 г.) учебни програми тези въпроси вече не се изучават дори в профилираната подготовка по физика и астрономия в 11. и 12. клас.

Задача 46. Електрическата инсталация в нашите домове е разделена на токови кръгове. Всеки токов кръг включва предпазител (бушон) в електрическото табло и проводници, водещи до контактите, в които се включват консуматорите (осветление и различни електроуреди). На фиг. 4 е показана схематично част от токов кръг, в който са включени три консуматора със средна мощност $P_1 = 500\text{ W}$, $P_2 = 700\text{ W}$ и $P_3 = 1000\text{ W}$. В таблото към токовия кръг е включен предпазител 16 А.



Фиг. 4

а) Определете ефективната стойност I на общия ток, който черпи този токов кръг.

б) Може ли в същия токов кръг да се включи още един консуматор със средна мощност $P = 1600\text{ W}$? Обосновайте отговора си.

Задачата има практическа насоченост. Тя показва организацията на домашната електрическа инсталация. Може да поставите допълнителни въпроси:

Защо се препоръчва да има по-голям брой токови кръгове?

Защо в токов кръг за осветление не трябва да има контакти за други уреди?

Какви проводници трябва да се използват за окабеляване на кръговете за осветление и на кръговете за големите консуматори (бойлери, радиатори, готварски печки и др.)?

Трансформатори

Пренасяне на електроенергия

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$U_2 = \frac{N_2}{N_1} U_1$$

връзка между напреженията на входа U_1 и на изхода U_2 на трансформатор и броя на навивките N_1 и N_2 съответно на първичната и на вторичната му намотка

$$U_1 I_1 = U_2 I_2$$

$$I_2 = \frac{N_1}{N_2} I_1$$

пренасяне на мощност от идеален трансформатор (без загуби)

връзка между токовете

Със знака \checkmark означете верните твърдения, а със знака \times – грешните.

- Принципът на действие на трансформатора се основава на явлението електромагнитна индукция.
- За сърцевини на трансформаторите се използват магнитно твърди феромагнитни материали.
- С трансформатор се променя амплитудата на променливо напрежение.
- С трансформатор се променя честотата на променливо напрежение.
- Вторичната намотка на понижаващ трансформатор е от по-дебел проводник.
- Двете намотки на трансформатора имат еднакъв брой навивки.
- В първичната намотка на повишаващ трансформатор тече по-силен ток, отколкото във вторичната.
- Мощността на тока на изхода на повишаващ трансформатор е по-голяма от мощността на тока на входа.

Съотношенията между напреженията и токовете в двете намотки на трансформатор, които изучаваме в училище, се отнасят за идеализиран трансформатор. В идеалния трансформатор няма загуби на енергия и мощността, която постъпва в първичната верига, се предава изцяло на консуматора, включен към изхода на трансформатора. В реалните трансформатори обаче има загуби на енергия. При протичане на ток в намотките на трансформатора се отделя топлина. Загуба на енергия има и в магнитопровода (феромагнитната сърцевина на трансформатора) – например в магнитопровода протичат т.нар. токове на Фуко и той се нагрива. Поради неизбежните загуби КПД на реалните трансформатори не е 100%, а е около 98 – 99%.

И така, мощността на тока на изхода на идеален трансформатор е равна на мощността на тока на входа, а при реалния трансформатор е по-малка. При никой трансформатор обаче изходната мощност не може да бъде по-голяма от мощността на входа, защото това противоречи на закона за запазване на енергията.

Задача 51. Захранването на твърд диск на компютър използва трансформатор с $N_1 = 400$ навивки в първичната намотка, който се включва в електрическа мрежа с ефективно напрежение $U_1 = 240$ V. Напрежението на изхода на трансформатора е $U_2 = 12$ V.

Определете:

- а) броя на навивките N_2 във вторичната намотка на трансформатора;
 б) тока I_2 през вторичната намотка, ако токът през първичната намотка е $I_1 = 100$ mA;
 в) консумираната мощност P .

$$\text{а) } N_2 = \frac{U_2}{U_1} N_1 = \frac{12 \text{ V}}{240 \text{ V}} 400 = 20.$$

$$\text{б) } I_2 = \frac{U_1}{U_2} I_1 = \frac{240 \text{ V}}{12 \text{ V}} (0,1 \text{ A}) = 2 \text{ A}.$$

$$\text{в) } P = U_2 I_2 = (12 \text{ V})(2 \text{ A}) = 24 \text{ W}.$$

Задача 52. Зарядно устройство за мобилен телефон съдържа трансформатор, който преобразува напрежението на мрежата ($U_1 = 220$ V) в променливо напрежение с ефективна стойност $U_2 = 5$ V. (След това променливото напрежение се преобразува от диоди в постоянно напрежение, което зарежда батерията.) Вторичната намотка на трансформатора има $N_2 = 30$ навивки.

- а) Колко е броят на навивките N_1 на първичната намотка на трансформатора?
 б) Колко е токът I_1 през първичната намотка, ако на изхода на трансформатора се черпи ток $I_2 = 704$ mA за зареждане на батерията?

$$\text{а) } N_1 = \frac{U_1}{U_2} N_2 = \frac{220 \text{ V}}{5 \text{ V}} 30 = 1320.$$

$$\text{б) } I_1 = \frac{N_2}{N_1} I_2 = \frac{30}{1320} (704 \text{ mA}) = 16 \text{ mA}.$$

В случая може да не превръщаме стойността на тока I_2 в амperi. В каквито единици запишем I_2 , в същите единици ще получим стойността на I_1 , защото отношението N_2/N_1 е безразмерен множител (число).

Задача 53. Трябва да проектирате електропровод, който да пренася електрична мощност $P = 80$ MW при ефективно напрежение $U = 400$ kV. Топлинните загуби не трябва да надвишават 3%. За електропровода ви е необходим проводник с дължина 200 km. Фирма ви предлага проводници със следните характеристики:

Напречно сечение на проводника, mm ²	Маса, kg/km	Електрично съпротивление, Ω/km
81,3	284	0,41
157,7	591	0,23
369	1180	0,085
555	1778	0,057

Кой проводник ще изберете?

Обърнете внимание! Проводниците с по-малко съпротивление са по-тежки и по-скъпи. Те изискват и по-скъпи носещи конструкции.

Задачата е аналогична на примера на с. 49 от учебника. Мощността на загубите е:

$$P_1 = I^2 R.$$

В това равенство заместваме тока $I = P/U$, който тече по електропровода, полагаме $P_1 = 0,03P$ и определяме общото съпротивление на проводниците:

$$R = 0,03 \frac{U^2}{P} = 60 \Omega \text{ или } 60 \Omega / 200 \text{ km} = 0,3 \Omega / \text{km}.$$

Задачата има практическа насоченост и е важно учениците да направят анализ кой е най-подходящият проводник от таблицата. От гледна точка на физиката колкото е по-малко съпротивлението на проводника, толкова по-малък е процентът на загубите. Тук обаче трябва да се отчетат и други фактори – цена на проводника, допълнителни разходи, когато проводниците са прекалено тежки. Трябва да се подбере оптималният вариант, който отговаря на поставеното изискване (загубите да не надхвърлят 3%).

Тест 3 (Електромагнитни явления – магнитно поле...)

1. Когато протон се движи праволинейно и равномерно в пространството, той създава:

- а) едновременно електрично и магнитно поле
- б) само магнитно поле
- в) само електрично поле
- г) Не създава поле, защото електричното поле компенсира магнитното.

Електричните заряди винаги създават електрично поле – и когато са неподвижни, и когато се движат. Движещите се заряди създават и магнитно поле. Това е, което трябва да знаят учениците, за да решат задачата. Пресмятането на полето (електрично и магнитно) на заряд, който извършва праволинейно равномерно движение, е сложна задача от теоретичната физика.

4. Заредена частица навлиза в еднородно магнитно поле. При движение в полето кинетичната енергия на частицата:

- а) не се променя
- б) намалява
- в) нараства
- г) Отговорът зависи от посоката на движение на частицата.

5. Когато заредена частица се движи перпендикулярно на индукционните линии на еднородно магнитно поле, нейната траектория е:

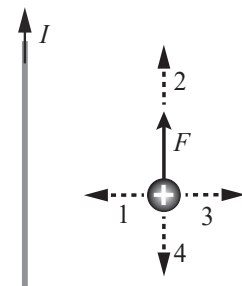
- а) права линия
- б) окръжност
- в) парабола
- г) вълнообразна линия

Заредена частица в еднородно магнитно поле се движи по окръжност само в частния случай, когато нейната скорост е перпендикулярна на индукционните линии на полето. Ако скоростта има компонента, успоредна на индукционните линии, тогава частицата се движи по винтова линия, чиято ос е успоредна на индукционните линии. Това движение е сума от две движения – кръгово и праволинейно, които частицата извършва едновременно. Магнитното поле не променя кинетичната енергия на частицата.

Когато полето е еднородно, се запазват поотделно кинетичната енергия на постъпателно движение и на въртливо движение. В нееднородно поле се запазва само общата кинетична енергия. Когато частицата навлиза в област на по-силно магнитно поле (там индукционните линии се сгъстяват), нейната кинетична енергия на постъпателно движение намалява, а кинетичната енергия на въртене нараства – частицата може да се отблъсне от областта на силно поле и да се върне обратно. Такова движение на заредени частици се наблюдава например в радиационните пояси на Земята.

6. По дълъг праволинеен проводник тече ток I . На положителен йон, който се движи близо до проводника, действа сила F (вж. фигурата). Проводникът и йонът лежат в равнината на чертежа. Коя от стрелките показва посоката на движение на йона?

- а) 1
- б) 2
- в) 3
- г) 4



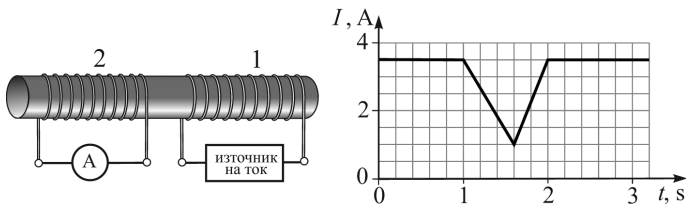
Независимо че магнитното поле, което създава праволинеен проводник с ток, не е еднородно, ние може да приложим правилото на дясната ръка, за да определим посоката на движение на йона (или посоката на силата в друга подобна задача).

Всъщност в случая прилагаме правилото на дясната ръка два пъти:

1. Определяме посоката на магнитната индукция на полето на тока в точката, в която в дадения момент се намира йонът – магнитната индукция е насочена към чертежа, перпендикулярно на неговата равнина.

2. След това поставяме дясната си ръка така, че опънатите пръсти да сочат вертикално надолу, а силата да излиза от дланта (дланта да е обърната нагоре. Тогава опънатият палец сочи надясно (стрелка 3) – това е посоката на движение на йона.

11. Върху желязна сърцевина са навити две намотки от покрит с изолация проводник (вж. фигурата). През първата намотка се пропуска ток I , който се изменя с течение на времето t , както е показано на графиката. През кой интервал от време амперметърът ще регистрира протичането на ток през втората намотка?



- а) само от 1 s до 1,6 s
- б) само от 1,6 s до 2 s
- в) от 1 s до 2 s
- г) през цялото време

Опитната постановка е подобна на един от опитите на Фарадей за наблюдаване на електромагнитна индукция. Токът от първата намотка създава магнитно поле. Ролята на желязната сърцевина е да усилва индукцията на това поле – индукционните линии се концентрират в сърцевината и повечето от тях преминават и през втората намотка. Когато токът намалява, магнитното поле става по-слабо – намалява броят на индукционните линии (магнитният поток), които преминават през втората намотка. Съгласно закона на Фарадей във втората намотка се индуцира ток. Когато токът през първата намотка расте, тогава нараства неговото магнитно поле и се увеличава броят на индукционните линии, пресичащи втората намотка – в нея се индуцира ток в обратната посока. Тъй като величината магнитен поток и правилото на Ленц вече не се изучават в училище, достатъчно е учениците да знаят, че в проводников контур се индуцира ток винаги, когато се променя броят (нараства или намалява) на индукционните линии на магнитното поле, които пресичат площта, оградена от токовия контур.

16. С най-голяма скорост във вакуум се разпространяват:

- а) радиовълните
- б) видимата светлина
- в) рентгеновите лъчи
- г) Всички електромагнитни вълни се разпространяват във вакуум с еднаква скорост.

Важно е всеки ученик да разбере, че във вакуум всички електромагнитни вълни, независимо от тяхната честота, се разпространяват с една и съща скорост. Тази скорост наричаме *скорост на светлината във вакуум* – една от фундаменталните физични константи.

17. Електромагнитните вълни се характеризират с интензитет E на електричното поле и индукция B на магнитното поле. Във всяка точка E и B винаги:

- а) имат еднаква посока
- б) имат противоположни посоки
- в) са взаимно перпендикулярни
- г) са насочени в посоката на разпространение на вълната

Електромагнитните вълни са напречни вълни. Ако разгледаме плоска монохроматична вълна, интензитетът E и индукцията B на електромагнитното поле на вълната в дадена точка винаги са взаимно перпендикулярни и са перпендикулярни на посоката, в която се разпространява вълната.

Освен това E и B се изменят във фаза. Това означава, че едновременно достигат максималната си стойност, след това намаляват, едновременно стават нула и сменят посоката си, след което нарастват, едновременно достигат максимална стойност и т.н.

Разпространение на светлината

Величини:

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ – скорост на светлината във вакуум

u – скорост на светлината в материална среда

ν – честота

λ_0 – дължина на вълната във вакуум

λ – дължина на вълната в материална среда

n – показател на пречупване

Закономерности:

$$n = \frac{c}{u}$$

$$\lambda_0 \nu = c; \quad \lambda \nu = u = \frac{c}{n}; \quad \lambda = \frac{\lambda_0}{n}; \quad n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

Подчертайте вярното.

- Във вакуум всички електромагнитни вълни имат еднаква **честота/скорост**.
- Когато светлинна вълна навлиза в оптически по-плътна среда, нейната скорост **нараства/намалява**.
- Най-голяма е скоростта на светлината във **вакуум/диамант**.
- Когато светлинна вълна преминава през границата на две среди с различна оптична плътност, се променя нейната **честота/дължина на вълната**.
- Синята светлина има **по-голяма/по-малка** дължина на вълната от червената светлина.
- Зелената светлина има **по-голяма/по-малка** честота от оранжевата светлина.
- Колкото е по-голям показателят на пречупване на една среда, толкова **по-голяма/по-малка** е скоростта на светлината в тази среда.
- Светлинните лъчи са **перпендикулярни/успоредни** на вълновите фронтове.

Задача 54. В реклама на фирма за дограма се твърди, че фирмата използва стъкла с показател на пречупване $n = 0,8$ за видимата светлина. Ще се доверите ли на тази фирма? Обяснете.

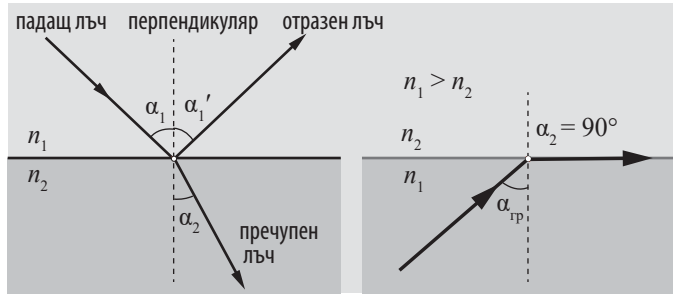
За видимата светлина прозрачните среди имат показател на пречупване $n > 1$ (за повечето стъкла от 1,4 до 1,8). По определение $n = c/u$, където c е скоростта на светлината във вакуум, а u е *фазовата скорост* на светлината в съответната среда. Фазова скорост на монохроматична вълна се нарича скоростта, с която се движат нейните вълнови фронтове (гребени). Фазовата скорост не е свързана с пренасяне на информация и съгласно теорията на относителността може да е по-голяма от скоростта на светлината във вакуум. Затова по принцип показателят на пречупване на една среда е възможно да е по-малък от единица. Например за рентгенови лъчи с дължина на вълната 0,04 nm, които се разпространяват във вода, показателят на пречупване е $n = 0,99999974$.

Задача 55. В таблицата е даден показателят на пречупване на различни среди за жълтата светлина от натриева лампа, чиято дължина на вълната във вакуум е $\lambda_0 = 589 \text{ nm}$. Пресметнете дължината на вълната λ и скоростта u на тази светлина в различните среди и попълнете таблицата.

