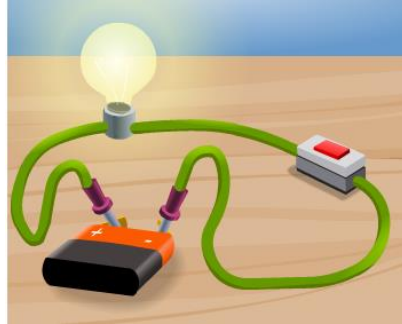
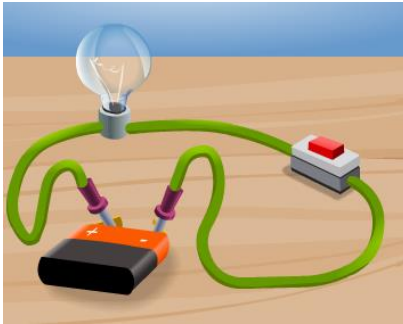


7. ПОСТОЯНЕН ЕЛЕКТРИЧЕН ТОК

1. Електричен ток

Нека опростена електрическа верига съдържа електрическа крушка свързана към източник на напрежение, например батерия, чрез проводник. В проводника се създава електрично поле с интензитет \vec{E} , насочен от положителния към отрицателния полюс на батерията. В метален проводник без приложено електрично поле електричните му заряди – електроните, се движат хаотично във всички направления. Когато се приложи електрично поле \vec{E} , електроните започват да се движат насочено под действието на това поле. Така електричните заряди на металния проводник – електроните, създават постоянен поток, който се движи в посока, противоположна на \vec{E} и придизвиква светване на крушката. Колкото по-дълго време продължава протичането на електричния поток, толкова повече заряд преминава през проводника и крушката. Количеството заряд, което преминава през проводника за 1 секунда се нарича електричен ток.



Електричният ток представлява насочено движение на заредени частици, които са носители на електрични заряди.

Движещите се заредени частици се наричат **токови носители**.

В различните проводници токовете носители са различни.

В **металите** - токови носители са електроните.

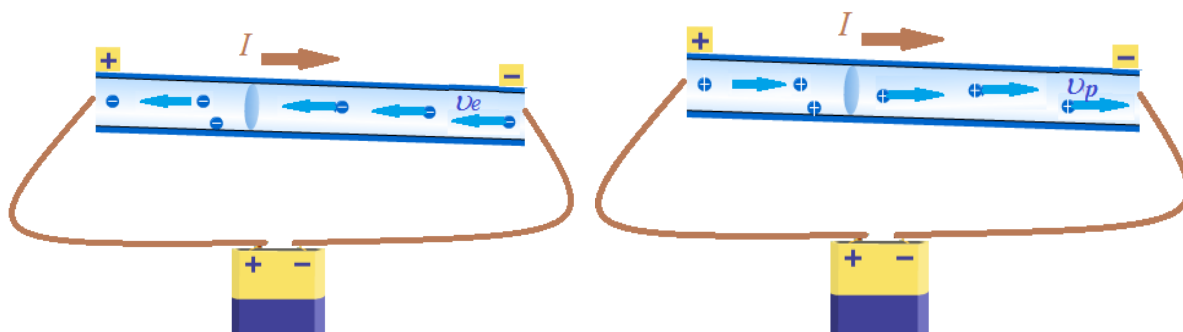
В **полупроводниците** - токови носители са електроните и дупките.

В **електролитите и газовете** - токови носители са положителните и отрицателните йони на дисоциираните вещества.

Прието е, че електричният ток тече от място с по-висок потенциал към място с по-нисък потенциал, така както например водата на водопада тече надолу. Затова посоката на тока е от положителния полюс на батерията (с по-висок потенциал) към отрицателния (с по-нисък потенциал). И това е посоката на движение на положителните заряди.

Когато токът се обуславя от насоченото движение на отрицателни заряди, неговата посока е противоположна на посоката на движение на зарядите.





Големината на тока или **силата на тока** е скаларна величина и се дефинира като количеството електричество преминало за единица време през напречно сечение с произволна големина:

$$I = \frac{q}{t} \quad (1)$$

Количеството електричество, преминало за единица време се пресмята като:

$$q = n \cdot e,$$

където $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \pm 10^{-21} \text{ C}$ е елементарният електричен заряд на електрона или протона, а n е техният броя.

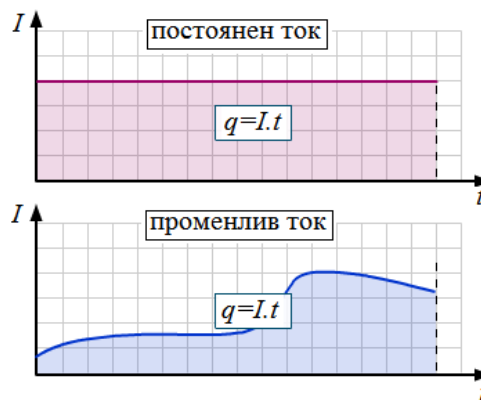
Мерната единици за големина на тока в системата СИ е ампер:

$$[I] = \frac{1\text{C(Кулон)}}{1\text{s(секунда)}} = 1\text{A(Ампер)}.$$

Ако токът не променя големината и посоката си, той се нарича **постоянен ток**.

Ако токът променя големината си, той се нарича **променлив ток**.

И в двата случая зарядът преминал за дадено време през сечението на проводника може да се пресметне от площта на графиката на тока от времето.



Задача 1.



Попълнете таблицата със съответните стойности от списъка, като знаете, че зарядът на един електрон е $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Брой електрони	Електричен заряд, C	Време, s	Електричен ток, A
10^{20}		4	
	3,2	10	
		100	1,6
$5 \cdot 10^{18}$	0,8		0,04

а) 10^{21} ; б) $2 \cdot 10^{19}$; в) 160; г) 20; д) 16; е) 4; ж) 0,32

Задача 2.

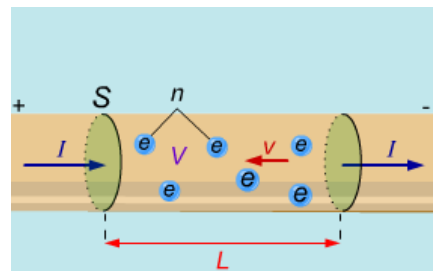
Попълнете таблицата

Електрическа крушка			
Електричен заряд	200 C	3 C	C
Време	40 s	s	1 min
Електричен ток	A	1,2 A	0,3 A

Електричният ток в проводник може да се пресметне и така:

$$I = n_0 \cdot e \cdot v \cdot S \quad (2)$$

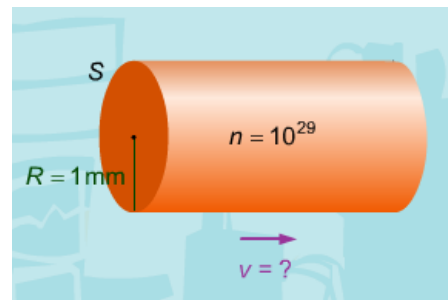
където n_0 е броят свободни заряди в единица обем - $n = n_0 \cdot V = n_0 \cdot S \cdot L$; S е напречното сечение; L е разстоянието, което изминават зарядите за единица време; v е скоростта на зарядите.



Задача 3.