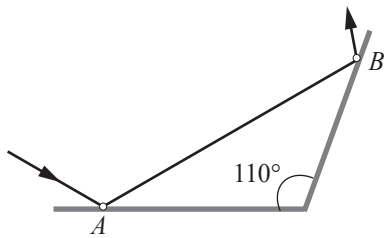
Среда	Показател на пречупване n	Дължина на вълната λ , nm	Скорост на светлината u , m/s
вода	1,33	443	$2,26 \cdot 10^8$
бензол	1,50	393	$2 \cdot 10^8$
стъкло (лек флинт)	1,63	361	$1,84 \cdot 10^8$
стъкло (тежък флинт)	1,90	310	$1,58 \cdot 10^8$
диамант	2,42	243	$1,24 \cdot 10^8$

Отражение и пречупване на светлината

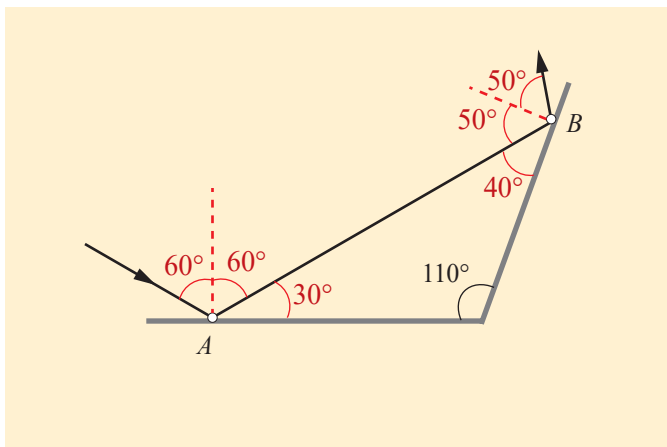
$\alpha_1' = \alpha_1$ закон за отражението
 $n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$ закон за пречупването
 $\sin \alpha_{\text{гр}} = \frac{n_2}{n_1}$ граничен ъгъл на пълно вътрешно отражение



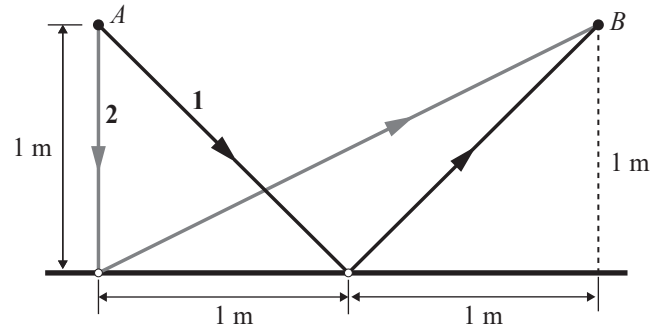
Задача 60. На *фиг. 2* е показан светлинен лъч, който се отразява от две плоски огледала, сключващи помежду си ъгъл 110° . Ъгълът на падане в точка *A* е 60° . Колко е ъгълът на отражение в точка *B*?



Фиг. 2



Задача 61. Светлинен лъч е излъчен от точка *A*, отразява се от огледална повърхност и достига точка *B*. Пътят 1 на лъча съответства на закона за отражението. Пътят 2 е хипотетичен. Покажете чрез непосредствено пресмятане, че път 1 е по-кратък от път 2.

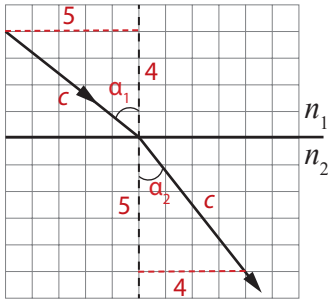


Фиг. 3

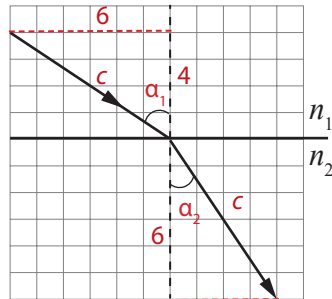
$$\text{Път 1} = \sqrt{1^2 + 1^2} + \sqrt{1^2 + 1^2} = 2\sqrt{2} \text{ m} \approx 2,8 \text{ m};$$

$$\text{Път 2} = 1 + \sqrt{2^2 + 1^2} = (1 + \sqrt{5}) \text{ m} \approx 3,2 \text{ m}.$$

Задача 62. На *фиг. 4* и *фиг. 5* е показан светлинен лъч, който се пречупва на границата на две прозрачни среди. Определете отношението n_1/n_2 на техните показатели на пречупване.



Фиг. 4



Фиг. 5

Използваме закона на Снелиус и координатната мрежа (*фиг. 4*):

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{\frac{4}{c}}{\frac{5}{c}} = \frac{4}{5}.$$

За *фиг. 5*:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{\frac{4}{c}}{\frac{6}{c}} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}.$$

Задача 63. Успореден светлинен сноп, който се разпространява във въздуха ($n_1 = 1$), пада върху стъклена пластина с показател на пречупване на стъклото $n_2 = \sqrt{3}$. Част от снопа се отразява, а останалата част се пречупва от пластината. Определете ъгъла на падане, ако ъгълът на отражение е два пъти по-голям от ъгъла на пречупване.

Полезна формула: $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$.

Ъгълът на отражение е равен на ъгъла на падане α_1 . В закона на Снелиус

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

полагаме $n_1 = 1$, $n_2 = \sqrt{3}$ и $\alpha_1 = 2\alpha_2$. Получаваме:

$$\sin 2\alpha_2 = 2 \sin \alpha_2 \cos \alpha_2 = \sqrt{3} \sin \alpha_2,$$

откъдето определяме:

$$\cos \alpha_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}; \alpha_2 = 30^\circ; \alpha_1 = 2\alpha_2 = 60^\circ.$$

Дисперсия на светлината

Подчертайте вярното.

- Дисперсията е явление, което се наблюдава **само в материална среда/както в материална среда, така и във вакуум.**
- Във видимата област най-голям показател на пречупване повечето прозрачни среди имат за **червената/виолетовата** светлина.
- За получаването на спектър на бялата светлина Нютон използва **призма/цилиндър.**
- Най-горната ивица от небесната дъга е **червена/синя.**
- За да наблюдаваме небесна дъга, трябва да застанем **с лице/с гръб** към Слънцето.

Задача 67. Диамантът се отличава от стъклата и от другите кристали със своя голям показател на пречупване и силна дисперсия. Дисперсията на диаманта във видимата област (зависимостта $n(\lambda_0)$ на показателя на пречупване n от дължината на вълната във вакуум λ_0) е представена в таблицата.

а) Пресметнете скоростта на светлината в диамант за различните дължини на вълната и попълнете третата колона в таблицата.

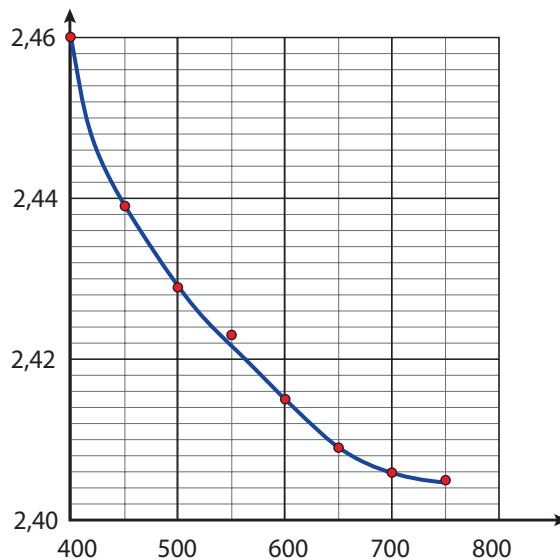
б) Представете зависимостта $n(\lambda_0)$ графично на *фиг. 1*.

Дължина на вълната във вакуум λ_0 , nm	Показател на пречупване n	Скорост на светлината u , m/s
400	2,460	1,219.10⁸
450	2,439	1,229.10⁸
500	2,429	1,234.10⁸
550	2,423	1,237.10⁸
600	2,415	1,241.10⁸
650	2,409	1,244.10⁸
700	2,406	1,246.10⁸
750	2,405	1,247.10⁸

Обърнете внимание! В таблицата данните за показателя на пречупване са дадени с 4 значещи цифри. За да не се загуби точност при числените пресмятания, е препоръчително скоростта на светлината във вакуум да се вземе с 5 значещи цифри: $c = 2,9979.10^8$ m/s. По-голяма точност не е необходима, защото грешката на крайния резултат, ако сме приели $c = 2,9979.10^8$ m/s, се определя от точността, с която са зададени показателите на пречупване.

в) В коя област на спектъра дисперсията е по-голяма?

г) Върху плоската повърхност на брилянт (обработен по определен начин диамант) пада под ъгъл 60° тесен сноп бяла светлина. Поради дисперсията лъчите от различните цветове се пречупват под различни ъгли. Пресметнете ъглите на пречупване на крайните лъчи от спектъра – виолетов (400 nm) и червен (750 nm). Колко е ъгълът $\Delta\alpha_2$ между тези два лъча? Направете чертеж. Брилянтът е във въздуха.



Фиг. 1

в) Дисперсията е по-голяма в късовълновата област на спектъра.

Интерференция

$$\Delta r = r_2 - r_1 = m\lambda \quad \text{условие за максимум}$$

$m = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$ е цяло число (порядък на интерференционния максимум)

$$\Delta r = r_2 - r_1 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \text{условие за минимум}$$

$m = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$ е цяло число

Подчертайте вярното.

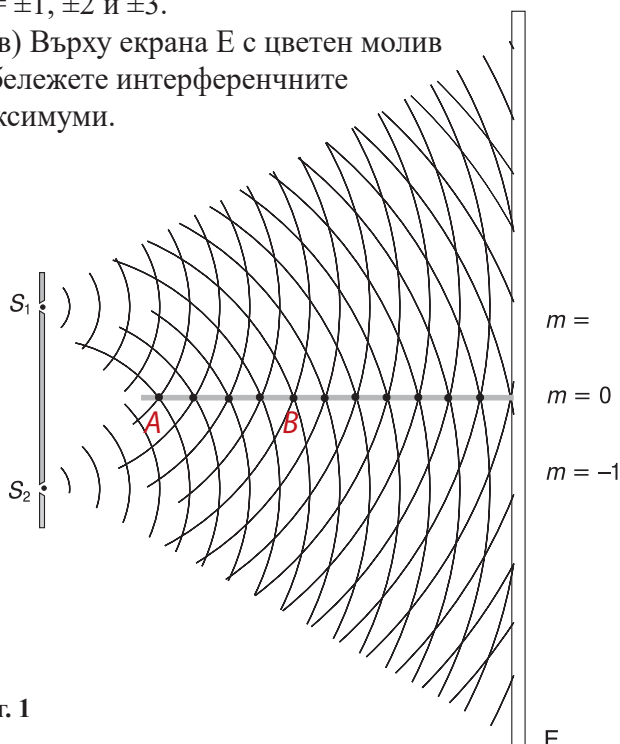
- Интерференцията е явление, характерно **само за светлината/за всички видове вълни**.
- Интерференчен максимум се наблюдава в точка, в която гребен на едната вълна винаги пристига едновременно с **гребен/дол** на другата вълна.
- Опитът на Юнг доказва **вълновата природа/дисперсията** на светлината.
- Интерференционната картина, получена от два точкови източника, се определя от разликата в **пътищата/скоростите** на двете вълни.

Задача 68. Фигура 1 илюстрира интерференцията на монохроматични вълни, преминали през два тесни процепа (от два точкови източника). Показана е част от вълновите фронтове на сферичните вълни, които излъчват източниците – разстоянието между два вълнови фронта е равно на дължината на вълната λ .

а) Проверете непосредствено, че разликата в пътищата на двете вълни до нанесените на схемата точки е $\Delta r = 0$, т.е. в тези точки имаме интерференчен максимум $m = 0$.

б) Върху схемата нанесете точките и прекарайте линиите, съответстващи на максимумите $m = \pm 1, \pm 2$ и ± 3 .

в) Върху екрана Е с цветен молив отбележете интерференчните максимуми.



Фиг. 1

а) Например точка А от схемата е пресечна точка на петите вълнови фронтове, излъчени от двата източника. Следователно разликата в пътищата на вълните от двата източника до точка А е:

$$\Delta r_A = 5\lambda - 5\lambda = 0.$$

Точка В от схемата е пресечна точка на деветите вълнови фронтове, излъчени от двата източника. Следователно разликата в пътищата на вълните от двата източника до точка В е:

$$\Delta r_B = 9\lambda - 9\lambda = 0.$$

Задача 70. Върху два тесни процепа пада сноп от монохроматична светлина с дължина на вълната $\lambda_1 = 600 \text{ nm}$. В точка Р от отдалечен екран се наблюдава интерференчен максимум от m -ти порядък (фиг. 2). Когато върху процепите пада монохроматична светлина с дължина на вълната λ_2 , в същата точка Р се наблюдава интерференчен минимум от същия (m -ти) порядък. Определете λ_2 , ако:

- а) $m = 1$; б) $m = 2$.

Записваме условието за интерференчен максимум на първата вълна и минимум на втората:

$$\Delta r_1 = m\lambda_1 \text{ и } \Delta r_2 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda_2.$$

По условие $\Delta r_1 = \Delta r_2$. Следователно:

$$\lambda_2 = \frac{m}{m+1/2} \lambda_1 = \frac{m}{m+1/2} (600 \text{ nm}).$$

- а) При $m = 1$ $\lambda_2 = 400 \text{ nm}$.

- б) При $m = 2$ $\lambda_2 = 480 \text{ nm}$.

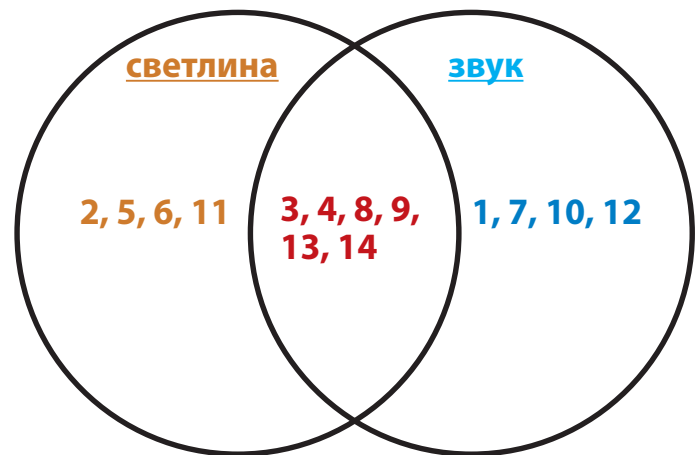
Дифракция. Дифракционна решетка

Подчертайте вярното.

- Отклоненията от праволинейното разпространение на светлината при преминаване през отвори или покрай прегради и проникването на вълните в областта на геометричната сянка се нарича **пречупване/дифракция**.
- При дифракция се променя **честотата/посоката на разпространение** на вълните.
- За да наблюдавате в учебната лаборатория дифракция на светлина от лазерна показалка ($\lambda = 0,64 \mu\text{m}$), ще използвате процеп с широчина **30 μm /3 mm**.
- Ако намаляваме широчината на процепа, дифракционните ивици стават **по-широки/по-тесни**.
- В гъста гора чуваме разговор, но не виждаме хората. Това се дължи на голямата разлика в **скоростта/дължината на вълната** на звука и на светлината.
- В спектрометрите за разлагане на светлина в спектър се използват **единични процепи/дифракционни решетки**.
- В слънчев ден върху повърхността на компактдиск може да наблюдаваме спектър на слънчевата светлина, дължащ се на явлението **дисперсия/дифракция**.
- Съгласно принципа на Хюйгенс процепите на дифракционна решетка стават източници на вторични вълни с **еднаква/различна** честота.

Задача 72. Сравнете свойствата на светлината и на звука, като попълните диаграмата от *фиг. 2* (диаграма на Вен). В единия кръг запишете номерата на твърденията от списъка, които се отнасят само за светлината, а в другия – само за звука. В припокриващата се част от двата кръга запишете номерата на характеристиките (свойствата), които са общи за светлината и звука.

1. Механични вълни.
2. Електромагнитни вълни.
3. Може да се отразяват и пречупват.
4. Наблюдават се явленията интерференция и дифракция.
5. Разпространяват се във вакуум.
6. Винаги са напречни вълни.
7. Във въздух са надлъжни вълни.
8. Пренасят енергия.
9. Разпространяват се в материална среда.
10. Скоростта им във вода е по-голяма от скоростта във въздуха.
11. Скоростта им във вода е по-малка от скоростта във въздуха.
12. Представяват трептения на частици на материална среда.
13. Характеризират се с честота, дължина на вълната и скорост.
14. За тях може да се прилага принципът на Хюйгенс.



Фиг. 2

Топлинно излъчване

$$P = \sigma ST^4 \quad \text{закон на Стефан}$$

$$\sigma = 5,76 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4) \quad \text{константа на Стефан}$$

$$\lambda_{\text{max}} T = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K} \quad \text{закон на Вин}$$

Подчертайте вярното.

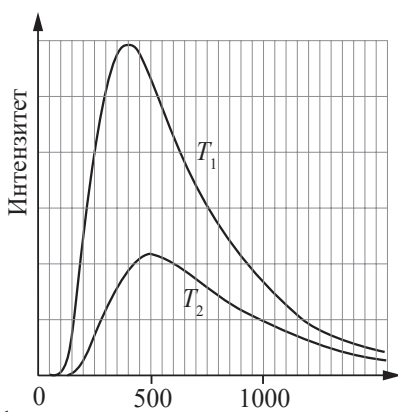
- Спектърът на излъчване на абсолютно черно тяло се определя **само от температурата**/от температурата и от химическия му състав.
- При повишаване на температурата максимумът на излъчване се измества към **по-високите**/по-ниските честоти.
- Нагретите тела излъчват светлинна енергия **непрекъснато**/на порции (кванти).

Задача 73. Тънка пластинка със страна a и куб с ръб a се поддържат при една и съща температура. Определете отношението $P_{\text{п}}/P_{\text{к}}$ на мощността на топлинното излъчване на двете тела, като приемете, че те излъчват като абсолютно черно тяло.

Пластинката има две повърхности с обща площ $2a^2$. Повърхността на куба е $6a^2$. Следователно:

$$\frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{к}}} = \frac{2a^2}{6a^2} = \frac{1}{3}.$$

Задача 75. На фиг. 1 е показан спектърът на излъчване на абсолютно черно тяло при две различни температури T_1 и T_2 . Приложете закона на Вин и определете температурите T_1 и T_2 .



Фиг. 1 Дължина на вълната λ , nm

От графиката определяме:

$$\lambda_{1 \text{ max}} = 400 \text{ nm} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ m};$$

$$\lambda_{2 \text{ max}} = 500 \text{ nm} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}.$$

От закона на Вин:

$$T_1 = \frac{2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{\lambda_{1 \text{ max}}} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{4 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 7250 \text{ K};$$

$$T_2 = \frac{2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{\lambda_{2 \text{ max}}} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{5 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 5800 \text{ K}.$$

Задача 76. Цветната температура (в келвини) на източник на светлина се дефинира като температурата на абсолютно черно тяло, чието излъчване се възприема от човешкото око със същия цвят (цветен тон), както светлината от дадения източник.

В таблицата са представени цветните температури на три вида LED лампи.

а) Пресметнете при каква дължина на вълната е максимумът в спектъра на излъчване на абсолютно черно тяло с такава температура и попълнете таблицата.

б) Прието е светлината от различните LED лампи да се характеризира като *неутрална бяла*, *студена бяла* или *топла бяла*. Според вас кое определение за коя цветна температура се отнася? Попълнете последната колона на таблицата.



Цветна температура, K	Дължина на вълната λ_{max} , nm	Светлина
3000	967	топла бяла
4000	725	неутрална бяла
6000	483	студена бяла

Фотоелектричен ефект

Подчертайте вярното.

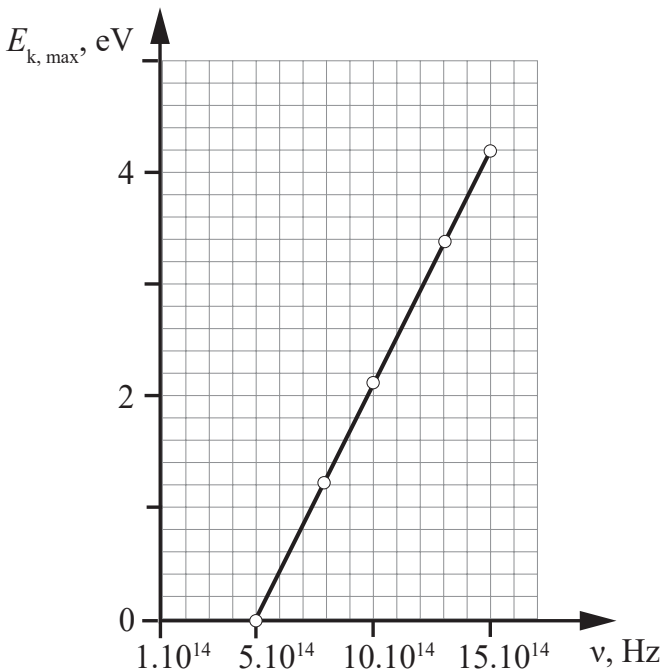
- Спирачно се нарича напрежението върху фотоклетка, при което фототокуът достига **насищане/се прекратява**.
- Когато на фотоклетка е подадено спирачно напрежение, потенциалът на катода е **по-голям/по-малък** от потенциала на анода.
- За да протече фототок, трябва да се освети **катодът/анодът** на фотоклетка.
- Максималната кинетична енергия на фотоелектроните **не зависи от/е пропорционална на** интензитета на светлината.
- Максималната кинетична енергия на фотоелектроните **не зависи/зависи** от честотата на светлината.
- Червената граница на фотоэффекта определя **максималната/минималната** дължина на вълната на светлината, предизвикваща фотоэффект за даден материал.

Задача 78. Катодът на фотоклетка се облъчва с монохроматична светлина. На *фиг. 2* е представена зависимостта на максималната кинетична енергия $E_{k, \max}$ на фотоелектроните от честотата ν на използваното лъчение.

а) Определете червената граница λ_{\max} на фотоэффекта за този фотокатод.

б) Колко е максималната енергия на фотоелектроните при дължина на вълната 300 nm на падащото върху катода лъчение?

в) Колко волта е спирачното напрежение U_c за фотоклетката при честота на лъчението $\nu = 8 \cdot 10^{14}$ Hz?



Фиг. 2

а) От графиката определяме $\nu_{\min} = 5 \cdot 10^{14}$ Hz. Червената граница на фотоэффекта е:

$$\lambda_{\max} = \frac{c}{\nu_{\min}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 600 \text{ nm}.$$

б) Лъчение с дължина на вълната $\lambda = 300 \text{ nm} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ има честота

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{3 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 1 \cdot 10^{15} \text{ Hz}.$$

От графиката определяме, че при такава честота максималната кинетична енергия на фотоелектроните е 2,1 eV.

в) От графиката определяме, че при честота $8 \cdot 10^{14}$ Hz максималната кинетична енергия на фотоелектроните е 1,2 eV. Следователно спирачното напрежение е $U_c = -1,2 \text{ V}$.

Коментар. Знакът *минус* показва, че спирачното напрежение е напрежение в обратна посока, то не ускорява, а задържа електроните.

В тази и в други подобни задачи използваме резултата, коментиран подробно в примера на с. 85 от учебника: кинетичната енергия на електрона в eV е числено равна на ускоряващото (в случая спирачното) напрежение във V.

Фотони. Обяснение на фотоэффекта

$$h\nu = A_e + E_{k, \max} \quad \text{уравнение на Айнщайн}$$

$$\lambda E = hc = 1240 \text{ nm} \cdot \text{eV}$$

$$v_{\min} = \frac{A_e}{h}; \lambda_{\max} = \frac{c}{v_{\min}} = \frac{ch}{A_e} \quad \text{червена граница}$$

Задача 79. Колко електронволта (eV) е енергията E на фотоните на:

- а) виолетовата светлина ($\lambda = 400 \text{ nm}$);
 б) червената светлина ($\lambda = 700 \text{ nm}$)?

Указание. Използвайте съотношението

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240 \text{ nm} \cdot \text{eV}}{\lambda(\text{nm})}$$

$$\text{а) } E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240 \text{ nm} \cdot \text{eV}}{400 \text{ nm}} = 3,1 \text{ eV.}$$

Задача 80. Колко нанометра е дължината на вълната за фотони с енергия:

- а) 2 eV; б) 4 eV; в) 2 keV?

Указание. Използвайте съотношението

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{1240 \text{ nm} \cdot \text{eV}}{E(\text{eV})}$$

$$\text{в) } \lambda = \frac{1240 \text{ nm} \cdot \text{eV}}{2000 \text{ eV}} = 0,62 \text{ nm.}$$

Задача 81. В таблицата е представена отделителната работа за някои метали. Пресметнете червената граница на фотоэффекта за тези химични елементи и попълнете таблицата. При кои от тях може да се наблюдава фотоэффект при осветяване с видима светлина? Отбележете ги със знака \checkmark вдясно на химичния знак.

Елемент	Отделителна работа A_e , eV	Червена граница на фотоэффекта λ_{\max} , nm
Ag	4,26	291
Au	5,10	243
K \checkmark	2,29	541
Li \checkmark	2,93	423
Mg	3,66	339

Задача 82. Колко електронволта е максималната кинетична енергия $E_{k, \max}$ на електроните, които се отделят от повърхността на бария ($A_e = 2,58 \text{ eV}$) при осветяване с бяла светлина (от 400 nm до 750 nm)?

От спектъра на бялата светлина максимална енергия E имат фотоните с дължина на вълната $\lambda = 400 \text{ nm}$:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240 \text{ nm} \cdot \text{eV}}{400 \text{ nm}} = 3,1 \text{ eV.}$$

Максималната кинетична енергия на фотоелектроните определяме от уравнението на Айнщайн:

$$E_{k, \max} = E - A_e = 3,1 \text{ eV} - 2,58 \text{ eV} = 0,52 \text{ eV.}$$

Червената граница на фотоэффекта е най-удобно да се пресметне по формулата:

$$\lambda_{\max}(\text{nm}) = \frac{hc}{A_e} = \frac{1240 \text{ nm} \cdot \text{eV}}{A_e(\text{eV})}$$

Тест 4 (Светлина)

1. Светлинен лъч се отразява от плоско огледало. Кое от следните съотношения между ъгъла на падане α_1 и ъгъла на отражение α_1' НЕ може да е вярно?

- а) $\sin \alpha_1 = \cos \alpha_1'$
- б) $\alpha_1 + \alpha_1' = 0$
- в) $\alpha_1 + \alpha_1' = 170^\circ$
- г) $\alpha_1 + \alpha_1' = 190^\circ$

Съгласно закона за отражението $\alpha_1 = \alpha_1'$.

- а) $\sin \alpha_1 = \cos \alpha_1'$ за $\alpha_1 = \alpha_1' = 45^\circ$;
- б) $\alpha_1 + \alpha_1' = 0$ за $\alpha_1 = \alpha_1' = 0^\circ$;
- в) $\alpha_1 + \alpha_1' = 170^\circ$ за $\alpha_1 = \alpha_1' = 85^\circ$;
- г) $\alpha_1 + \alpha_1' = 190^\circ$ не е възможно, защото $\alpha_1 + \alpha_1' \leq 180^\circ$.

5. Кое от следните твърдения разкрива главната причина, поради която може да се получи образ на предмет с леща?

- а) При отражение на светлината ъгълът на падане е равен на ъгъла на отражение.
- б) За светлината са характерни явленията интерференция и дифракция.
- в) В различни среди светлината се разпространява с различна скорост.
- г) Светлината е поток от фотони, които притежават едновременно свойствата на вълна и на частица.

Образът на предмет от леща се получава в резултат на пречупването на светлината от двете повърхности на лещата. Причината за пречупването е, че в стъклото на лещата светлината се разпространява с различна скорост, в сравнение със средата, в която е поставена лещата (най-често лещата е във въздуха).

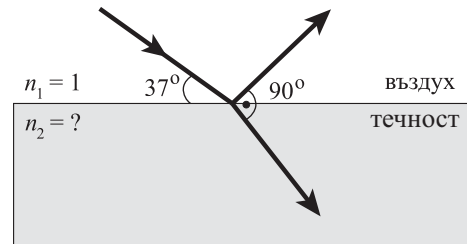
6. Кое от изброените оптични явления НЕ можете да демонстрирате в кабинета по физика, ако използвате източник на монохроматична светлина (например лазер)?

- а) отражение б) пречупване
- в) дифракция г) дисперсия

За да наблюдаваме дисперсия, е необходим източник с непрекъснат спектър или източник, който да излъчва поне две спектрални линии с различна дължина на вълната (например синя и червена светлина).

7. Светлинен сноп се пречупва и отразява от границата въздух – течност. Като използвате данните от фигурата, определете показателя на пречупване n_2 на течността. ($\sin 37^\circ = 0,6$; $\sin 53^\circ = 0,8$)

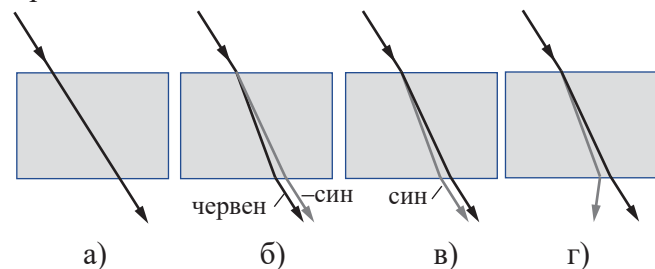
- а) 1,33
- б) 1,51
- в) 1,62
- г) 1,75



От чертежа определяме ъгъла на падане $\alpha_1 = 90^\circ - 37^\circ = 53^\circ$ и ъгъла на пречупване $\alpha_2 = 180^\circ - 90^\circ - 53^\circ = 37^\circ$.

От закона на Снелиус при $n_1 = 1$ определяме $n_2 = \sin 53^\circ / \sin 37^\circ = 0,8 / 0,6 = 1,33$. (Течността е вода.)

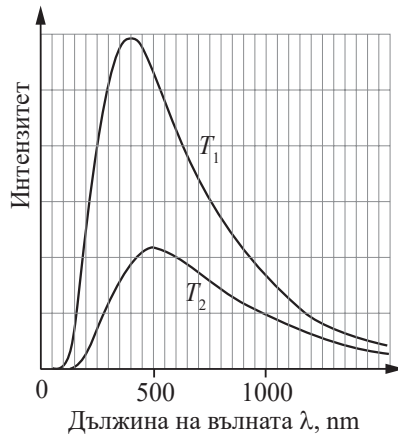
8. Светлинен сноп, съставен от синя и червена светлина, преминава през стъклена пластинка, поставена във въздуха. Коя от схемите илюстрира правилно хода на лъчите?



Коментар. Разликата в показателите на пречупване на стъклото за синята и червената светлина е много малка. Много малка е и разликата в ъглите на пречупване. В реален експеримент дисперсията от пластинка е практически незабележима. Схема а) е грешна, защото тя не отчита изобщо пречупването на светлината. На останалите схеми разликата в ъглите на пречупване е преувеличена, за да е нагледна схемата. Схема 2 е грешна, защото синята светлина се пречупва по-силно (има по-голям показател на пречупване) и затова в пластинката синият лъч трябва да преминава под червения – **вярна е схема в)**. На схема г) е представено грешно пречупването на синия лъч при излизането му от пластинката. Преминалите през пластинката лъчи трябва да са успоредни на падащия лъч.

13. На фигурата са показани спектрите на излъчване на абсолютно черно тяло при две температури: $T_1 = 7250 \text{ K}$ и T_2 . Определете T_2 .

- а) 10 000 K
- б) 6800 K
- в) 5800 K
- г) 2900 K



С тази задача тестваме:

- практически умения за извличане на информация от графика. Ученикът определя при каква дължина на вълната са максимумите в двата спектъра: $\lambda_{1 \text{ max}} = 400 \text{ nm}$ и $\lambda_{2 \text{ max}} = 500 \text{ nm}$.
- познаване на закона на Вин и умение за прилагането му в конкретна ситуация. Съгласно закона на Вин $\lambda_{1 \text{ max}} T_1 = \lambda_{2 \text{ max}} T_2$, откъдето определяме неизвестната температура T_2

$$T_2 = \frac{\lambda_{1 \text{ max}} T_1}{\lambda_{2 \text{ max}}} = \frac{(400 \text{ nm})(7250 \text{ K})}{500 \text{ nm}} = 5800 \text{ K}.$$

Ще обърнем внимание, че в случая имаме отношение на две дължини на вълната и не е необходимо да ги превръщаме в основните единици SI. Важно е двете величини от отношението да са в еднакви мерни единици (nm или m; kg или g – ако отношението е на две маси и т.н.).

17. Да си представим, че при фотоефект електрон поглъща половината от фотон с енергия E , честота ν и дължина на вълната λ . Това означава, че електронът е погълнал фотон със:

- а) енергия $E/2$
- б) дължина на вълната $\lambda/2$
- в) честота $\nu/2$
- г) Фотоните не може да се разделят и поглъщат на части.