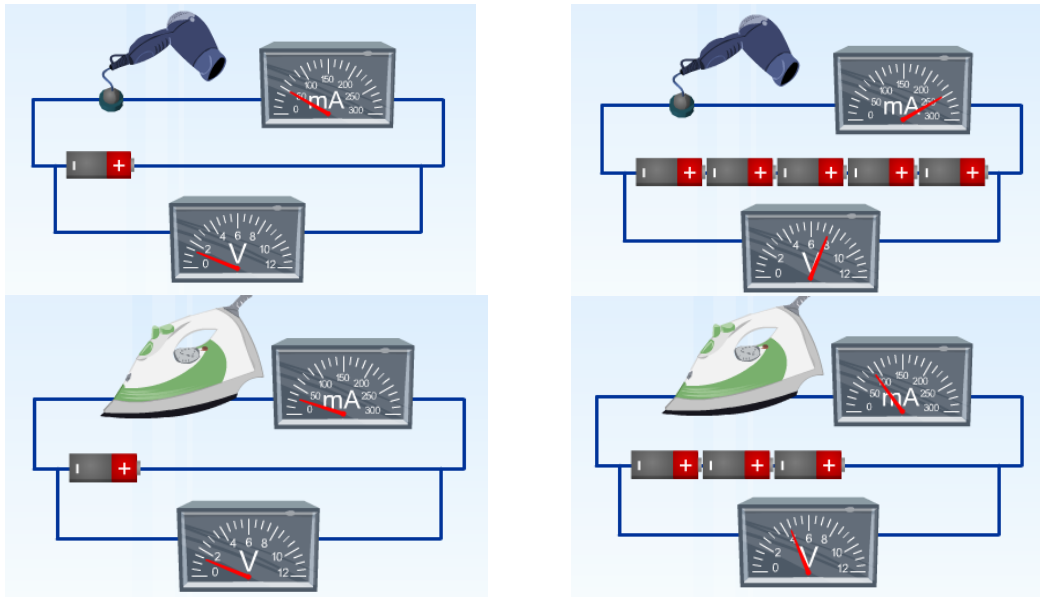
Медта съдържа 10^{29} свободни електрони в 1m^3 обем. По меден проводник с радиус 1mm тече ток I . Определете скоростта на електроните в mm/h, ако:

- а) $I = 2,5\text{ A}$; б) $I = 3,5\text{ A}$; в) $I = 4\text{ A}$; г) $I = 0,5\text{ A}$;
 д) $I = 3,0\text{ A}$; е) $I = 4,5\text{ A}$; е) $I = 1\text{ A}$; ж) $I = 5\text{ A}$;
 з) $I = 1,5\text{ A}$; и) $I = 2\text{ A}$.

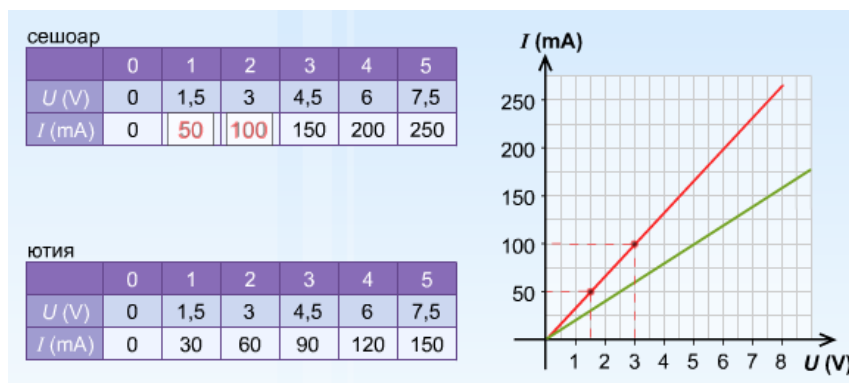


2. Закон на Ом

Нека свържем една елементарна електрическа схема с два различни консуматора - сешоар или ютия и източник на напрежение, който може да се променя от 1 до 5 последователно свързани батерии по 1,5V. Към схемата са включени амперметър за измерване на тока през консуматора и волтметър за измерване на напрежението на батериите.



Да сравним големините на тока и напрежението за всеки консуматор и да начертаем графика на зависимостта на тока от напрежението за всеки консуматор.



Резултатите показват, че когато напрежението, приложено на даден консуматор, се увеличи два пъти, то токът също нараства два пъти. Ако напрежението се увеличи три пъти, то токът също нараства три пъти и т.н., но отношението им остава постоянно.

Така през 1826 г. немският физик Георг Ом експериментално установява връзката между тока I и напрежението U , която сега се нарича **закон на Ом за еднороден проводник**:

$$I = GU$$

или

$$I = \frac{U}{R}, \quad (3)$$

където: G е **проводимост на проводника**, R – **съпротивление на проводника**. Величините G и R зависят от материала на проводника и от геометричната му форма.

Закон на Ом – в еднороден проводник токът е пропорционален на напрежението и е обратно пропорционален на съпротивлението.

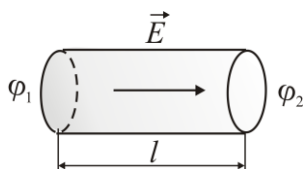
Тази пропорционалност се отнася за:

- линеен хомогенен проводник;
- еднороден участък от веригата (не съдържащ източник на електродвижещо напрежение).

Линеен проводник, се нарича такъв проводник, чийто диаметър на напречното му сечението е много по-малък от неговата дължина и сечението му е едно и също в различните части.

Вещества, чиито свойства са еднакви във всички направления се наричат **изотропни** или **хомогенни вещества**.

За да протича постоянен електричен ток по линеен проводник е необходимо:



- наличие на свободни токови носители (електрични заряди);
- наличие на външно електрично поле \vec{E} , постоянно с времето, необходимо да поддържа постоянна **потенциална разлика** или **напрежение** между двата края на проводника с дължина l , т.е. $\varphi_1 - \varphi_2 = U$.

$$E = -\text{grad}\varphi = \frac{U}{l}. \quad (4)$$

Под действие на постоянно външно електрично поле E , токовите носители получават насочено движение, при което протича постоянен електричен ток I .

Мерните единици за съпротивление и проводимост са съответно Ом и Сименс:

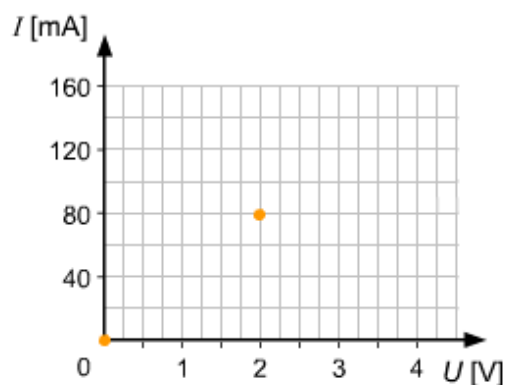
$$[R] = \frac{1V}{1A} = \Omega \text{ (Ом)}; \quad [G] = \frac{1A}{1V} = \Omega^{-1} = S \text{ (Сименс)}.$$

Съпротивление 1Ω има такъв проводник, през който протича ток с големината $1 A$, когато в краищата му се приложи напрежение $1 V$.

Задача 4.

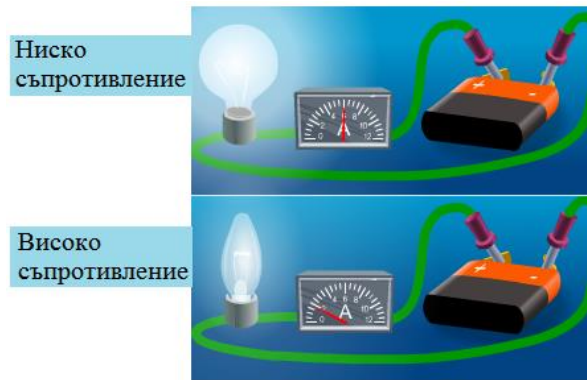
Попълнете таблицата и начертайте графиката като знаете, че според закона на Ом големината на тока, протичащ през даден проводник, е правопрпорционална на напрежението между двата края на проводника.

U, V	0	1	2	3	4
I, mA	0		80		

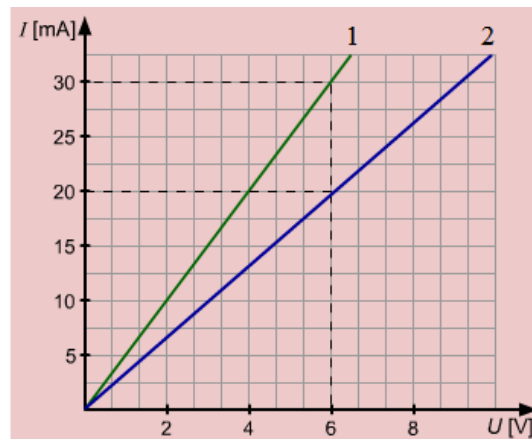


3. Съпротивление на проводници

Ако в две подобни електрични вериги включим различни лампи и еднаквото напрежения предизвика протичане на различен по големина ток, то следва, че лампите имат различно съпротивление. Колкото е по-слаб токът, толкова по-голямо е съпротивлението.



От графиката $U = f(I)$ можем да определим съпротивлението на даден консуматор (напр. лампа, ютия, сешоар). Големината на съпротивлението е свързана с наклона на кривата. По-голям наклон означава протичане на по-голям ток през консуматора при дадено напрежение. Това означава, че съпротивлението е по-малко.