Фотоните не може да се разделят на части. При взаимодействие с веществото те се поглъщат изцяло.

Коментар. Доказва се, че фотоефект от свободен електрон не е възможен.

Свободен електрон не може да погълне фотон, защото такъв процес противоречи на закона за запазване на импулса. При фотоефект в поглъщането на фотони участва цялата кристална решетка. Практически цялата енергия на фотона се поглъща от един електрон, а масивната кристална решетка получава част от импулса на фотона.

В специални условия (свръхвисок интензитет на светлината) е наблюдаван *многофотонен фотоефект* – енергията на два или повече фотона се предава само на един електрон. Вероятността за такъв процес при нормални условия обаче е пренебрежимо малка.

19. Катодът на фотоклетка се облъчва с монохроматична светлина с енергия на фотоните E . Наблюдава се фотоефект, като максималната кинетична енергия на отделените електрони е E_1 . Колко ще бъде максималната кинетична енергия E_2 на отделените електрони, ако същият катод се облъчи с монохроматична светлина с енергия на фотоните $2E$?

- а) $E_2 = E_1 + E$
- б) $E_1 < E_2 < 2E_1$
- в) $E_2 = 2E_1$
- г) $E_2 = E_1$

Може да решим задачата „на пръсти“, като съобразим, че цялата допълнителна енергия E отива за увеличаване на максималната кинетична енергия на фотоелектроните, т.е. последната става $E_2 = E_1 + E$.

До същия резултат стигаме, ако запишем уравнението на Айнщайн за двата случая:

$$E = E_1 + A_e \text{ и } 2E = E_2 + A_e.$$

Изразяваме отделителната работа A_e от първото уравнение, заместваме я във второто и получаваме $E_2 = E_1 + E$.

Вълнови свойства на частиците

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad \text{дължина на вълната на Дьо Бройл}$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}} \quad \text{дължина на вълната на Дьо Бройл}$$

Подчертайте вярното.

- Вълните на Дьо Бройл са **електромагнитни вълни/вълни на материята**.
- Дължината на вълната на Дьо Бройл зависи от **масата/електричния заряд** на частицата.
- Ако скоростта на една частица нарасне два пъти, нейната дължина на вълната на Дьо Бройл **нараства/намалява** два пъти.
- Протон и алфа-частица имат еднаква кинетична енергия. По-малка дължина на вълната на Дьо Бройл има **протонът/алфа-частицата**.
- **Дифракцията на електрони/фотоефектът** е доказателство за вълновите свойства на електроните.
- Дължината на вълната на Дьо Бройл на електрон ще намалее два пъти, ако увеличим два пъти неговата **скорост/кинетична енергия**.
- Фотоните и електроните съчетават свойствата на **вълна и частица/механична и електромагнитна вълна**.
- Ако йони на хелия и на лития се движат с еднаква скорост, по-малка дължина на вълната на Дьо Бройл имат **йоните с по-малък електричен заряд/литиевите йони**.

Първите експериментални доказателства за вълновите свойства на частиците

За пръв път дифракция на електрони наблюдават Дейвисън и Джърмър в САЩ и независимо от тях Джордж Паджет Томсън в Кеймбридж (Англия).



Джордж Паджет Томсън

Проучете биографията на Дж. П. Томсън:

- за какво и кога получава Нобелова награда за физика, с кого я разделя;
- с какво е известен неговият баща.

Дж. П. Томсън разделя Нобеловата награда за физика за 1937 г. с Клинтън Дейвисън „за експерименталното откритие на дифракцията на електрони в кристали“.

Дж. П. Томсън е син на известния физик Джоузеф Джон Томсън (Дж. Дж. Томсън).

Когато между анода и катода на тръба, запълнена със силно разреден газ, се подаде високо напрежение, от катода се отделя неизвестно по онова време лъчение, наречено *катодни лъчи*. През 1897 г. Дж. Дж. Томсън установява, че това лъчение е съставено от много леки заредени частици (с маса около 1800 пъти по-малка от масата на водородния атом). Така Томсън открива първата субатомна частица – електрона, за което по-късно получава Нобеловата награда за физика за 1906 г.

И така, един от откривателите на дифракцията на електрони е син на откривателя на електрона.

Атоми

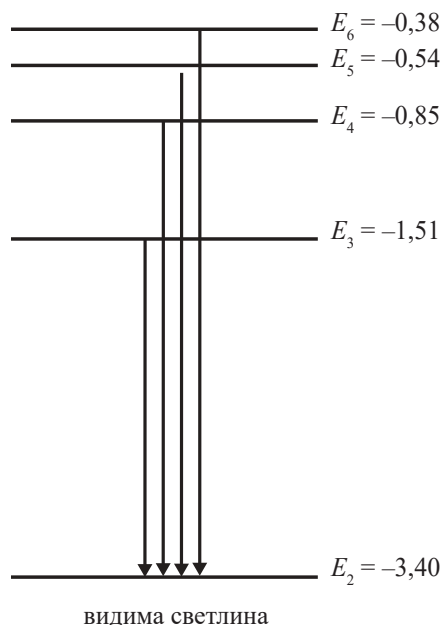
Подчертайте вярното.

- Спектрите на излъчване на невзаимодействащи атоми са **непрекъснати/линейни**.
- Основното състояние на атом или молекула е състоянието с **най-малка/най-голяма** енергия.
- Атом може да излъчи фотон само ако се намира в **основно/възбудено** състояние.
- При преход между две квантови състояния се поглъща (излъчва) фотон, чиято енергия е **равна на/по-голяма** от разликата в енергиите на тези две състояния.
- Изолиран атом остава във възбудено състояние **произволно дълго време/само за много кратко време**.

Задача 86. Енергията на водородния атом е сума от кинетичната и потенциалната енергия на изграждащите го частици. Потенциалната енергия на електрично взаимодействие между електрона и протона е отрицателна. Доказва се, че по модул тя е по-голяма от кинетичната енергия. Затова пълната енергия на атома е отрицателна. Тя се квантува. Най-малка е енергията на основното състояние E_1 . Енергиите на първите пет възбудени състояния са дадени на *фиг. 1*. На нея са отбелязани и всички електронни преходи, които са съпроводени с излъчване на фотони от видимата област на спектъра.

а) Използвайте данните от *фиг. 1* и пресметнете енергията на излъчените фотони и дължината на вълната на съответните спектрални линии на водорода във видимата област. Попълнете таблицата.

$$\text{Полезна формула: } \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{1240 \text{ nm} \cdot \text{eV}}{E(\text{eV})}.$$



Фиг. 1

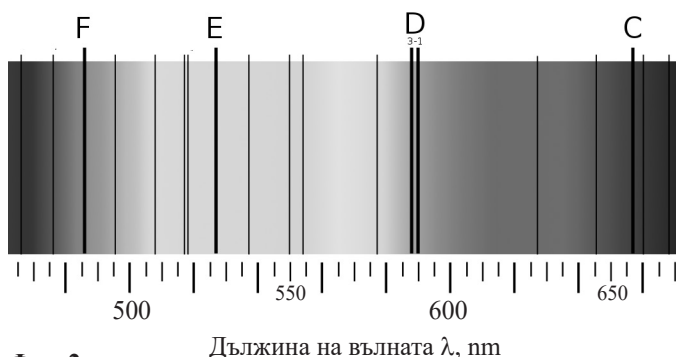
Атомен преход	Енергия на фотона E , eV	Дължина на вълната на спектралната линия λ , nm
$E_3 \rightarrow E_2$	1,89	656
$E_4 \rightarrow E_2$	2,55	486
$E_5 \rightarrow E_2$	2,86	434
$E_6 \rightarrow E_2$	3,02	411

б) Германският физик Йозеф фон Фраунхофер открива над 570 тъмни абсорбционни линии в спектъра на слънчевата светлина. Те съответстват на излъчването на различни химични елементи от слънчевата атмосфера и дават възможност да се определи нейният химичен състав. Най-силните линии е прието да се означават с главни букви от А до К.



Йозеф фон Фраунхофер
1787 – 1826

На *фиг. 2* са показани част от *фраунhoferовите линии* във видимата част от спектъра. Определете кои от тях са линии на водорода. Проучете на кои химически елементи са другите силни линии в тази част на спектъра.



Фиг. 2

Луминесценция

Подчертайте вярното.

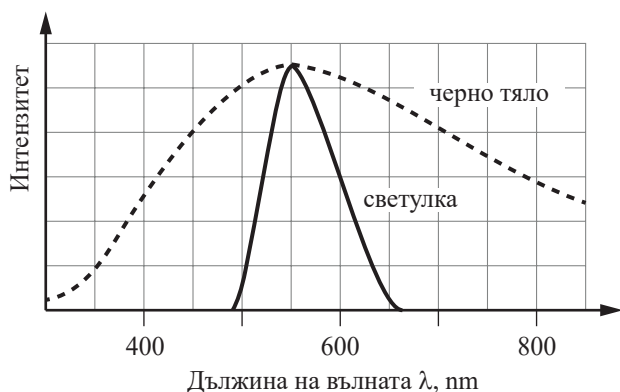
- Флуоресцентните материали излъчват светлина **след осветяване**/при химични реакции.
- Дължината на вълната на излъчената при фотолуминесценция светлина **винаги е равна на/може да е по-голяма или по-малка от** дължината на вълната на погълнатата светлина.
- Видимата светлина на тръбните енергоспестяващи лампи се излъчва от **люминофор**/разреден газ.
- Спектрите на луминесценция зависят **от химичния състав на веществото**/само от температурата.
- Ако погледнете към чаша с тоник (съдържа хинин), поставена на слънчева светлина, ще забележите много слабо небесносиво светене, което се дължи на **флуоресценция**/фосфоресценция.

Задача 87. На *фиг. 1* е показан спектърът на излъчване на светулка. С пунктир е представен спектърът на топлинното излъчване на абсолютно черно тяло с максимум, съвпадащ с максимума на излъчване на светулката.



а) Колко е абсолютната температура на черното тяло? Възможно ли е според вас орган или тъкан на жив организъм да се поддържа при такава температура?

б) Посочете други различия между спектъра на биолуминесценция на светулката и топлинното излъчване.



а) От графиката определяме, че максимумът в спектъра е при $\lambda_{\text{max}} = 550 \text{ nm} = 0,55 \cdot 10^{-6} \text{ m}$. Температурата на абсолютно черно тяло, което има максимум в спектъра на излъчване при тази температура, определяме от закона на Вин:

$$T = \frac{2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{0,55 \cdot 10^{-6} \text{ m}} \approx 5300 \text{ K}.$$

Пресметнатата температура е по-висока дори от температурата на топене на волфрама (3695 K).

Очевидно нито една органична молекула не може да съществува при такава температура.

б) От графиката се вижда, че спектърът на биолуминесценция на светулката не е непрекъснат спектър за разлика от спектъра на топлинното излъчване. Той не обхваща всички дължини на вълната, а излъчването е само в интервала от 500 nm до 650 nm.

Коментар. Линейни са само спектрите на излъчване на невзаимодействащите атоми на химичните елементи. Молекулните спектри са *ивични*. Причината е, че молекулите може да извършват въртене и трептене. Енергията на тези две движения се квантува. Затова около всяко електронно състояние на молекулата има множество ротационни и вибрационни нива. При преходите между тези допълнителни нива, принадлежащи на две различни електронни състояния, се излъчват фотони с енергия, която попада в определен енергетичен интервал (спектрална ивица). Подобен вид (спектрални ивици с изразен максимум) имат и спектрите на луминесценция на молекулните съединения. Тези спектри обаче са значително по-тесни от спектъра на топлинно излъчване (обхващат ограничен спектрален интервал), слабо се влияят от температурата, а положението на максимумите се определя от химичния състав на излъчващото вещество.

Лазери

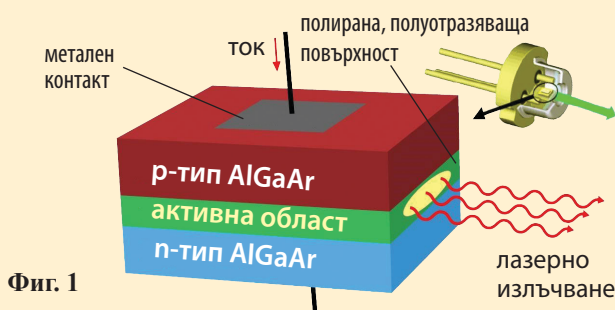
Подчертайте вярното.

- Лазерното излъчване се отличава с **монохроматичност/непрекъснат спектър**.
- Стимулираното излъчване е характерно **само за лазерите/за всички луминесцентни източници на светлина**.
- Между две състояния на активните центрове на лазер се създава инверсна населеност, когато повече центрове се намират в състоянието с **по-голяма/по-малка** енергия.
- Един от най-разпространените начини за възбуждане на активните центрове е **осветяване/нагреване чрез топлообмен** на активната среда.
- Лазерният резонатор е съставен от две успоредни **разсейвателни лещи/плоски огледала**.
- Хелий-неоновият лазер е **газов/твърдотелен** лазер.
- CO₂ лазерът излъчва във **видимата/инфрачервената** част на спектъра.

Лазерни диоди

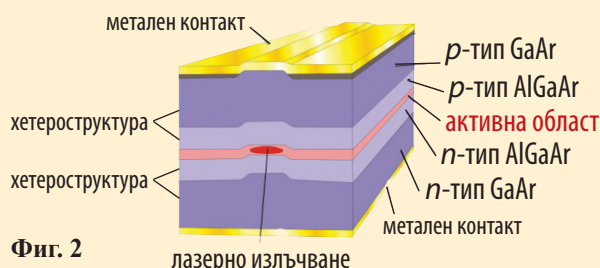
- Проучете кои са най-разпространените полупроводникови материали за производството на лазерни диоди.
- Потърсете най-прости схеми, илюстриращи структурата на лазерен диод (какво означава хетероструктура, коя е активната среда – мястото, където се извършва излъчвателна рекомбинация на електрони и дупки, какво служи за резонатор).
- Дайте примери за лазерни диоди, излъчващи във видимата и в инфрачервената област на спектъра.
- Избройте основни приложения на лазерните диоди (в електрониката, за контрол на замърсяването на въздуха и други).

На *фиг. 1* е показана схема на обикновен лазерен диод. Активната среда (област) е слой около *p-n*-прехода, образуван на плоската граница на полупроводник, легиран с донорни примеси (*n*-тип) и слой от същия полупроводник, легиран с акцепторни примеси (*p*-тип). Такава структура се нарича *хомоструктура*. Успоредните странични стени на полупроводниковия кристал се полират и служат за резонатор (огледала). При протичане на ток в права посока в активната среда се инжектират електрони и дупки.



Отначало при тяхната рекомбинация се получава спонтанно излъчване. Фотони, които са насочени перпендикулярно на огледалата на резонатора, се отразяват от тях и многократно преминават през активната среда. Те предизвикват стимулирана рекомбинация на електрони и дупки в активната среда и така се формира стимулираното лазерно лъчение.

Голяма част от съвременните лазерни диоди използват т.нар. *двойни хетероструктури* (*фиг. 2*). *Хетероструктурата* е съставена от два допиращи се слоя от различни полупроводникови материали. Такъв лазер прилича на сандвич. Активната среда е тясна ивица около *p-n*-прехода, образуван между два слоя с различна проводимост от единия вид полупроводник (например твърд разтвор (сплав) AlGaAr). Тези два вътрешни слоя на сандвича са заобиколени от слоеве от втория полупроводников материал (на схемата това е GaAr). Така активната среда е оградена с две хетероструктури (AlGaAr – GaAr). Предимството на лазерите с двойна хетероструктура е, че инжектираните електрони и дупки се задържат по-добре в активната област и се увеличава вероятността за излъчвателна рекомбинация – повишава се ефективността на лазерната генерация.



Рентгенови лъчи

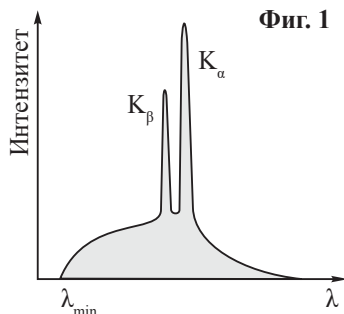
Късовълнова граница на спирачното рентгеново лъчение. От закона за запазване на енергията следва, че когато цялата кинетична енергия на един електрон се преобразува в енергия само на един рентгенов фотон, този фотон има максимална енергия и минимална дължина на вълната:

$$\frac{hc}{\lambda_{\min}} = eU; \quad \lambda_{\min} = \frac{hc}{eU}.$$

Задача 89. Пресметнете граничната дължина на вълната λ_{\min} в непрекъснатия спектър на спирачното рентгеново лъчение (фиг. 1) при ускоряващо напрежение:

- $U = 1240 \text{ V}$;
- $U = 40 \text{ kV}$.

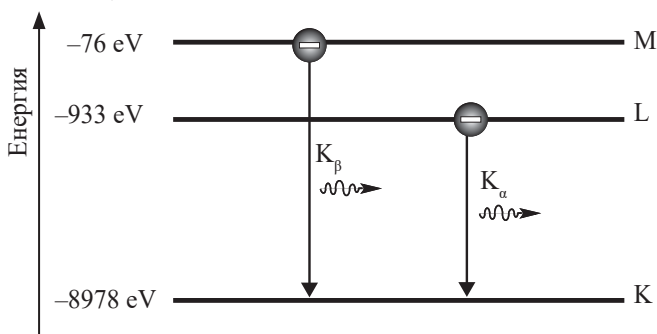
в) Обяснете как се променя спектърът на рентгеновото лъчение, когато ускоряващото напрежение нараства.



Фиг. 1

$$\begin{aligned} \text{б) } \lambda_{\min} &= \frac{hc}{eU} = \frac{1240 \text{ nm} \cdot \text{eV}}{eU(\text{eV})} \\ &= \frac{1240 \text{ nm} \cdot \text{eV}}{40\,000 \text{ eV}} = 0,031 \text{ nm}. \end{aligned}$$

Задача 90. Част от рентгеновите тръби използват за анод метала мед (Cu). На фиг. 2 са дадени електронните преходи, при които се излъчват рентгенови кванти, съответстващи на характеристичните K_α и K_β линии за Cu. Определете:



Фиг. 2

- енергията на излъчените рентгенови фотони;
- дължината на вълната за характеристичните K_α и K_β линии на Cu.

Може да пресметнем λ_{\min} , като заместим стойности-те на величините, изразени в единици SI. Може да се възползваме и от познатата работна формула

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{1240 \text{ nm} \cdot \text{eV}}{E(\text{eV})},$$

където в случая $\lambda = \lambda_{\min}$, а $E = eU$ е кинетичната енергия (в eV) на електрон, ускорен от напрежение U : например при $U = 100 \text{ V}$ енергията е $E = 100 \text{ eV}$.

$$E_{K\alpha} = -933 \text{ eV} - (-8978 \text{ eV}) = 8045 \text{ eV};$$

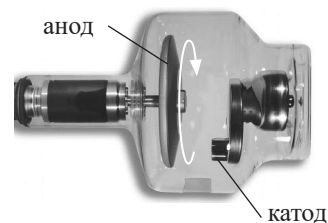
$$\lambda_{K\alpha} = \frac{hc}{E_{K\alpha}} = \frac{1240 \text{ nm} \cdot \text{eV}}{8045 \text{ eV}} = 0,154 \text{ nm}.$$

Задача 91. Електронният сноп, който бомбардира анода на рентгенова тръба, се фокусира върху малка площ. При удара с мишената около 99% от енергията на електроните се преобразуват в топлина.

Широко приложение намират съвременните рентгенови тръби с въртящ се анод (фиг. 3).

а) Обяснете как при такава тръба се избягва локалното нагряване на част от анода до много висока температура.

б) Проучете какви материали се използват за аноди на такива рентгенови тръби и как се отвежда отделената в тях топлина.



Фиг. 3. Рентгенова тръба с въртящ се анод

а) Когато анодът се върти, електронният сноп попада върху по-голяма площ и така се избягва нагряването до много висока температура ($2500 \text{ }^\circ\text{C}$) на малкото фокално петно, върху което попада електронният сноп при неподвижен анод.

б) Анодите на повечето рентгенови тръби имат сърцевина от относително по-лек материал с голям топлинен капацитет (най-често молибден и графит), която отвежда топлината. Сърцевината е покрита с материала, който е мишена за електронния сноп – най-често волфрам или сплав волфрам – рений.

Атомно ядро

$$1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \quad \text{атомна единица за маса}$$

$$\Delta E = \Delta mc^2 \quad \text{енергия на връзката}$$

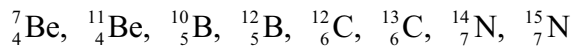
Подчертайте вярното.

- Атомният номер Z е равен на броя на **протоните**/неутроните в атомното ядро.
- Деутерият и тритият са изотопи на **лития**/водорода.
- Ядрените сили **зависят/не зависят** от електричния заряд на нуклоните.
- **Ядрените**/електричните сили се насищат.
- Енергията на връзката е еднаква за всички ядра/**зависи от масовото число**.
- Специфичната енергия на връзката се измерва в **meV/MeV**.
- За да определим енергията на връзката на едно атомно ядро, е достатъчно да знаем масовото число/**масовия дефект** за това ядро.

Задача 92. Оловото има четири стабилни изотопа: ${}_{82}^{204}\text{Pb}$; ${}_{82}^{206}\text{Pb}$; ${}_{82}^{207}\text{Pb}$; ${}_{82}^{208}\text{Pb}$. По колко неутрона съдържа ядрото на всеки от тези изотопи?

$$\begin{aligned} 204 - 82 &= 122 \text{ неутрона;} \\ 206 - 82 &= 124 \text{ неутрона;} \\ 207 - 82 &= 125 \text{ неутрона;} \\ 208 - 82 &= 126 \text{ неутрона.} \end{aligned}$$

Задача 93. Изотони се наричат ядра на различни химични елементи с еднакъв брой неутрони. Подчертайте ядрата изотони.

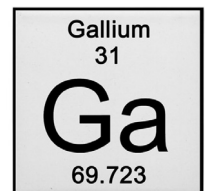


Подчертаните ядра са изотони, защото всяко от тях съдържа по 7 неутрона.

Задача 95. Голяма част от химичните елементи имат по два или повече изотопа, които се срещат на Земята. За атомна маса на природните елементи, представляващи смес от изотопи, се приема средната стойност на атомната маса на изотопите, като се отчете тяхното процентно съдържание. Тези средни стойности са представени в периодичната таблица.

а) Химичният елемент мед (Cu) има два изотопа ${}_{29}^{63}\text{Cu}$ и ${}_{29}^{65}\text{Cu}$ с атомни маси съответно 62,929 u и 64,927 u. Колко е средната атомна маса на медта, ако в природната мед 69,15% е от изотопа ${}_{29}^{63}\text{Cu}$?

б) Химичният елемент галий (Ga) има два стабилни изотопа Ga-69 и Ga-71 с атомни маси съответно 68,926 u и 70,925 u. Определете (в проценти) разпространението на двата изотопа на Земята, ако средната атомна маса на галия е 69,723 u.



$$\begin{aligned} \text{а) } &0,6915(62,929 \text{ u}) + (1 - 0,6915)(64,927) \\ &= 63,545 \text{ u.} \end{aligned}$$

б) Означаваме с x съдържанието на изотопа Ga-69. Тогава:

$$69,723 \text{ u} = x(68,926 \text{ u}) + (1 - x)(70,925 \text{ u});$$

$$x = \frac{70,925 \text{ u} - 69,723 \text{ u}}{70,925 \text{ u} - 68,926 \text{ u}} = 0,6013;$$

$$x = 60,13\%.$$

Радиоактивност

Подчертайте вярното.

- Алфа-частиците са **протони/хелиеви ядра**.
- С еднаква скорост във вакуум се разпространяват всички **бета-лъчи/гама-лъчи**.
- Най-голяма проникваща способност имат **алфа-лъчите/гама-лъчите**.
- Рентгеновите лъчи не са вид радиоактивност, защото **имат малка енергия/не се излъчват от атомните ядра**.
- През периода на полуразпадане **всяко ядро се разпада на две половини/се разпадат половината от наличните ядра**.
- Периодът на полуразпадане на даден радиоизотоп **намалява/не се изменя** с течение на времето.
- Радиоактивен е изотопът **въглерод-12/въглерод-14**.
- Грей (Gy) е единица за **погълната доза/еквивалентна доза**.
- Сиверт (Sv) е единица за **погълната доза/еквивалентна доза**.

Задача 96. Представете си, че разполагате с препарат, в който в началния момент се съдържат 512 трилиона радиоактивни ядра с период на полуразпадане 1 час. Колко такива ядра ще се съдържат приблизително в препарата след:

- а) 1 час; б) 2 часа; в) 4 часа; г) 8 часа; д) 9 часа?

В 10. клас не изразяваме с формула закона за радиоактивното разпадане. Задачите, които решаваме, се свеждат до определяне на броя на радиоактивните ядра (или каква част от наличните в началния момент радиоактивни ядра е останала в препарата), след като са изминали периоди от време, целочисленократни на периода на полуразпадане $T_{1/2}$. Отчитаме, че след всеки период на полуразпадане наличните ядра намаляват 2 пъти.

а) След време $t = T_{1/2} = 1$ час наличните ядра са:

$$N = \frac{1}{2} N_0 = \frac{1}{2} \times 512 \cdot 10^{12} = 256 \cdot 10^{12} \text{ ядра.}$$

б) След време $t = 2T_{1/2} = 2$ часа наличните ядра са:

$$N = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} N_0 \right) = \left(\frac{1}{2} \right)^2 N_0 = \frac{1}{4} N_0 = 128 \cdot 10^{12}.$$

в) След време $t = 4T_{1/2} = 4$ часа наличните ядра са:

$$N = \left(\frac{1}{2} \right)^4 N_0 = \frac{N_0}{16} = 32 \cdot 10^{12}.$$

д) След време $t = 9T_{1/2} = 9$ часа наличните ядра са:

$$N = \left(\frac{1}{2} \right)^9 N_0 = \frac{N_0}{512} = 1 \cdot 10^{12}.$$

Задача 99. Тъкан от тялото на специалист, работещ в зона с повишена радиация, поглъща дози $D_\alpha = 0,8 \cdot 10^{-5}$ Gy α -лъчение, $D_\beta = 5 \cdot 10^{-5}$ Gy β -лъчение и $D_\gamma = 9 \cdot 10^{-5}$ Gy γ -лъчение. Определете общата еквивалентна доза H за тази тъкан. Радиационните тегловни фактори за трите вида лъчение са $W_\alpha = 20$ и $W_\beta = W_\gamma = 1$.

Задачата се решава както примера на с. 109 в учебника:

$$\begin{aligned} H &= W_\alpha D_\alpha + W_\beta D_\beta + W_\gamma D_\gamma \\ &= 20(0,8 \cdot 10^{-5} \text{ Gy}) + 1(5 \cdot 10^{-5} \text{ Gy}) + 1(9 \cdot 10^{-5} \text{ Gy}) \\ &= 3 \cdot 10^{-4} \text{ Sv} = 0,3 \text{ mSv.} \end{aligned}$$

Обърнете внимание на учениците, че в разгледания пример приносът на алфа-лъчението в общата еквивалентна доза е най-голям, независимо че погълнатата доза от алфа-лъчи е най-малка. Причината е, че радиационният тегловен фактор за алфа-лъчението е много по-голям (20 пъти) от радиационните тегловни фактори за бета- и гама-лъчите.

Видове радиоактивност

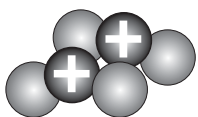
Подчертайте вярното.

- При алфа-разпадане ядрото губи **два/четири** неутрона.
- След бета-разпадане електричният заряд на ядрото се **променя/не се променя**.
- След бета-разпадане броят на нуклоните в ядрото **не се променя/намалява**.
- Позитронът е частица с **положителен/отрицателен** електричен заряд.
- Неутрино взаимодейства с веществото **извънредно слабо/както фотон със същата енергия**.
- Неутрино се отделя при β^-/β^+ -разпадане.
- След гама-излъчване съставът на атомното ядро **се променя/не се променя**.
- За да излъчи гама-квант, атомното ядро трябва да се намира в **основно/възбудено** състояние.
- Дъщерното ядро, получено след β^- -разпадане, има **по-голям/по-малък** атомен номер Z от изходното ядро.
- Изотопите на урана, които се срещат в природата, са **алфа/бета**-радиоактивни.

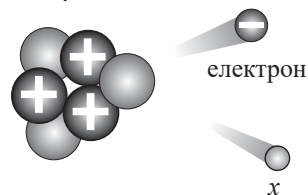
Задача 100. Радиоизотопите, които не се срещат в природата, а са създадени в лабораторни условия, са източници на *изкуствена радиоактивност*. Разпадането на един такъв изотоп се илюстрира от *фиг. 1*.

- а) На кой химичен елемент е този изотоп?
- б) Какъв вид радиоактивно разпадане претърпява той?
- в) На кой химичен елемент е дъщерното ядро?
- г) Коя е означената с x частица?
- д) Запишете с формула процеса на радиоактивното разпадане.

Преди разпадането



След разпадането



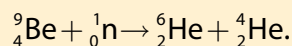
Фиг. 1

Задачата спомага за изграждане на умения ученикът да извлича информация от схема (рисуника) – да разпознае вида на процеса и частиците, участващи в него, и да изрази този процес (електронно бета-разпадане на радионуклида хелий-6, при което се получава ядрото литий-6) с формула.

Допълнителна информация

В земната атмосфера се съдържат малки количества от стабилния изотоп хелий-4 и изключително малко от втория стабилен изотоп на хелия (хелий-3). При различни изкуствени ядрени реакции засега са получени още седем

радиоактивни изотопа на хелия. С най-голямо време на живот (0,8 s) сред тях е изотопът хелий-6. Той се създава при бомбардиране на берилий с неутрони:



Задача 103. Ядрата ${}^{239}_{93}\text{Np}$ претърпяват електронно (β^-) разпадане. Дъщерните ядра също са радиоактивни и след разпадането им се получава изотопът ${}^{235}_{92}\text{U}$. Запишете с формули двата процеса на радиоактивно разпадане. Използвайте Периодичната таблица.

Допълнителна информация

Всички изотопи на нептуния (Np) и плутония (Pu) са радиоактивни и практически не се срещат в природата (в земната кора има само следи от най-дългоживеещите изотопи на тези елементи). Изотопи на Np и Pu се получават в ядрените реактори. Изотопът уран-235 се среща в природата. Той е 0,72% от природния уран и се използва като гориво в ядрените реактори. Той е алфа-радиоактивен с период на полуразпадане 700 милиона години.

В природата съществуват радиоактивни редове (семейства), на които се дължи голяма част от естествената радиоактивност. Едно от тях (семейството на урана-радия) с родоначалник уран-238 е представено на с. 132 в учебника. С изотопа уран-235 започва друго радиоактивно семейство (на урана – актиния).

Ядрена енергия

Подчертайте върното.

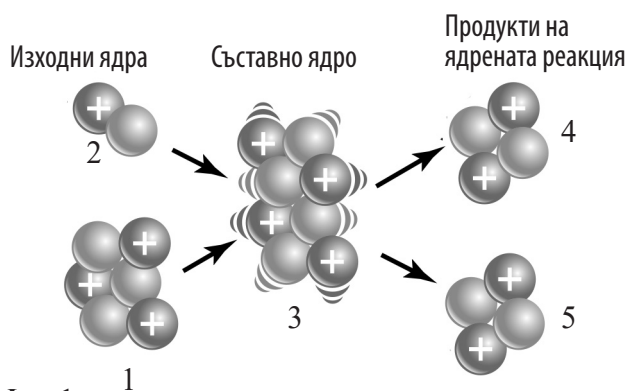
- Деленето на ядрата на урана се предизвиква от **бавни/бързи** неутрони.
- Масата на урана трябва да е **по-голяма/по-малка** от критичната маса, за да е възможно протичане на верижна реакция.
- За осъществяване на ядрена реакция на делене в ядрените реактори се използва изотопът **уран-238/уран-235**.
- Регулиращите пръчки на ядрения реактор съдържат елемента бор, който **отразява/поглъща** част от неутроните.
- В обогатения уран процентното съдържание на изотопа **уран-238/уран-235** е по-голямо, отколкото в природния уран.
- Ядрените реактори на АЕЦ „Козлодуй“ се наричат *водно-водни реактори*, защото водата изпълнява едновременно две функции: охлажда реактора и **забавя/предава енергия** на неутроните.
- Вече използваното ядрено гориво е отпадък, който **почти не съдържа/съдържа голямо количество** радиоактивни вещества.

Задача 104. Фиг. 1 илюстрира един вид ядрена реакция. Изходните ядра 1 и 2 се удрят и се сливат в едно *съставно ядро* 3, което е изключително нестабилно и веднага се разцепва на ядрата 4 и 5, наречени *продукти* на ядрената реакция. При този процес се отделя енергия (22,2 MeV).

а) Кои са ядрата 1, 2, 3, 4 и 5? (При необходимост използвайте Периодичната таблица.)

б) Запишете ядрената реакция с формула.