От закона на Ом съпротивлението се намира от формулата: $R = \frac{U}{I}$.

$$\text{За крива 1: } R_1 = \frac{6V}{30mA} = 200\Omega$$

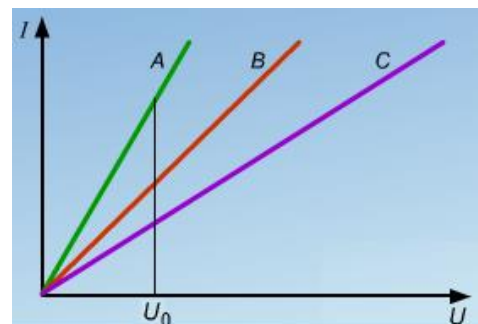
$$\text{За крива 2: } R_2 = \frac{6V}{20mA} = 300\Omega$$

Задача 5.

При прилагане на напрежение U_0 , през три подобни вериги с различни консуматори протичат различни токове - I_A , I_B , I_C . От графиката определете зависимостта между токовете и съпротивленията на консуматорите, като в квадратчетата поставите знаците $<$, $>$ или $=$.

$$I_A \square I_B \square I_C$$

$$R_A \square R_B \square R_C$$

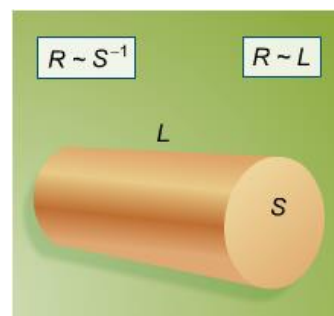


Съпротивлението на един проводник зависи от неговите размери.

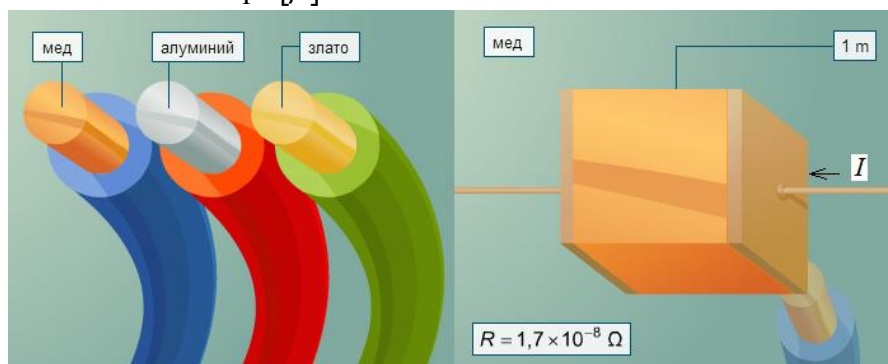
За линеен ($S = const$) еднороден (хомогенен $\rho = const$) проводник съпротивлението е право пропорционално на неговата дължина L , обратно пропорционално на напречното му сечение S и зависи от веществото, от което е направен проводникът:

$$R = \rho \frac{L}{S}, \quad (5)$$

където ρ е специфичното съпротивление.



Проводниците се правят от различни материали, чиито свойства определят съпротивлението на проводника чрез величината специфично електрично съпротивление. Специфичното съпротивление се дефинира като съпротивлението, което би оказвал проводник с форма на куб със страна 1 м от даден материал, ако между противоположните страни на куба протича ток. Единицата за специфично съпротивление е Ом по метър: $[\rho] = \Omega \cdot m$.



Специфичната проводимост σ е обратно пропорционална на специфичното съпротивление:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}. \quad (6)$$

Единицата за специфично съпротивление е: $[\sigma] = (\Omega \cdot m)^{-1} = S / m$, където S означава "сименс".

Специфичното съпротивление ρ и **специфичната проводимост** σ характеризират способността на телата да провеждат електричен ток. Стойностите им се определят от химичната природа на веществата и от условията, при които те се намират.

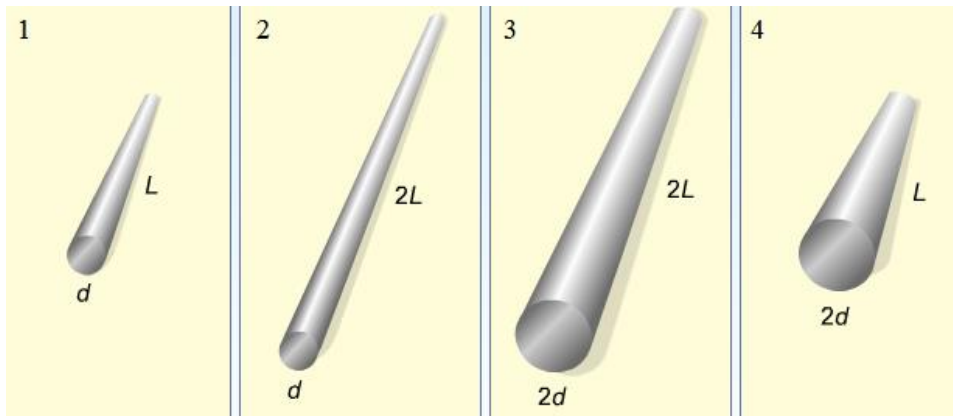
Специфично съпротивление и проводимост на някои вещества

Вещество	Съпротивление, $\rho [10^{-8} \Omega \cdot m]$	Проводимост $\sigma = [10^7 (\Omega \cdot m)^{-1}]$
Сребро	1,6	6,25
Мед	1,7	5,88
Алуминий	2,8	3,57
Волфрам	5,6	1,79
Никел	6,8	1,47
Желязо	10	1,00
Стомана	18	0,56
Манган	44	0,23

Съпротивлението на проводниците зависи от материала, от който са изградени, от дължината и от дебелината им. В таблицата е дадено сравнението на два проводника.

Проводник	Материал	Дължина	Дебелина
Малко съпротивление	Мед	Къс	Дебел
Голямо съпротивление	Алуминий	Дълъг	Тънък

Задача 6. Пресметнете съпротивлението и подредете проводниците с означени на фигурата дължини и диаметри по ред от този с най-ниско към този с най-високо съпротивление.



Специфичното съпротивление ρ зависи от температурата. За метали при стайна температура е в сила зависимостта:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha T), \quad (7)$$

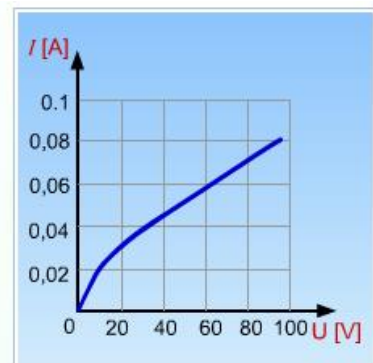
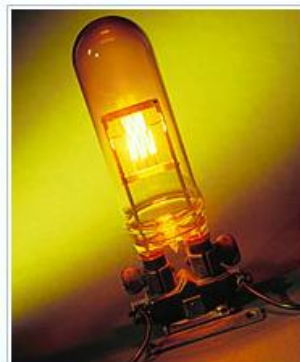
където ρ_0 е специфично съпротивление при 0°C , α е температурният коефициент на съпротивление.

Мерната единица на α е Келвин на минус първа степен: $[\alpha] = \text{K}^{-1}$. Този коефициент е положителен и стойността му намалява при ниски температури.

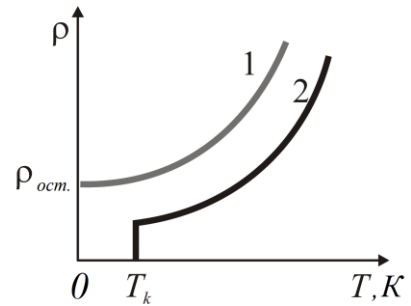
С увеличаване на температурата се увеличава съпротивлението на проводника.

Ако съпротивлението е волфрамовата жичка на лампа, то с увеличаване на температурата на жичката вследствие нарастването на напрежението, съпротивлението ще нарастне, а тока ще намалее.

Затова зависимостта $U = f(I)$ не е линейна.