Указание. Съставното ядро 3 не се включва във формулата. Отляво се записва сумата от изходните частици, а отдясно – сумата от частиците, получени след реакцията (продукти на реакцията). Двете части се свързват със стрелка.



Фиг. 1

Задачата спомога за изграждане на умения ученикът да извлича информация от схема (рисунок) – да разпознае вида на процеса и частиците, участващи в него, и да изрази този процес (ядрена реакция) с формула.

Допълнителна информация

На с. 116 в учебника е разгледана реакцията на ядрен синтез на деутерий с тритий, при която се получават хелий-4 и неутрон. Посочено е, че около 80% от освободената енергия се отнасят от неутрона. Мощните потоци от неутрони нанасят поражения на материалите, опасни са за човека, трудно се екранират и е трудно да се използва тяхната енергия. Това е един от проблемите пред термоядрената енергетика. Затова интерес за съвременната наука представляват и реакции на термоядрен синтез, при които се отделят само заредени частици. Типичен пример за такава реакция е разгледан в задачата. При синтеза на литий-6 с деутерий се отделят 22,2 MeV енергия, която се отнася като кинетична енергия на двете заредени алфа-частици (хелий-4). Енергията на заредените частици много по-лесно може да се преобразува в електрична енергия, отколкото енергията на неутроните. Освен това защитата от алфа-лъчите е лесно осъществима и такъв реактор би бил много екологичен и безопасен.

Проблемът е, че реакциите на термоядрен синтез без отделяне на неутрони протичат при още по-екстремални условия в сравнение с условията, при които е възможен управляем термоядрен синтез на деутерий с тритий.

Елементарни частици. Кварки

Подчертайте вярното.

- Свободните **протони**/неутрони са стабилни частици.
- Протоните и неутроните са **бариони**/лептони.
- Електронът и неутриното са **бариони**/лептони.
- Античастици имат **всички**/само заредените частици.
- Аниhilацията е процес, който протича между **частица и нейната античастица**/две еднакви античастици.
- Адрони е общото название на **барионите и мезоните**/всички частици, които имат маса.
- От кварки са изградени **адроните**/лептоните.
- Взаимодействието между **кварките**/лептоните се нарича силно взаимодействие.
- Всички кварки са **заредени**/електронеутрални частици.
- От три кварка са изградени **барионите**/мезоните.
- От един кварк и един антикварк са изградени **мезоните**/заредените лептони.
- Взаимодействието между кварките се определя главно от техния **електричен/цветен** заряд.
- Според съвременните научни теории кварките **може да съществуват самостоятелно като свободни частици/винаги са свързани в адрони**.

Задача 107. Положителният сигма барион (Σ^+) е съставен от един странен кварк (s-кварк) и два кварка от първо поколение (u- или d-кварки). Използвайте закона за запазване на електричния заряд и определете кварковия състав на Σ^+ бариона.

Указание. Учениците да използват таблиците на с. 120 и с. 118 в учебника.

Σ^+ барионът има заряд $+e$, където e е елементарният заряд. Зарядът на s-кварка е $-e/3$. За да се получи барион със заряд $+e$, двата кварка от първо поколение, които влизат в състава му, трябва да са u-кварки:

$$-e/3 + 2e/3 + 2e/3 = +e.$$

Задача 109. Положителният пи-мезон (π^+) е съставен от един кварк и един антикварк, които са от първо поколение (u или d). Използвайте закона за запазване на електричния заряд и определете кварковия състав на π^+ -мезона.

π^+ мезонът има заряд $+e$. Такъв сумарен заряд може да се получи от един кварк и един антикварк от първо поколение, ако кваркът е u-кварк, а антикваркът е \bar{d} : $+2e/3 + e/3 = +e$.

Припомнете, че кварките и съответстващите им антикварки имат противоположни електрични заряди: $-e/3$ е зарядът на d-кварка, а зарядът на \bar{d} -антикварка е $+e/3$.

Любопитно за кварките

Теорията за кварките е разработена от американските физици Мъри Гел-Ман и Джордж Цвайг, които работят по нея независимо един от друг. Цвайг предлага новите частици да се наричат *аса*. Това предложение обаче не добива популярност вероятно защото асата в колодата карти са четири, а според първоначалния модел новите частици са три. Възприема се предложението от Гел-Ман название *кварки*. Проучете откъде Гел-Ман заимства думата кварк.

Гел-Ман заимства думата кварк от романа *Бдение над Финеган* на ирландския писател Джеймс Джойс. В съня си герой от романа чува странен крясък на чайки: *Три кварка за мистър Марк*. Според едно от предположенията Джойс измисля думата *кварк* като звукоподражание на крясъка на морските птици. Според друго предположение той я заимства от немски език, където думата *кварк* има две значения: 1. извара; 2. безсмислица.

Втората ключова дума в цитата е *три*, защото първоначалният кварков модел на адроните включва само три кварка (горен, долен и странен).

Звезди

Подчертайте вярното.

- Източник на енергия при звездите са процеси на **ядрен синтез**/делене на тежки ядра.
- Основното ядрено гориво за звездите от главната последователност е **водородът**/уранът.
- Светимостта на звездите се пресмята по закона на **Вин/Стефан**.
- Диаграмата спектър-светимост изразява зависимостта на светимостта на звездите от тяхната **маса/ефективна температура**.
- По време на своето развитие звездите **променят**/не променят своето положение върху диаграмата спектър-светимост.
- Слънцето е **бяло/жълто** джудже.

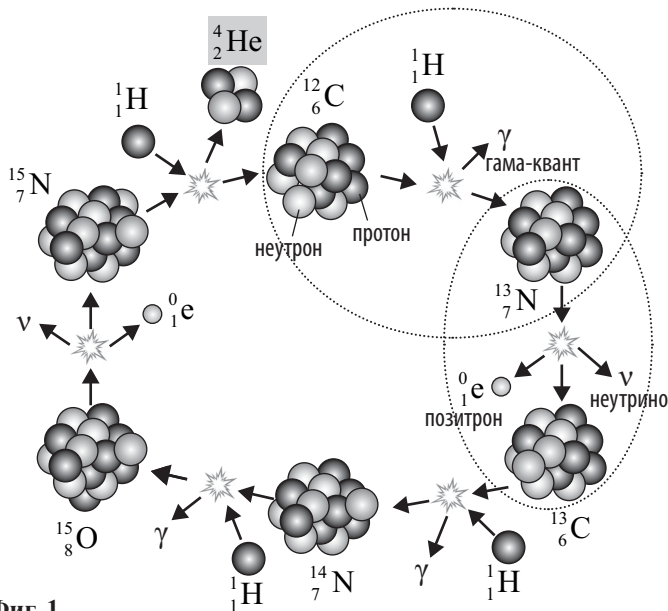
Задача 111. Сините хипергиганти са звезди с изключително голяма светимост. Колко пъти светимостта L на син хипергигант с радиус $R = 70R_{\odot}$ и ефективна температура $T = 3T_{\odot}$ е по-голяма от светимостта L_{\odot} на Слънцето?

$$L = 4\pi\sigma(70R_{\odot})^2(3T_{\odot})^4$$

$$= 70^2 \times 3^4 (4\pi\sigma R_{\odot}^2 T_{\odot}^4) \approx 4.10^5 L_{\odot}.$$

Задача 112. Термоядреният синтез в масивните звезди от главната последователност, при който водородът се превръща в хелий, се извършва по т.нар. CNO-цикъл (въглерод-азот-кислороден цикъл).

CNO-цикълът е съставен от шест процеса, показани схематично на *фиг. 1*. За нагледност първите два процеса са оградени с овали.



Фиг. 1

а) Запишете с формули всички процеси от цикъла. Първият процес вече е записан.

б) Въглеродът, азотът и кислородът участват в цикъла като катализатори. Променя ли се тяхното количество?

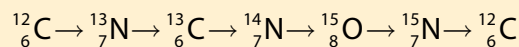
- а) 1. ${}^{12}_6\text{C} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{13}_7\text{N} + \gamma;$
2. ${}^{13}_7\text{N} \rightarrow {}^{13}_6\text{C} + {}^0_1\text{e} + \nu;$
3. ${}^{13}_6\text{C} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + \gamma;$
4. ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{15}_8\text{O} + \gamma;$
5. ${}^{15}_8\text{O} \rightarrow {}^{15}_7\text{N} + {}^0_1\text{e} + \nu;$
6. ${}^{15}_7\text{N} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^4_2\text{He}.$

Допълнителна информация

Най-бавен е процес 4 от CNO-цикъла (когато ядро азот-14 захваща протон). Този процес определя скоростта, с която се отделя енергията в звездата. Предполага се, че CNO-цикълът е преобладаващ в звездите, чиято маса е над 1,3 пъти по-голяма от масата на Слънцето.

Може да поставите допълнителна задача (за проект) учениците да проучат какви други разновидности има CNO-цикъла. По какво се различават студените CNO-цикли от горещите CNO-цикли?

б) Ядрото въглерод-12, което се използва в първата реакция, търпи поредица от трансформации



и се възстановява при последния процес. Така че CNO-цикълът не води до промяна на съдържанието на въглерод, азот и кислород в звездата.

Еволюция на звездите

Подчертайте вярното.

- При образуването на звезди газовите облаци се свиват под действие на **гравитационни**/ядрени сили.
- Младите звездни образувания, в които все още не са започнали ядрените реакции, се наричат **протозвезди**/черни дупки.
- Най-бързо изчерпват ядреното си гориво **най-масивните звезди**/звездите с най-малка маса.
- Крайният стадий в еволюцията на Слънцето ще бъде **бяло джудже**/неутронна звезда.
- По-голяма плътност имат **белите джуджета**/**неутронните звезди**.
- Пулсарите са **неутронни звезди**/звезди от главната последователност.
- В черни дупки се превръщат **най-масивните**/най-старите звезди.

Задача 113. Схемата илюстрира еволюцията на звездите в зависимост от тяхната маса. Поставете на правилните места надписите от списъка.

Списък

черна дупка, неутронна звезда, звезда от главната последователност, бяло джудже, червен гигант, свръхнова, червен свръхгигант, планетарна мъглявина



Вселената. Развитие на Вселената

Подчертайте вярното.

- В много голям мащаб Вселената **е еднородна**/има център и периферия.
- Вселената се **разширява**/свива.
- Тъмната енергия е **съсредоточена в черните дупки**/**разпределена равномерно в цялата Вселена**.
- Най-голямата част от веществото (главно водород) във Вселената е в звездите/**междугалактическият газ**.
- Фоновото (реликтовото) лъчение **запълва равномерно цялата Вселена**/е съсредоточено около звездите.
- Максимумът в спектъра на фоновото лъчение е в **микровълновата**/ултравиолетовата област на спектъра.
- Според съвременните наблюдения Вселената се разширява **равномерно**/с **ускорение**.
- Вселената става прозрачна за лъчението след образуването на **атомни ядра**/**неутрални атоми**.

Задача 115. Фоновото лъчение има спектър на абсолютно черно тяло с температура $T = 2,7$ К. С помощта на закона на Вин определете при каква дължина на вълната λ_{\max} е максимумът в спектъра на фоновото лъчение.

$$\lambda_{\max} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{T} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{2,7 \text{ K}} \\ = 1,07 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1,07 \text{ mm}.$$

Задача 116. Константата на Хъбъл H може да се представи с различни мерни единици. Когато в закона на Хъбъл $v = Hr$ изразяваме разстоянието между галактиките в светлинни години (ly), най-удобно е да представим константата на Хъбъл като $H = 21 \cdot 10^{-6} \text{ (km/s)/ly}$.

Тогава при численото пресмятане по закона на Хъбъл получаваме скоростта на галактиката в km/s.

а) С каква скорост v се отдалечава от нас галактика, която се намира на разстояние $r = 3 \cdot 10^9$ ly от Млечния път?

б) Получете числената стойност на константата на Хъбъл H в основните единици SI (1/s), като отчетете, че $1 \text{ ly} = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m}$.

в) Законът на Хъбъл може да се запише във вида

$t_H = \frac{r}{v} = \frac{1}{H}$, където времето $t_H = 1/H$ се нарича *време на Хъбъл*. То служи за оценка на възрастта на Вселената. Това е времето, за което два обекта (например галактики), които сега са много отдале-

чени един от друг (на разстояние r), ще достигнат тази отдалеченост, ако през цялото време след Големия взрив се раздалечават с постоянна относителна скорост v , определена по закона на Хъбъл.

Пресметнете времето на Хъбъл $t_H = 1/H$ и го сравнете със съвременните данни за възрастта на Вселената (13,8 млрд. години).

$$\text{б) } H = 21 \cdot 10^{-6} \frac{\text{km}}{\text{s} \cdot \text{ly}} \\ = 21 \cdot 10^{-6} \frac{1000 \text{ m}}{\text{s} \cdot (9,46 \cdot 10^{15} \text{ m})} = 2,2 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}.$$

$$\text{в) } t_H = \frac{1}{H} = \frac{1}{2,2 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}} = 4,545 \cdot 10^{17} \text{ s}$$

= 14,4 милиарда години.

Получената стойност е малко по-голяма от възрастта на Вселената. Направената оценка се отнася за случая на линейно разширение на Вселената, докато в действителност разширението не е линейно. Нелинейността на разширението се отчита чрез безразмерен множител, който се определя от общата маса-енергия във Вселената и е около 0,96.

Тест 5 (От атома до Космоса)

1. Четири различни молекули се движат с еднаква скорост. Най-малка дължина на вълната на Дьо Бройл има молекулата:

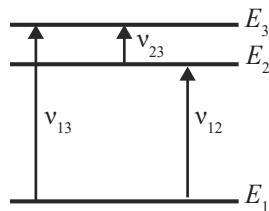
- водород
- амоняк
- алфа-аминокиселина
- солна киселина

Задачата прави междупредметна връзка с химията, където учениците са изучавали изброените молекули. Те знаят, че сред тях най-сложна структура, включваща голям брой атоми (C, O, N, H), имат алфа-аминокиселините, които клетките използват за синтез на белтъци. Най-голяма е и тяхната маса. Съгласно формулата на Дьо Бройл $\lambda = h/mv$ при еднаква скорост v най-малка дължина на вълната λ има частицата (молекулата) с най-голяма маса m .

5. На схемата са показани три състояния на атом и честотите на фотоните, които се поглъщат от атома при различни преходи между тези състояния.

Определете честотата ν_{12} , ако $\nu_{13} = 9.10^{14}$ Hz и $\nu_{23} = 3.10^{14}$ Hz.

- 12.10^{14} Hz
- 9.10^{14} Hz
- 6.10^{14} Hz
- 3.10^{14} Hz



$h\nu_{12} = E_2 - E_1$, където заместваме

$$E_2 = E_3 - h\nu_{23} \text{ и } E_1 = E_3 - h\nu_{13}.$$

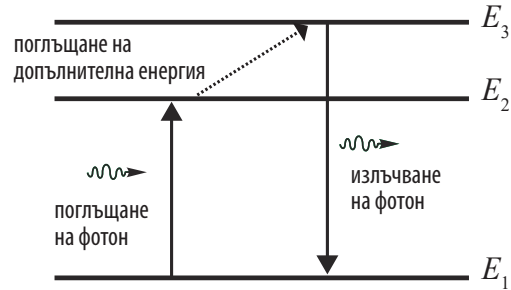
Получаваме:

$$h\nu_{12} = -h\nu_{23} + h\nu_{13} \text{ или } \nu_{12} = \nu_{13} - \nu_{23}.$$

Може да решим задачата „на пръсти“, като съобразим, че честотата на фотоните е право пропорционална на тяхната енергия, т.е. на разликата в енергиите на съответните нива:

$$\nu_{12} = \nu_{13} - \nu_{23} = 9.10^{14} \text{ Hz} - 3.10^{14} \text{ Hz} = 6.10^{14} \text{ Hz}.$$

6. На схемата е показан случай на фотолуминесценция. Каква би могла да е излъчената светлина, ако веществото поглъща фотони на синя светлина?



- ултравиолетова
- зелена
- жълта
- червена

От схемата се вижда, че излъченият фотон има по-голяма енергия (честота) от погълнатия фотон. От изброените варианти на отговор по-голяма честота (енергия) от фотоните на синята светлина имат само фотоните на ултравиолетовата светлина.

Допълнителна информация

Фотолуминесценция, при която излъчената светлина има по-голяма дължина на вълната (по-малка честота) от възбуждащата светлина, се нарича *стоксова фотолуминесценция*. Тя се среща по-често (вж. фиг. 1 и 2 на с. 100 в учебника). Когато излъчената светлина има по-малка дължина на вълната (по-голяма честота), говорим за *антистоксова фотолуминесценция*.