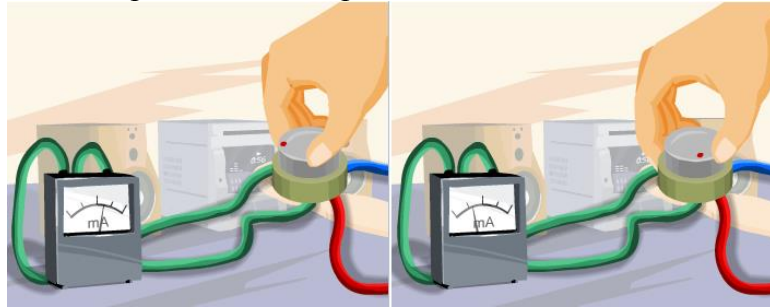
При понижаване на температурата за повечето метали, специфичното съпротивление като функция на температурата има вида, показан с крива 1 на фигурата. Големината на остатъчното съпротивление $\rho_{ост.}$ зависи от примесите в изследваното вещество и от механичните напрежения в него. За някои метали и сплави при температури няколко градуса по Келвин (T_k), съпротивлението със скок става равно на нула (показано с крива 2 на фигурата). При тази температура даденият проводник преминава в свръхпроводимо състояние. Когато пуснем ток в затворена верига, направена от свръхпроводник, токът ще циркулира непрекъснато без видими загуби. Това явление се нарича **свръхпроводимост**.



➤ **Резистор** – електронен елемент с точно определено електричното съпротивление. Резисторите се разделят на нискоомни и високоомни. Те се използват, например, за намаляване на тока, протичащ в някаква верига. Съпротивлението на резистора е обозначено на корпуса му - или като число, или като система от цветно кодирани ивици. Според приложението им, се подбират резистори с подходящо по големината съпротивление R , за да осигурят електричен ток с определена големина в електричната верига.

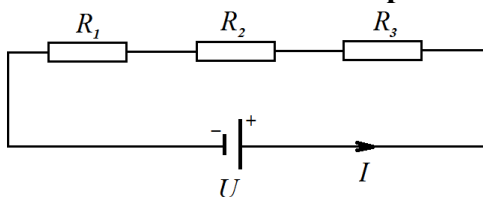


➤ **Потенциометър** – резистори, чието съпротивление може плавно да се променя. Пример за потенциометър е бутонът за увеличаване на силата на звука на радиото. Когато увеличаваме съпротивлението на потенциометъра, през веригата ще протича по слаб ток и радиото ще свири по тихо.



4.Свързване на резистори

Последователно свързване на резистори:



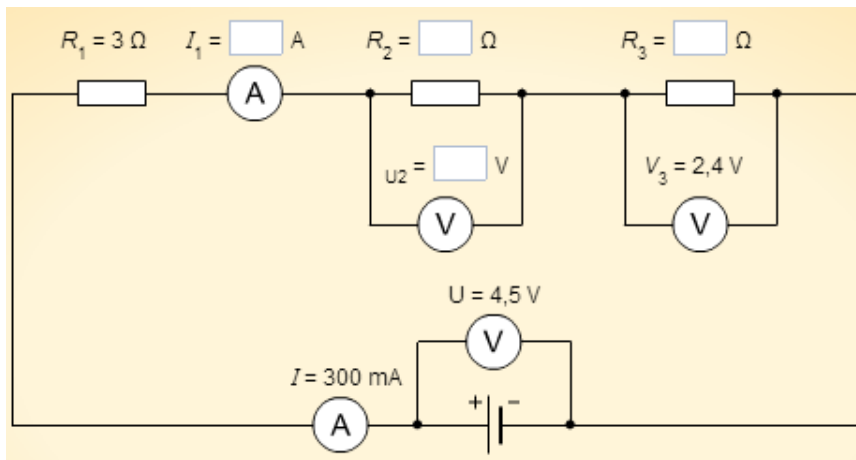
Това е начин на свързване на резистори в една линия по дължината на един проводник към източник на напрежение. Токът през всеки резистор е един и същ, а напрежението от източника е равно на сумата от напреженията, измерени в краищата на всеки резистор.

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

Задача 7.

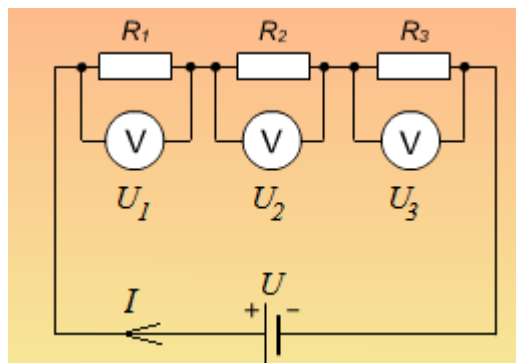
Пресметнете съпротивлението, напрежението и тока в зададените точки на чертежа. Приемете, че вътрешното съпротивление на източниците на напрежение е нула.



Ако искаме да заменим няколко последователно свързани резистора с един резистор, то трябва да пресметнем общото им съпротивление (т.нар. еквивалентно съпротивление) от следната зависимост:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (8)$$

Извеждане на уравнението за три резистора



Напрежението се изразява като:

$$U = IR.$$

Напрежението на източника е сума от напреженията на отделните резистори:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

Умножаваме двете страни на равенството по тока, тъй като токът през резисторите е еднакъв:

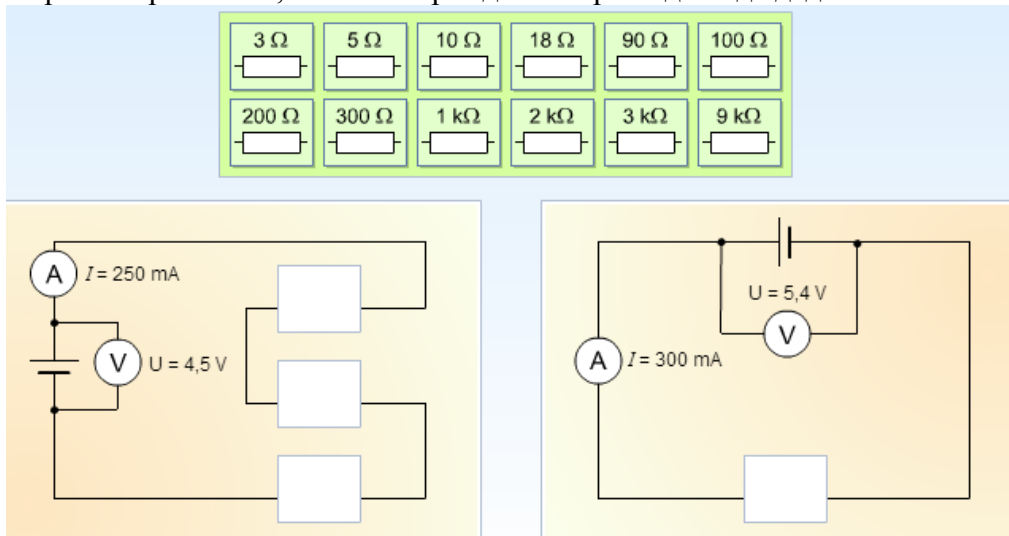
$$IU = IU_1 + IU_2 + IU_3$$

Отгук получаваме:

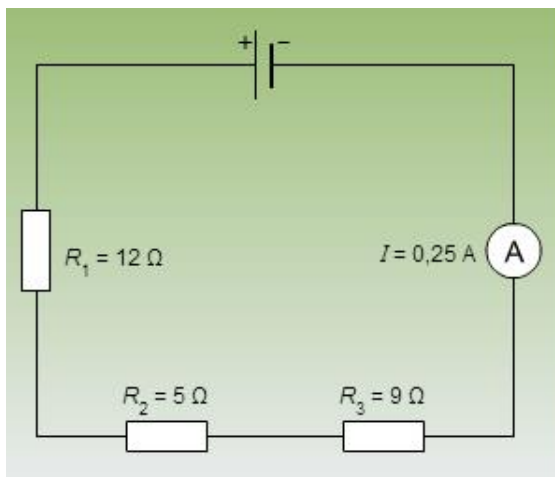
$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

Задача 8.

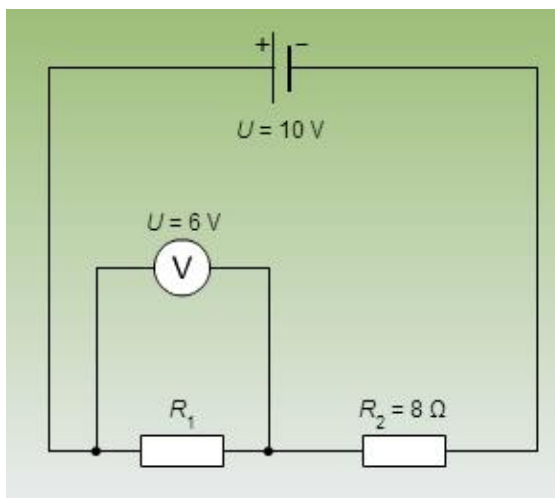
Изберете резисторите така, че токът през двете вериги да бъде даденият.

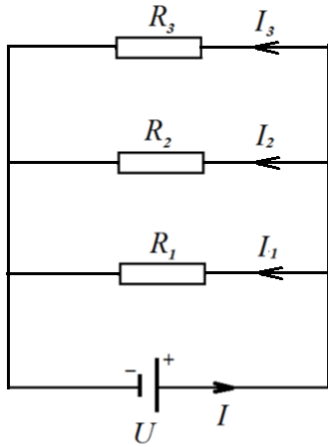


Задача 9. Какво е напрежението на батерията?



Задача 10. Какво е еквивалентното съпротивление на системата от резистори?





Успоредното свързване на резистори:

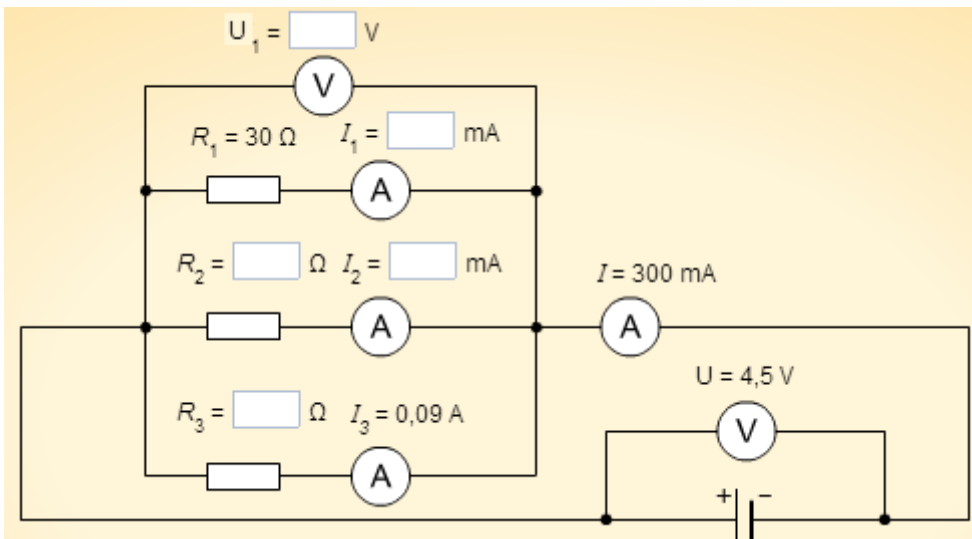
Това е начин на свързване на резисторите паралелно един на друг към източник на напрежение. Напрежението на отделните резистори е равно на напрежението на източника. Токът през всеки резистор е различен и общият ток е равен на сумата от токовете в отделните проводници.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$$

Задача 11.

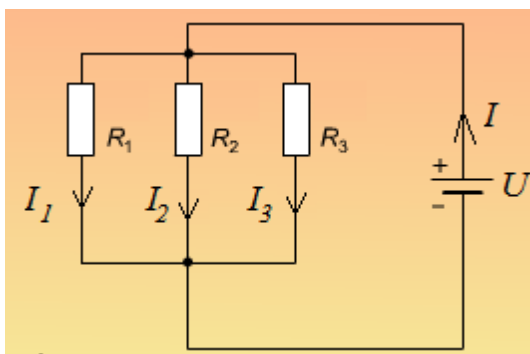
Пресметнете съпротивлението, напрежението и тока в зададените точки на чертежа.



Ако искаме да заменим няколко успоредно свързани резистора с един единствен, ние можем да пресметнем съпротивлението му (т.нар. еквивалентно съпротивление) от следната зависимост:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad (9)$$

Извеждане на уравнението за три резистора.



Токът се изразява като: $I = \frac{U}{R}$.

Токовете през отделните успоредно свързани резистора се сумират:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

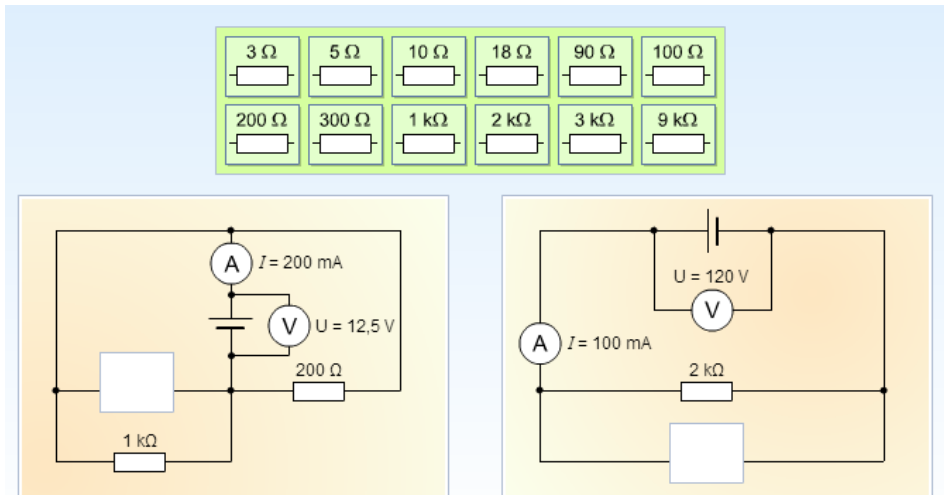
Заместваме токовете през всеки резистор от закона на Ом, като отчитаме, че напрежението върху всеки резистор е еднакво:

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

Отгук получаваме:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

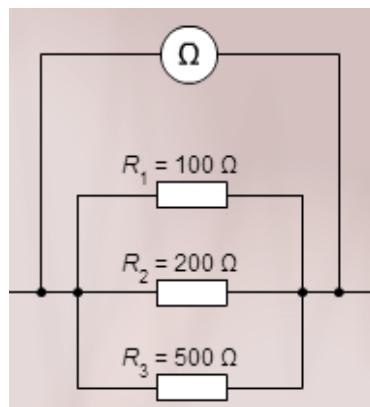
Задача 12. Изберете резисторите така, че токът през двете вериги да бъде даденият.



Задача 13.

Кое от показанията на омметъра се отнася за еквивалентното съпротивление на показаната система от резистори?

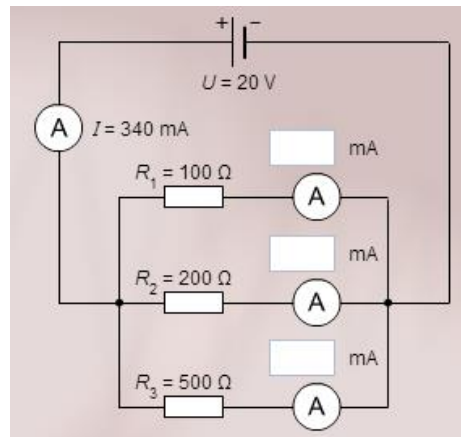
- а) 59 Ω б) 159 Ω в) 340 Ω г) 800 Ω



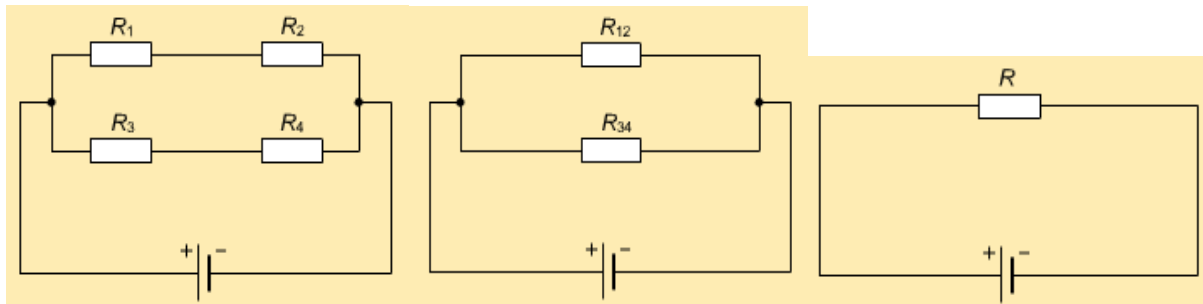
Задача 14.

Изчислете токовете, които текат през трите резистора и ги свържете с показанията на съответните амперметри.