10. След радиоактивно разпадане се получава ядро, в което има един неутрон повече, отколкото в изходното ядро. Изходното ядро е претърпяло:

- позитронно бета-разпадане
- електронно бета-разпадане
- алфа-разпадане
- Такъв процес не е възможен.

Позитронното бета-разпадане може формално да се разглежда като процес, при който един от протоните в ядрото се превръща в неутрон и ядрото излъчва позитрон и неутрино. Не трябва да забравяме обаче, че това е процес, в който участва цялото ядро. Позитронно бета-разпадане (β^+ -разпадане) на свободен протон е невъзможно, защото противоречи на закона за запазване на енергията.

12. Неутронът е изграден от:

- а) един протон и един електрон
- б) от един кварк и един антикварк
- в) от два кварка с противоположни електрични заряди
- г) от три кварка

Неутронът е барион и е изграден от три кварка.

Коментар. Радиоактивното разпадане не трябва да се разглежда като процес, при който нещо (ядро) се разпада на съставните си части. Например свободният неутрон е нестабилна частица. Тя претърпява електронно бета-разпадане, при което от неутрона се получават протон, електрон и антинейтрино. Това обаче не означава, че тези частици са се съдържали в неутрона. Неутронът не е изграден от такива частици. Споменатите частици възникват (създават се) в резултат на процеса на разпадане на неутрона, т.е. неутронът не се разпада на съставните си части, а се раждат нови частици, които не са се съдържали в неутрона.

15. Наблюдават звезда с маса приблизително равна на масата на Слънцето. Температурата на нейната повърхност е по-ниска от температурата на Слънцето и въпреки това звездата има по-голяма светимост от Слънцето. Най-вероятно това е:

- а) червен гигант
- б) син гигант
- в) звезда от главната последователност
- г) бяло джудже

Сините гиганти и белите джуджета отпадат като възможни отговори, защото имат по-висока температура от Слънцето, а освен това сините гиганти имат по-голяма, а белите джуджета – по-малка светимост от Слънцето (имат малък радиус). Звезда от главната последователност с масата на Слънцето би имала почти същия радиус, както Слънцето. Ако такава звезда е с по-ниска температура, тя най-вероятно ще има по-малка светимост от Слънцето.

Верният отговор е *червен гигант*. Червените гиганти имат голяма светимост поради големия си радиус. Тяхната плътност и температура (3000 K – 5000 K) са сравнително ниски. В хода на своята еволюция Слънцето ще се превърне (след около 5 млрд. години) в червен гигант и ще увеличи размерите си около 200 пъти – ще достигне почти до сегашната земна орбита).

20. Според теорията на Големия взрив Вселената става прозрачна за лъченията след като:

- а) от кварките се образуват адрони
- б) приключват процесите на аниhilация
- в) протоните и неутроните се свързват в атомни ядра
- г) ядрата се свързват с електрони и се образуват електроннеутрални атоми

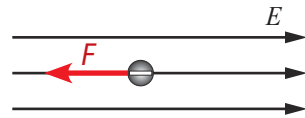
„При $T < 4000$ K електроните се свързват с ядрата и се получават неутрални атоми на водорода и хелия, от които по-късно се образуват газовите облаци, звездите и галактиките. Неутралните атоми практически не поглъщат. Затова след изчезването на заредените частици Вселената става *прозрачна за лъчението*.“ с. 131 в учебника.

Когато Вселената е била съставена от заредени частици (например плазма от атомни ядра и свободни електрони), тя е била непрозрачна за лъчението. Фотоните непрекъснато се разсейват от заредените частици (поглъщат и излъчват) и изминават много малки разстояния, до следващото разсейване, при което хаотично променят посоката си на разпространение.

Тест 6 (Годишен преговор)

2. Отрицателен точков заряд с големина $q = 2 \cdot 10^{-8}$ C се намира в еднородно електростатично поле с интензитет $E = 6 \cdot 10^4$ V/m. Големината и посоката на електричната сила F , действаща на заряда, са:

- а) $1,2 \cdot 10^{-3}$ N, \rightarrow
- б) $1,2 \cdot 10^{-3}$ N, \leftarrow
- в) $3 \cdot 10^{12}$ N, \downarrow
- г) $3 \cdot 10^{-4}$ N, \uparrow



$$F = qE = (2 \cdot 10^{-8} \text{ C})(6 \cdot 10^4 \text{ V/m}) = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ N.}$$

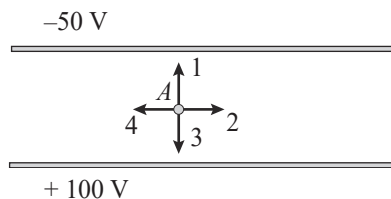
3. Напрежението между две точки от еднородно електростатично поле, лежащи върху една и съща силова линия и разположени на разстояние ℓ една от друга, е U . Колко е напрежението, ако точките от силовата линия са на разстояние 3ℓ една от друга?

- а) $U/9$
- б) $U/3$
- в) $3U$
- г) $9U$

$U = E\ell$, т.е. напрежението е право пропорционално на разстоянието между двете точки. Когато разстоянието нарасне 3 пъти, напрежението също нараства три пъти и става $3U$.

4. На фигурата са показани две еднакви успоредни заредени пластинки с потенциали $+100$ V и -50 V, които са разположени близо една до друга. Коя от стрелките показва правилно посоката на интензитета на електричното поле в точка A?

- а) 1
- б) 2
- в) 3
- г) 4

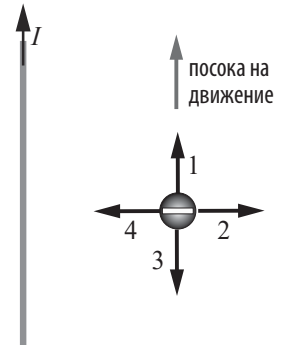


Интензитетът е насочен от пластинката с по-висок потенциал ($+100$ V – това е пластинката с положителен заряд) към пластинката с по-нисък потенциал (-50 V).

Коментар. Припомнете, че потенциалът се определя с точност до константа. Както при гравитационната потенциална енергия в механиката, нулевото равнище може да се избере по различен начин. Ако в случая изберем за нула потенциала на горната пластинка, тогава долната пластинка ще има потенциал $+150$ V. Независимо от избора на нулевото равнище обаче потенциалната разлика между двете пластинки винаги е 150 V.

6. Отрицателен йон се движи успоредно на дълъг праволинеен проводник, по който тече ток I (вж. фигурата). Коя от стрелките показва посоката на магнитната сила, действаща на йона?

- а) 1
- б) 2
- в) 3
- г) 4



Учениците трябва да приложат правилото на дясната ръка два пъти: 1. Определят, че в точката, в която се намира йонът, магнитната индукция на полето на тока е насочена от тях към чертежа, перпендикулярно на неговата равнина. 2. Пак по правилото на дясната ръка определят, че йонът се отблъсква от проводника (стрелка 2).

Може да решат задачата, като съобразят, че случаят е аналогичен на два успоредни проводника, по които текат противоположни токове – проводниците се отблъскват.

8. Доближаваме силен магнит към топчето от фигурата. То се намагнитва и се привлича към магнита. При отдалечаване на магнита топчето се размагнитва напълно. От опита може да направим извода, че топчето е от:

- а) пиезоелектричен материал
- б) диамагнитен материал
- в) парамагнитен материал
- г) феромагнитен материал



Топче от феромагнитен материал също се намагнитва и се привлича от постоянен магнит. Само че след премахването на външното поле то не се размагнитва напълно. Диамагнитните материали се отблъскват от силен магнит. Магнитните свойства на пиезоелектричните материали са различни. Например кварцът е диамагнитен материал, докато при наночастици от бариев титанат се открива слаб феромагнетизъм.

Верният отговор е *парамагнитен материал*.

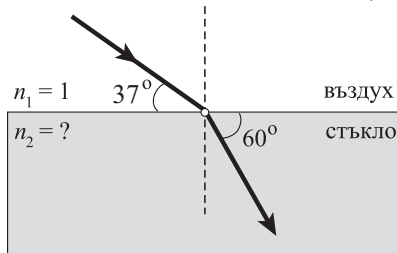
11. Монохроматична светлинна вълна има дължина $\lambda = 500 \text{ nm}$, когато се разпространява в стъкло с показател на пречупване $n = 1,5$. Колко е дължината λ_0 на тази вълна във вакуум?

- а) 333 nm б) 500 nm в) 750 nm г) 900 nm

$$\lambda_0 = n\lambda = 1,5(500 \text{ nm}) = 750 \text{ nm}.$$

12. Светлинен лъч се пречупва от границата въздух – стъкло. Като използвате данните от фигурата, определете показателя на пречупване n_2 на стъкло. ($\sin 37^\circ = 0,6$; $\sin 53^\circ = 0,8$; $\sin 60^\circ = 0,87$)

- а) 1,4
б) 1,5
в) 1,6
г) 1,7



От чертежа определяме ъглите на падане и на отражение, които са съответно

$$\alpha_1 = 90^\circ - 37^\circ = 53^\circ \text{ и } \alpha_2 = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ.$$

Показателя на пречупване на стъклото определяме от закона на Снелиус:

$$n_2 = \frac{n_1 \sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{1 \times \sin 53^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{0,8}{0,5} = 1,6.$$

14. Когато катодът на фотоклетка се облъчи с монохроматична светлина с енергия на всеки от фотоните 3,1 eV, максималната кинетична енергия на отделените фотоелектрони е 1,2 eV. Колко е отделителната работа за този фотокатод?

- а) 1,2 eV б) 1,9 eV в) 2,6 eV г) 3,3 eV

Използваме закона на Айнщайн за фотоефекта:

$$A_e = 3,1 \text{ eV} - 1,2 \text{ eV} = 1,9 \text{ eV}.$$

15. Ядра на трите изотопа на водорода се движат с еднаква кинетична енергия. Кое от тях има най-голяма дължина на вълната на Дьо Бройл?

- а) протий (водород)
б) тритий
в) деутерий
г) Трите ядра имат еднаква дължина на вълната на Дьо Бройл.

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}} \text{ – при еднаква кинетична енергия } E_k \text{ най-голяма дължина на вълната на Дьо Бройл има частицата с най-малка маса (протий).}$$

18. Две звезди с радиуси R_1 и $R_2 = 4R_1$ имат еднаква светимост. Колко е отношението T_1/T_2 на ефективните температури на техните повърхности?

- а) 4
б) 2
в) 1/2
г) 1/4

Светимостта на двете звезди е:

$$L_1 = 4\pi R_1^2 T_1^4;$$

$$L_2 = 4\pi (4R_1)^2 T_2^4.$$

Приравняване десните страни на двете равенства и получаваме:

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^4 = 16; \quad \frac{T_1}{T_2} = 2.$$

20. *Свръхнова* наричаме:

- а) раждането на звезда от газов облак
б) термоядрена експлозия при еволюцията на голяма звезда
в) формирането на планетна система около млада звезда
г) сливането на две галактики

Учениците знаят, че термоядрена експлозия претърпяват при еволюцията си май-масивните звезди. Тогава те за кратко време рязко увеличават своя блясък – наблюдава се свръхнова (с. 127 в учебника). При гравитационния колапс на звездния остатък се получава неутронна звезда или черна дупка.

Допълнителна информация

Друг вид свръхнова е термоядрен взрив на бяло джудже. Наблюдава се в някои двойни звездни системи. По-голямата от двете звезди вече е завършила еволюцията си като бяло джудже. Звездата с по-малка маса се раздува, за да се превърне в червен гигант. Поради силната си гравитация бялото джудже засмуква част от обвивката на червения гигант и увеличава масата си (процесът се нарича *акреция*). Увеличената маса води до нов гравитационен колапс. При свиването температурата в ядрото на бялото джудже достига милиарди градуси и се предизвиква термоядрен взрив.

Отговори и решения на задачите

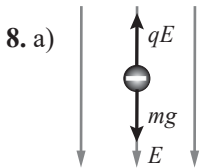
1. 95 km

2. а) отрицателен заряд; б) $4 \cdot 10^{-3}$ N;
в) $1 \cdot 10^{-7}$ C

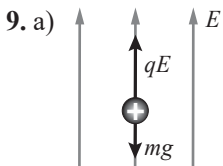
$$3. k_e = \frac{ke^2}{0,0098x_0^3} = 1,9 \cdot 10^{-7} \text{ N/m}$$

6. а) q_1 – отрицателен, q_2 – положителен;
б) $q_1 = 4q_2 = 16 \text{ nC}$

$$7. \text{в)} E = \frac{F_1}{2q} = 2 \cdot 10^4 \text{ N/C}$$



$$\text{б)} \frac{q}{m} = \frac{g}{E} = 0,077 \text{ C/kg}$$



$$\text{б)} \frac{q}{m} = \frac{2g}{E} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ C/kg}$$

$$10. \text{а)} E = \frac{2ke}{r^2} = 4,26 \cdot 10^{12} \text{ N/C};$$

$$\text{б)} F = 6,8 \cdot 10^{-7} \text{ N}$$

11. а) $10 \mu\text{J}$; б) $-10 \mu\text{J}$; в) $10 \mu\text{J}$

12. в) Положителният йон се движи към отрицателно заредената пластинка, а отрицателният – в противоположната посока. Потенциалната енергия и на двата йона намалява. (Може да разсъждаваме така: под действие на електричните сили йоните се ускоряват – част от потенциалната им енергия се превръща в кинетична енергия.)

13. а) $1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$; б) $-1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$;

$$\text{в)} q = W/\varphi = -3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C} = -2e$$

$$14. \text{а)} U = \frac{W_M - W_N}{q} = 2 \cdot 10^4 \text{ V};$$

$$\text{б)} E = 1 \cdot 10^5 \text{ V/m}$$

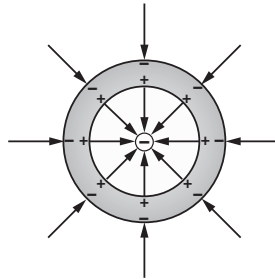
15. а) $E = 2500 \text{ V/m}$; б) $\varphi_p = 200 \text{ V}$;

в) $U = 100 \text{ V}$

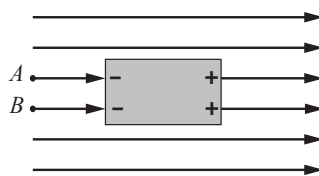
17. а) $5 \cdot 10^9 \text{ J}$; б) 10%;

в) Мълниите се разглеждат като един от алтернативните възобновяеми източници на чиста енергия. Трудностите засега обаче са много: не се знае предварително кога и къде ще удари мълния; само за част от секундата при мълния се отделя голяма енергия, която е трудно да се улови и запази. (Потърсете различни проекти как това може да стане.)

18.



19.

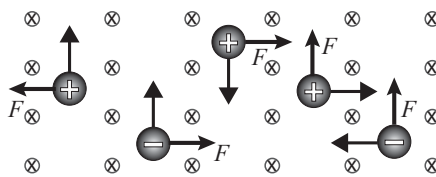


21. а) 55 mC;

б) 8100 C – суперкондензатор

22. Около $3,3 \cdot 10^5$ електрона

25.



$$26. B = \frac{F}{qv} \rightarrow T = \frac{N}{C \cdot \text{m/s}} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{(\text{A} \cdot \text{s}) \cdot \text{m/s}} = \frac{\text{kg}}{\text{A} \cdot \text{s}^2}$$

27. $2,9 \cdot 10^9$ пъти

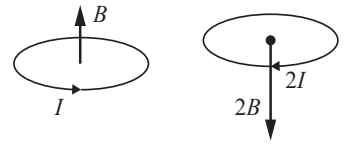
29. а) $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ N}$; б) 9,6 N

30. а) 2A; б) 50 A

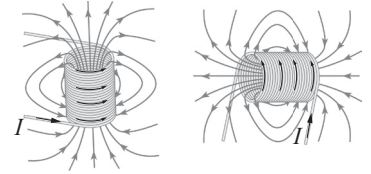
$$31. I = \frac{mg}{Bl} = 5 \text{ A};$$

Токът тече наляво (\leftarrow).

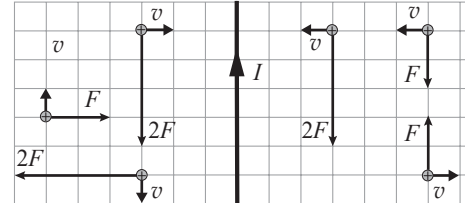
33.



34.



35.