- а) 40 б) 100 в) 200 г) 340



Смесено свързване на резистори: Резисторите могат да бъдат свързани по много начини. Всяка система може да бъде разделена на по-малки, в които резисторите са свързани или последователно, или успоредно. По този начин ние можем да използваме знанията, получени дотук, за да пресметнем еквивалентното съпротивление на всяка система.



На схемата е показан пример за смесено свързана система.

Резисторите R_1 и R_2 са свързани последователно и имат еквивалентно съпротивление:

$$R_{12} = R_1 + R_2$$

Резисторите R_3 и R_4 също са свързани последователно и имат еквивалентно съпротивление:

$$R_{34} = R_3 + R_4$$

Двата резистора R_1 и R_2 са свързани успоредно с двата резистора R_3 и R_4 , т.е. двете еквивалентни съпротивления R_{12} и R_{34} са свързани успоредно:

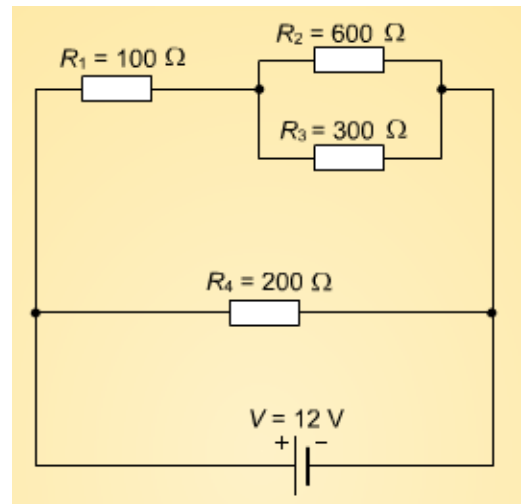
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_{34}} = \frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1}{R_3 + R_4}$$

Еквивалентното съпротивление на схемата е:

$$R = \frac{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

Задача 15.

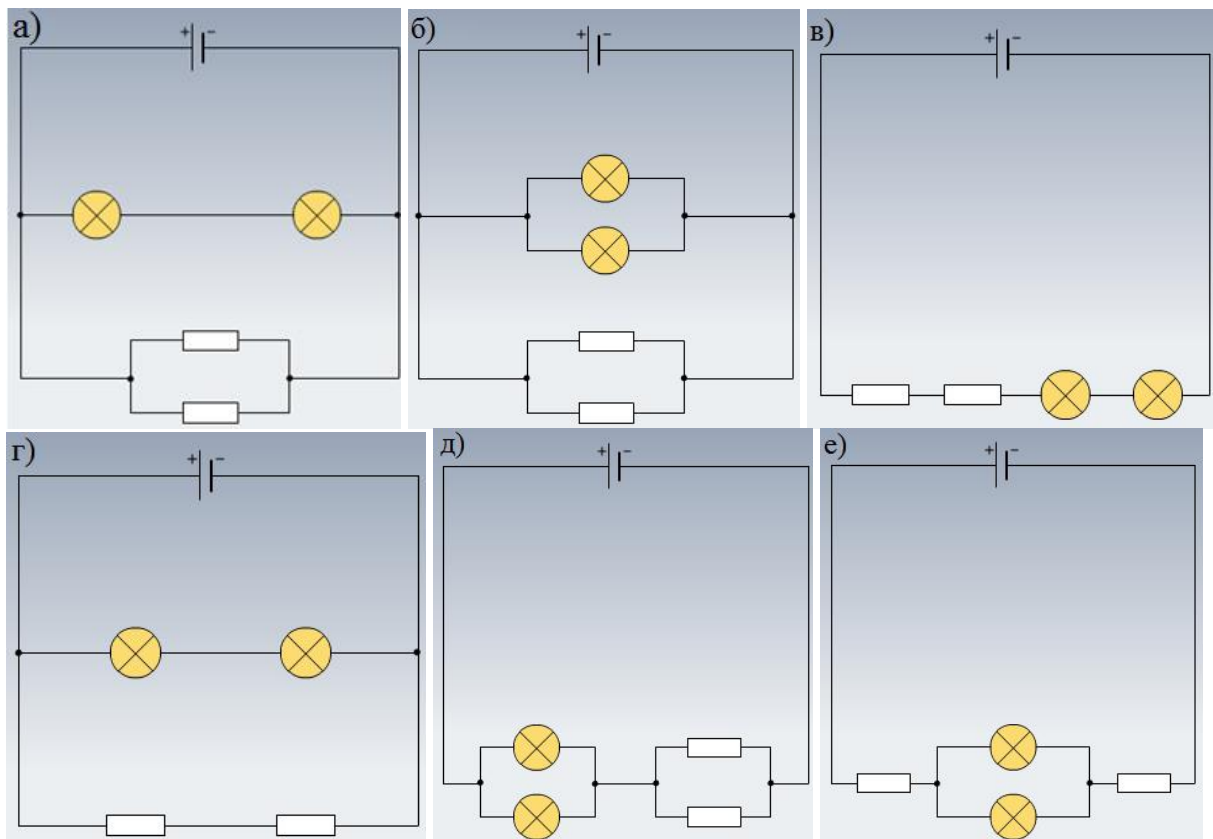
Пресметнете еквивалентно съпротивление на схемата.



Задача 16.

Кое от твърденията вярно описва показаните схеми?

1. Резисторите са свързани последователно, крушките са свързани успоредно. Елементите от веригата са свързани към батерията последователно.
2. Крушките са свързани последователно, резисторите са свързани успоредно. Елементите от веригата са свързани към батерията успоредно.
3. Крушките и резисторите са свързани успоредно. Елементите на веригата са свързани към батерията последователно.
4. Крушките и резисторите са свързани последователно. Елементите на веригата са свързани към батерията успоредно.
5. Крушките и резисторите са свързани последователно. Елементите от веригата са свързани към батерията последователно.
6. Крушките и резисторите са свързани успоредно. Елементите от веригата са свързани към батерията успоредно.



5. Електроизмервателни уреди

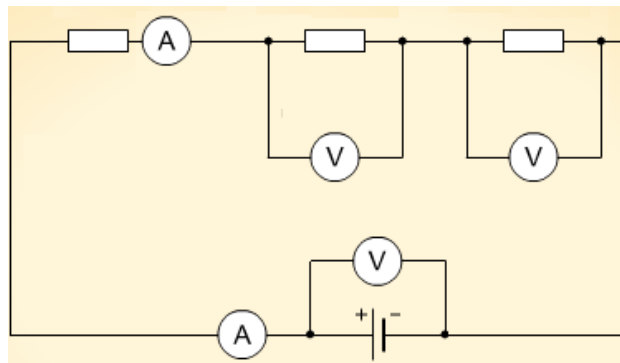
Измерването на стойността на дадена физична величина по опитен път се осъществява с помощта на специални технически средства, наречени електроизмервателни уреди. В практиката най-често използваните електроизмервателни уреди са амперметър и волтметър.



➤ **Амперметър** – използва се за измерване на големината на тока. В зависимост от диапазона, големината на тока може да се измерва с различни уреди - милиамперметри, микроамперметри или галванометри (за слаби токове с големина по-малки от 10^{-6} A). Амперметрите се свързват последователно в електричната верига. За да не оказват чувствително влияние върху големината на измервания ток, те трябва да имат много малко собствено (вътрешно) съпротивление.



➤ **Волтметър** – използва се за измерване на големината на напрежението. В зависимост от диапазона, напрежението може да се измерва с различни уреди - милivolтметри, микроволтметри или киловолтметри. Волтметрите се свързват успоредно във веригата. За да не протича чувствителен по големина ток през тях, който да влияе на измерването, е задължително волтметрите да имат много голямо вътрешно съпротивление.



6. Работа и мощност на електричния ток.

6.1. Работа на електричен ток

При протичане на електричен ток в електрична верига, електричната енергия се преобразува в друг вид енергия. Почти винаги една част от енергията се превръща в топлина (вътрешна енергия). Различните консуматори (устройствата) преобразуват електрическата енергия в различен вид енергия. Например:

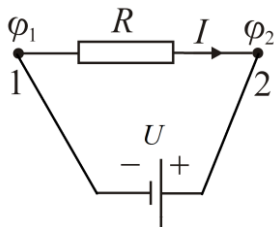
Нагревател 	Фенер 	Радио 	Асансьор 	Електрокар 
Топлинна енергия	Светлинна енергия и топлинна енергия	Акустична енергия	Кинетична енергия и потенциална енергия	Кинетична енергия

Задача 17.

Свържете устройствата с вида енергия, в която те преобразуват електрическата енергия.

	1. Дрелка		а) Топлинна енергия
	2. Фенер		б) Кинетична енергия
	3. Нагревател		в) Акустична енергия
	4. СД плеър		г) Светлинна енергия
	5. Кран		д) Потенциална енергия

Когато даден консуматор превръща електрическата енергия в друг вид енергия се казва, че това е за сметка на извършената работа от електричния ток.



Разглежда се електрична верига, съдържаща консуматор със съпротивление R , свързан към батерия с напрежение U . По веригата тече постоянен електричен ток I , а зарядът, пренесен по проводника за време t , е $q = It$.

Работата за пренасяне на заряд q по участъка от т. 1 до т. 2 или работата на електричния ток, протичащ през консуматора R е:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU = IU t. \quad (10)$$

Задача 18.

Подредете устройствата в нарастващ ред на количеството извършена работа при зададени заряд Q , пренесен през устройството и напрежение U .



Фенер
 $U = 6 \text{ V}, q = 9 \text{ C}$



Малък вентилатор
 $U = 12 \text{ V}, q = 1 \text{ C}$



Камера
 $U = 7 \text{ V}, q = 3 \text{ C}$

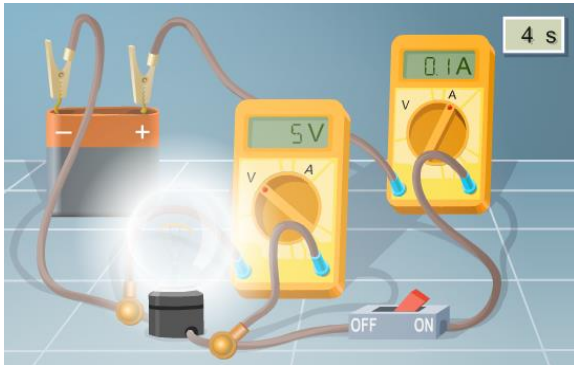


Касетофон
 $U = 9 \text{ V}, q = 3 \text{ C}$

Задача 19.

Пресметнете работата, извършена от електрическия ток, протичащ през електрическата крушка, като знаете показанията на волтметъра и амперметъра, включени във веригата и на секундомера.

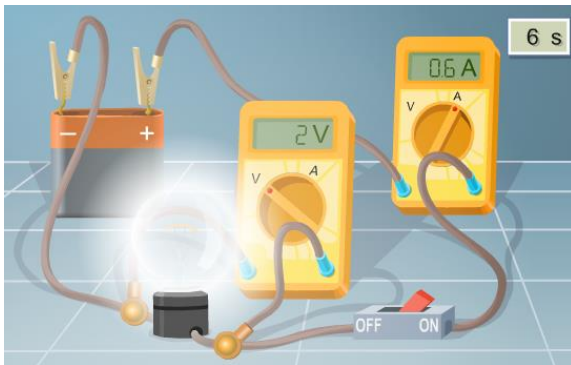
а)



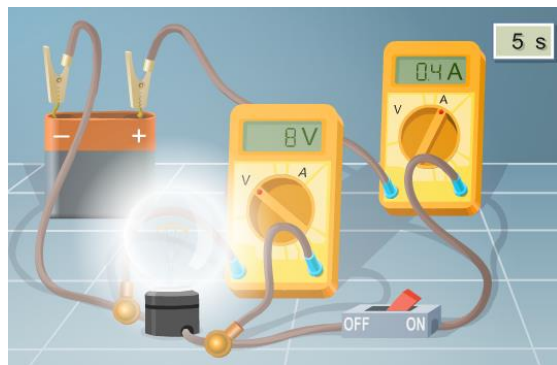
б)



в)



г)



Задача 20.

Две чаши, съдържащи еднакво количество вода, се загряват от еднаква начална температура до завирането на водата. За загряване на водата се използват два нагревателя, включени в контакти с различно напрежение. Маркирайте верните изречения.



1. Водата във втория съд е завряла два пъти по-бързо.
2. Нагревателят на втория съд е отделил във водата два пъти повече енергия.
3. Токът през втория нагревател е два пъти по-голям.
4. Водата във втория съд завира четири пъти по-бързо.
5. Токът през двата нагревателя е еднакъв.
6. Двата нагревателя отделят във водата еднакво количество енергия.

6.2. Закон на Джаул-Ленц

Нека разгледаме линеен хомогенен (еднороден) проводник.

При протичането на постоянен електричен ток по проводника, работата на електричните сили отива изцяло за повишаване на вътрешната енергия на проводника, т.е. проводникът се загрява и започва да отдава топлина на околната среда, като предаденото количество топлина е Q . От закона за запазване на енергията следва, че количеството топлина Q , което се отделя в проводника е равно на работата A , т.е. $Q = A$.

Например нагревателят на бойлера загрява водата, а електрическата печка – въздуха в стаята.

Повишаването на вътрешната енергия на метален проводник при протичане на ток се дължи на ударите на свободните електрони в йоните на кристалната решетка на метала. За времето между два удара електричното поле ускорява електроните и тяхната кинетична енергия нараства. При удара електроните предават тази енергия на йоните, в резултат на което интензивността на хаотичните трептения на йоните нараства, т.е. увеличава се вътрешната енергия на проводника.

Опитно установената зависимост на отделеното количество топлина Q при протичане на електричен ток I в проводник със съпротивление R за време t се нарича закон на Джаул-Ленц:

$$Q = IUt = I^2Rt = \frac{U^2}{R}t.$$
$$Q = I^2Rt. \quad (11)$$

Закон на Джаул-Ленц - количеството топлина, отделено в проводник, по който тече ток, е равно на произведението от квадрата на тока, съпротивлението на проводника и времето за протичане на тока.

6.3. Мощност на електричен ток

Работата на електричния ток, извършена за единица време, се нарича **мощност на електричния ток**:

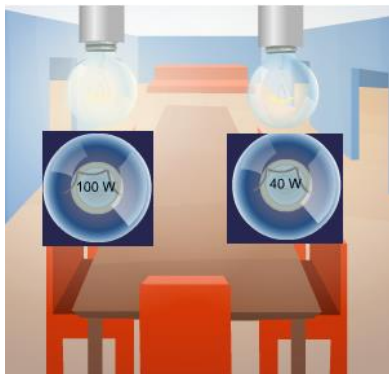
$$P = \frac{A}{t}. \quad (12)$$

Замества се работата от уравнение (10) и се получава:

$$P = IU.$$

Като се използва законът на Ом мощността може да се получи и в следния вид:

$$P = IU = I^2R = \frac{U^2}{R}.$$

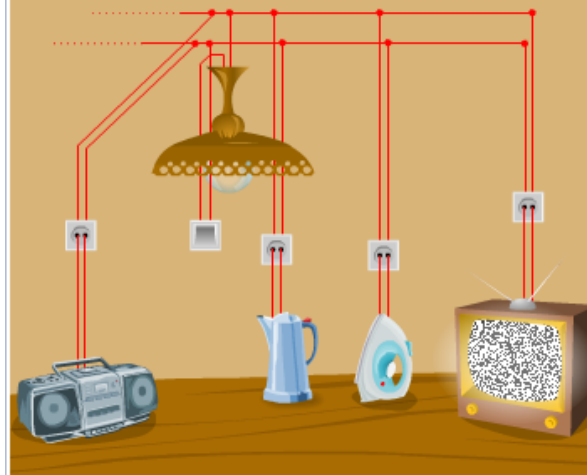


Мощността на тока, протичащ през един електроуред, се нарича мощност на уреда.

Две различни лампи са свързани към 230 V. Токът през първата лампа е по-голям от тока през втората. Докато протича през лампата, по-големият ток извършва повече работа за същото време и затова първата лампа светее по-силно. Мощността на първата лампа е по-голяма от тази на втората.

Претоварване

В домашната електроинсталация всички консуматори са включени паралелно към захранването. Главното предимство на това свързване е независимата работа на отделните уреди. Когато обаче се включат твърде много електроуреди, може да се получи прекъсване на работата на тези устройства. Тогава трябва да се сменят предпазителите.



Задача 21.