37. а) 500 eV; б) -500 eV;

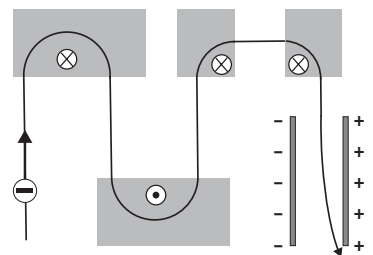
в) 1000 eV; г) -1500 eV

38. а) $-1,6 \cdot 10^{-11} \text{ J} = -1 \cdot 10^8 \text{ eV}$;

б) $3,2 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 2 \cdot 10^7 \text{ eV}$

$$39. \frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2^2}{v_1^2} = 4$$

42.

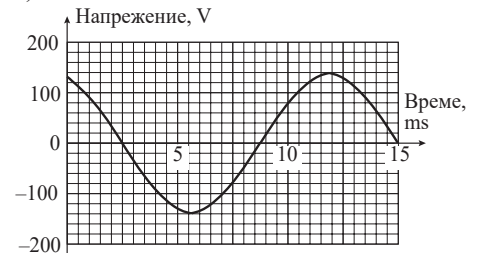


43. а) 13 A, 0 A; 8 A;

б) $T = 12,5 \text{ ms}$, $\nu = 80 \text{ Hz}$;

в) $I_{\text{max}} = 14 \text{ A}$, $I = 10 \text{ A}$;

г)



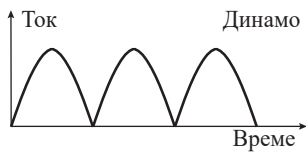
44. а) 1210 W; б) 5,5 A, 7,8 A;

в) 145,2 kJ

45. 0,2 A, 6 V

46. а) $I = 10 \text{ A}$; б) Не. Тогава токът в кръга става над 17 A и предпазителят ще прекъсне веригата.

47. б)

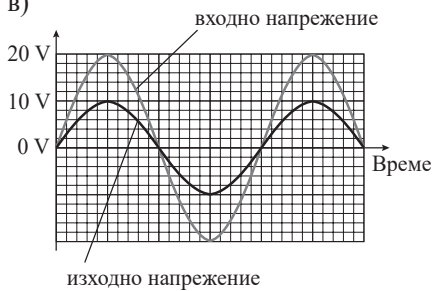


в) Токът от динамо с една рамка е пулсиращ (вж. фигурата). За да се изгладят пулсациите, се използва ротор с повече рамки (намотки). Комутаторът е разделен на голям брой изолирани една от друга пластинки. Краищата на всяка рамка са свързани към собствена двойка пластинки. Използват се също повече от две четки.

48. а) Понижаващ;

б) $U_1 = 14 \text{ V}$; $U_2 = 7 \text{ V}$;

в)



49. 800 – първична, 40 – вторична

50. а) Понижаващ; б) 200

51. а) $N_2 = 20$; б) $I_2 = 2 \text{ A}$; в) $P = 24 \text{ W}$

52. а) $N_1 = 1320$; б) $I_1 = 16 \text{ mA}$

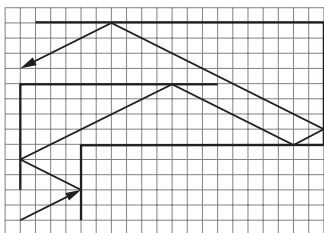
53. Необходим е проводник със съпротивление $R = 0,03 \frac{U^2}{P} = 60 \Omega$ или $60 \Omega / 200 \text{ km} = 0,3 \Omega/\text{km}$. Най-подходящ за целта е проводникът със съпротивление $0,23 \Omega/\text{km}$ от таблицата. Проводниците с по-малко съпротивление са значително по-тежки и по-скъпи и не се налага да бъдат използвани за електропровод със зададените параметри.

56. $n = 1,54$

57. $n = 1,31$

58. $u = 2,11 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $\lambda = 406 \text{ nm}$

59.



60. 50°

62. $4/5$ (фиг. 4), $2/3$ (фиг. 5)

63. $\cos \alpha_2 = \frac{n_2}{2n_1} = \frac{\sqrt{3}}{2}$,

$\alpha_2 = 30^\circ$, $\alpha_1 = 60^\circ$

64. 69° . Светлинният сноп трябва да се разпространява в оптически по-плътната среда ($n_2 = 1,5$).

65. Когато влакното е във въздуха. Тогава критичният ъгъл на пълно вътрешно отражение е по-малък. Това означава, че в по-широк интервал от ъгли на падане има пълно вътрешно отражение, т.е. може по-силно да огъваме влакното, преди ъгълът на падане да стане по-малък от критичния.

66. Граничният ъгъл на пълно вътрешно отражение е:

$\sin \alpha_{\text{згр}} = \frac{1}{n_2} \leq \frac{1}{\sqrt{2}}$, $\alpha_{\text{згр}} \leq 45^\circ$.

За $n_2 = \sqrt{2}$ имаме $\alpha_{\text{згр}} = 45^\circ$. Тогава при $\alpha_1 = 90^\circ$ от закона на Снелиус се получава, че:

$\alpha_2 = 45^\circ$ и $\alpha_{\text{змин}} = 90^\circ - \alpha_2 = 45^\circ$.

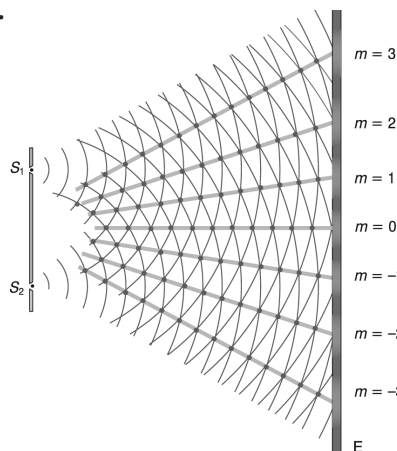
Това е граничният случай, показан на фиг. 7 на с. 30. При $n_2 > \sqrt{2}$ $\alpha_{\text{згр}} < 45^\circ$. Тогава при $\alpha_1 = 90^\circ$ от закона на Снелиус се получава, че:

$\alpha_2 < 45^\circ$ и $\alpha_{\text{змин}} = 90^\circ - \alpha_2 > 45^\circ$,

т.е. $\alpha_{\text{змин}} > \alpha_{\text{згр}}$ – наблюдава се пълно вътрешно отражение при всички ъгли на падане.

67. $\Delta \alpha_2 \approx 0,5^\circ$

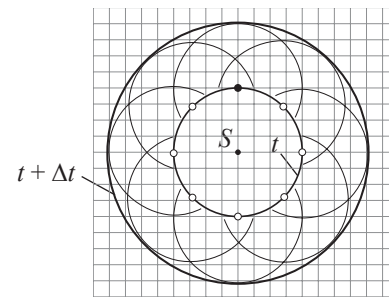
68.



69. $\lambda_2 = 400 \text{ nm}$

70. а) 400 nm ; б) 480 nm

71.



73. $P_{\text{II}}/P_{\text{K}} = 1/3$

74. $T_2 = 1200 \text{ K}$

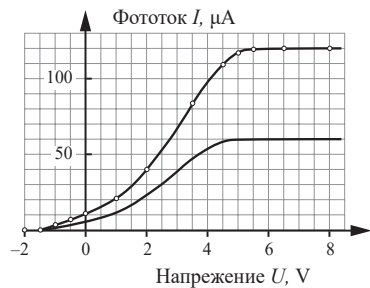
75. $T_1 = 7250 \text{ K}$, $T_2 = 5800 \text{ K}$

76. 3000 K – топла бяла, 4000 K – неутрална бяла, 6000 K – студена бяла

77. а) $I_{\text{H}} = 120 \mu\text{A}$; б) $U_{\text{c}} = -1,5 \text{ V}$;

в) $E_{\text{k, max}} = 1,5 \text{ eV}$;

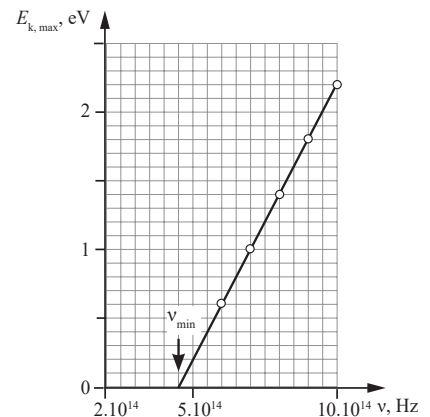
г)



78. а) 600 nm ; б) $2,1 \text{ eV}$; в) $-1,2 \text{ V}$

82. $0,52 \text{ eV}$

83. а) $\nu_{\text{min}} = 4,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ (вж. графиката); $\lambda_{\text{max}} = 670 \text{ nm}$; б) $A_{\text{c}} = 1,85 \text{ eV}$



84. а) $3\lambda/2$; б) $\lambda/2$

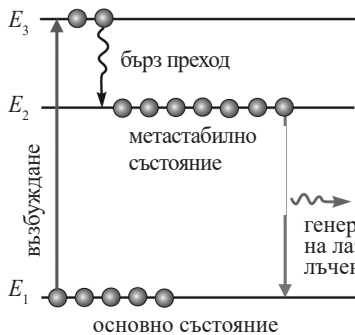
85. $1,8 \cdot 10^7 \text{ m/s}$

86. б) С – водород (656 nm)
D – натрий ($589,6 \text{ nm}$ и $589,0 \text{ nm}$)
E – желязо (527 nm)
F – водород (486 nm)

87. а) около 5300 K ; б) Спектърът на излъчване на абсолютно черно тяло е непрекъснат (обхваща целия спектра-

лен диапазон от $\lambda = 0$ до $\lambda = \infty$), докато биолуминесценцията на светулката е в сравнително тесен спектрален диапазон (от 500 nm до 650 nm).

88. г) Един от първите лазери (рубинов лазер) работи по т.нар. *схема с три нива*, показана на фигурата.



При нея инверсната населеност се създава между метастабилното възбудено състояние E_2 и основното състояние E_1 на активните центрове. При термодинамично равновесие обаче огромната част от активните центрове се намира в основното състояние E_1 . За да се възбудят повече от половината – да преминават в метастабилното състояние E_2 и да се създаде инверсна населеност, е необходимо много мощно напompване, което невинаги е възможно. Затова повечето съвременни лазери работят по *схема с четири нива*, показана на *фиг. 1* на с. 42.

Двата прехода $E_4 \rightarrow E_3$ и $E_2 \rightarrow E_1$ трябва да са бързи, за да може ефективно да се поддържа инверсната населеност между двете възбудени състояния E_3 и E_2 . Възбудените при напompването центрове трябва бързо да преминават в метастабилното състояние E_3 и да се натрупват (задържат) в него. След лазерното излъчване центрoвете преминават в състояние E_2 , което трябва максимално бързо да се освобождава. Така в E_2 винаги ще има много по-малко активни центрове в сравнение с E_3 и ще се поддържа инверсната населеност.

89. а) 1 nm; б) 0,031 nm;

в) Дължината на вълната на характеристичните линии не се променя, а късовълновата граница λ_{\min} на спирачното лъчение се измества към по-малките дължини на вълната.

90. а) $E_{K\alpha} = 8045 \text{ eV}$, $E_{K\beta} = 8902 \text{ eV}$;

б) $\lambda_{K\alpha} = 0,154 \text{ nm}$, $\lambda_{K\beta} = 0,139 \text{ nm}$

94. а) $\Delta E = 8,749 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 546 \text{ MeV}$;

б) $\Delta E/A = 8,81 \text{ MeV}$

95. а) 63,545 u; б) 60,13% и 39,87%

96. а) $256 \cdot 10^{12}$; б) $128 \cdot 10^{12}$; в) $32 \cdot 10^{12}$;

г) $2 \cdot 10^{12}$; д) $1 \cdot 10^{12}$

97. 45 дни

98. Действителната възраст е по-голяма. Ако началната концентрация на въглерод-14 е по-голяма, ще е необходимо по-дълго време, за да се достигне в резултат на радиоактивното разпадане регистрираната при изследването концентрация на въглерод-14.

99. $H = 3 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}$

100. а) хелий-6; б) β^- -разпадане;

г) антинеутрино;

д) ${}^6_2\text{He} \rightarrow {}^6_3\text{Li} + {}^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}$

101. ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$

${}^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{218}_{84}\text{Po} + {}^4_2\text{He}$

${}^{237}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{233}_{91}\text{Pa} + {}^4_2\text{He}$

${}^{218}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{214}_{82}\text{Pb} + {}^4_2\text{He}$

${}^{149}_{64}\text{Gd} \rightarrow {}^{145}_{62}\text{Sm} + {}^4_2\text{He}$

102. ${}^3_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^0_1\text{e}$;

${}^{23}_{12}\text{Mg} \rightarrow {}^{23}_{11}\text{Na} + {}^0_1\text{e}$

${}^{22}_{11}\text{Na} \rightarrow {}^{22}_{10}\text{Ne} + {}^0_1\text{e}$

${}^8_3\text{Li} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^0_{-1}\text{e}$

${}^{38}_{19}\text{K} \rightarrow {}^{38}_{18}\text{Ar} + {}^0_1\text{e}$

${}^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba} + {}^0_{-1}\text{e}$

103. ${}^{239}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{239}_{94}\text{Pu} + {}^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}$

${}^{239}_{94}\text{Pu} \rightarrow {}^{235}_{92}\text{U} + {}^4_2\text{He}$

104. б) ${}^6_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$

105. а) ${}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^3_1\text{H} + {}^1_1\text{H}$

${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He}$

${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$

${}^{21}_{10}\text{Ne} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{18}_8\text{O} + {}^4_2\text{He}$

106. ${}^1_0\text{n} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}$

107. uus

108. uds

109. $u\bar{d}$

110. $u\bar{s}$

111. $4 \cdot 10^5$ пъти

112. б) Не

в) – е) И при двата цикъла (протон – протонен и CNO) от четири ядра на водорода (протони) се получава едно хелиево ядро. Отделят се по два позитрона, две неутрино и гама-кванти. Позитроните бързо анихилират с електрони от плазмата на звездното ядро и се излъчват допълнителни гама-кванти. Отделената за един цикъл на синтез енергия е равна в разликата от енергиите на покой на четирите свободни протона и полученото хелиево ядро. Това е около 0,4% от енергията на покой на четирите протона (около 26 MeV). По-голямата част от тази енергия е енергията на отделените гама-кванти, които след това се поглъщат от ядрото на звездата и поддържат неговата висока температура. Получената топлинна енергия се пренася към повърхността за звездата, която след това излъчва като черно тяло. Останалата част от отделената при термоядрения синтез енергия се отнася от неутриното, което почти не взаимодейства с веществото на звездата и безпрепятствено се разпръсква в космическото пространство.

114. а) $1,8 \cdot 10^8$ години;

б) $3,2 \cdot 10^7$ години;

в) $5,7 \cdot 10^{10}$ години

115. 1,07 mm

116. а) $6,3 \cdot 10^4 \text{ km/s}$;

б) $H = 2,2 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$;

в) $1/H = 14,4$ милиарда години;

г) $H = 21 \cdot 10^{-6} \text{ (km/s)/ly}$

$= 68,4 \text{ (km/s)/Mps}$

Забележка. Съвременните астрономически наблюдения по различни научни проекти (към 2020 г.) дават стойности на константата на Хъбъл в интервала 66 – 76 (km/s)/Mps

Отговори на тестовите задачи

Тест 1. 1в 2б 3в 4а 5г 6г 7г 8а 9б 10б 11б 12в 13а 14а 15б 16а 17г 18г 19б 20б

Тест 2. 1в 2г 3а 4а 5б 6г 7б 8б 9г 10г 11б 12б 13в 14в 15г 16а 17а 18г 19в 20в

Тест 3. 1а 2в 3в 4а 5б 6в 7а 8б 9б 10г 11в 12г 13а 14г 15в 16г 17в 18г 19г 20б

Тест 4. 1г 2г 3а 4б 5в 6г 7а 8в 9в 10а 11б 12б 13в 14б 15г 16в 17г 18в 19а 20б

Тест 5. 1в 2в 3б 4б 5в 6а 7г 8в 9б 10а 11в 12г 13б 14а 15а 16а 17б 18г 19в 20г

Тест 6. 1а 2б 3в 4а 5г 6б 7б 8в 9г 10г 11в 12в 13а 14б 15а 16г 17г 18б 19в 20б

ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

учебна тетрадка
за десети клас

Автор

Максим Максимов

Редактор

Валентина Иванова

Художник на корицата

Веселин Праматаров

Коректор

Мила Томанова

Българска. Първо издание, 2020
Формат 60x90/8. Печатни коли 7,5

Издател

„КЛЕТ БЪЛГАРИЯ“ ООД

1574 София, ул. „Никола Тесла“ № 5, BSR 2, етаж 4
тел.: 0700 47 400, e-mail: administration@bulvest2000.com
www.bulvest.com