Устройствата със следните мощности трябва да се свържат към електроинсталацията: хладилник 1200 W, сешоар 1500 W, радио 20 W, пералня 2000 W, телевизор 90 W, ютия 1800 W. Изчислете тока през предпазителя, ако всички устройства се свържат в един кръг и работят с максимална мощност (с точност до 0.1 A). На колко кръга трябва да се раздели електроинсталацията, за да работят нормално уредите, ако са защитени с 10-амперови предпазители? Захранващото напрежение е 230 V.

Ако знаем мощността на даден уред, ние можем да пресметнем електрическата енергия, консумирана от уреда за определено време: $W = Pt$

Мощността на един уред или устройство се изразява в киловати (kW), времето, през което работи - в часове (h), а резултантното количество енергия се изразява в киловатчаса (kWh). Енергията се измерва в джаули (J) и връзката с kWh е:

$$1kWh = 1kW \cdot 1h = 1000W \cdot 3600s = 3600000J = 3,6MJ$$

Ако знаем каква е цената на 1 kWh, ние можем да пресметнем цената на работа на всяко устройство.

Колко струва да гледаш телевизия?

Мощността на телевизора е около 200 W. Текущата цена на 1 kWh електроенергия е 0.1 euro. Колко ще платите за ток, ако гледате телевизия средно по:

- а) 0.5 часа на ден?
 - за 1 ден – 0.01 Euro
 - за 1 седмица – 0.07 Euro
 - за 1 месец (30дни) – 0.3 Euro
- б) 2 часа на ден?
 - за 1 ден – 0.04 Euro
 - за 1 седмица – 0.28 Euro
 - за 1 месец (30дни) – 1,2 Euro
- в) 6 часа на ден?
 - за 1 ден – 0.12 Euro
 - за 1 седмица – 0.84 Euro
 - за 1 месец – 3,6 Euro

Колко можете да спестите, като използвате енергоспестяваща лампа?



Енергоспестяваща лампа с мощност 9W, осветява толкова ярко, колкото нормална лампа с мощност 25W.

Ако лампите са включени средно по 5 часа на ден, за месец те ще консумират следното количество енергия:

- нормална: 3.75kWh
- енергоспестяваща: 1.35kWh

Ако приемем, че 1 kWh енергия струва 0.1 euro, разходите за използване на лампите са:

- нормална: 0.38 euro
- енергоспестяваща: 0.14 euro



Енергоспестяваща лампа с мощност 11W, осветява толкова ярко, колкото нормална лампа с мощност 60W.

Ако лампите са включени средно по 5 часа на ден, за месец те ще консумират следното количество енергия:

- нормална: 9 kWh
- енергоспестяваща: 1,65 kWh

Ако приемем, че 1kWh енергия струва 0.1 euro, разходите за използване на лампите са:

- нормална: 0.9 euro
- енергоспестяваща: 0.17 euro



Енергоспестяваща лампа с мощност 20W, осветява толкова ярко, колкото нормална лампа с мощност 100W.

Ако лампите са включени средно по 5 часа на ден, за месец те ще консумират следното количество енергия:

- нормална: 15 kWh
- енергоспестяваща: 3 kWh

Ако приемем, че 1kWh енергия струва 0.1 euro, разходите за използване на лампите са:

- нормална: 1,5 euro
- енергоспестяваща: 0.3 euro



Задача 22.

Фризер с мощността е 460W е свързан към напрежение 230 V. Каква работа е била извършена от фризера за 5min? Какъв ток тече през фризера?



Задача 23.

Каква работа извършва токът, протичащ през крушка с мощност 50W, за време от една минута, когато крушката работи с пълна мощност?

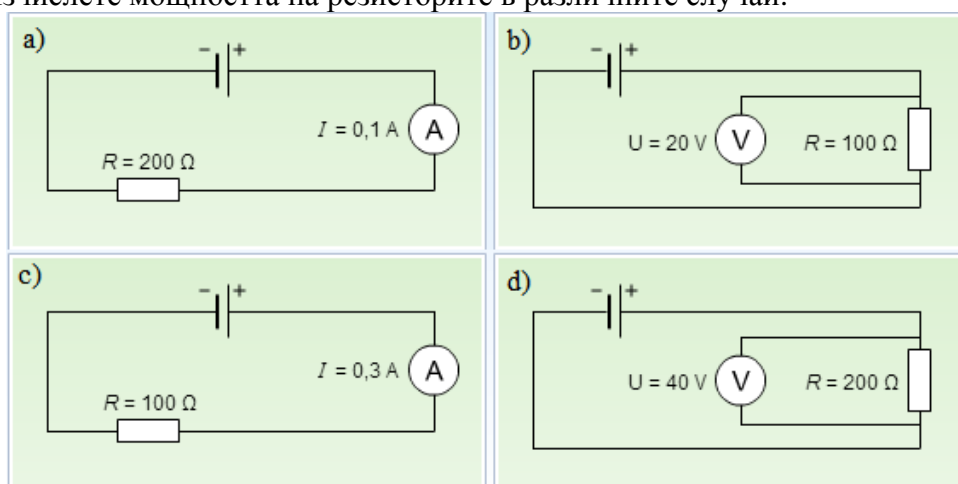


Задача 24.

С каква мощност работи крушка, която за време 1min 40sec, извършва работа 2000J?

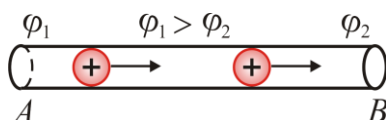
Задача 25.

Изчислете мощността на резисторите в различните случаи.



7. Източници на електродвижещо напрежение

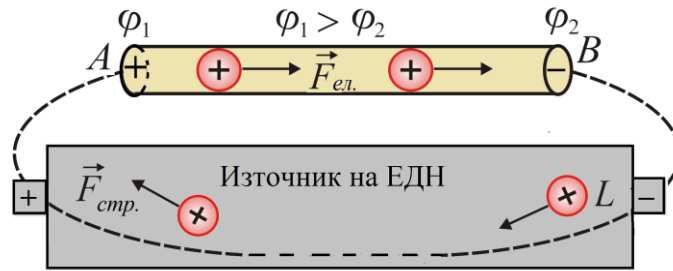
Източниците на електродвижещо напрежение са необходими за поддържането на електричния ток в затворена верига, чрез преобразуване на някакъв вид енергия в електрична енергия. Така например, сухите елементи (батериите) и акумулаторите преобразуват химичната енергия в електрична, генераторите – механичната енергия в електрична, а слънчевите батерии – светлинната енергия в електрична.



Ако в краищата на еднороден проводник е създадена потенциална разлика $\varphi_1 - \varphi_2$ (например чрез наелектризиране) и се отстрани пораждащата я причина, която задържа зарядите $+q$ и $-q$ в краищата на проводника, то в резултат на Кулоновите сили за кратко време приблизително 10^{-19} s ще протече електричен ток. В резултат на това големините на зарядите и на потенциалите в двата края на проводника ще се изравнят, т.е. $+q = -q$ и $\varphi_1 = \varphi_2$.

За да протича постоянен електричен ток, трябва да се поддържа постоянна потенциалната разлика $\varphi_1 - \varphi_2$, т.е. необходимо е от края с по-малък потенциал φ_2 да се

отнемат заряди и да се пренесат в края с по-висок потенциал φ_1 . Необходимо е да се осъществи кръговрат на зарядите по затворен път L .



Известно е, че работата, която извършват електростатичните сили за пренасянето на единичен положителен заряд по затворен контур е нула. Затова това пренасяне на заряди се извършва от неелектростатични сили. Тези сили се наричат **странични сили**. Природата на страничните сили е различна – химична, механична и др. Източникът на тези сили се нарича **източник на електродвижещо напрежение (ЕДН)**. Той пренася заряд $+q$ от точка с по-нисък потенциал φ_2 към точка с по-висок потенциал φ_1 (на фигурата е показано с пунктирна линия).

Така токовите линии, които започват от т. A и свършват в т. B , чрез източника на ЕДН ще се затварят от т. B към т. A , образувайки един пълен затворен кръг. При всяко пълно завъртане на заряда $+q$ по затворения контур L , източникът на ЕДН извършва работа $A_{стр.}$:

$$A_{стр.} = q\mathcal{E}.$$

Електродвижещото напрежение се дефинира като работата, която извършват страничните неелектрични сили $F_{стр.}$ за пренасяне на единичен положителен заряд ($+1C$) по затворен контур:

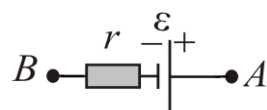
$$\mathcal{E} = \frac{A_{стр.}}{q}. \quad (13)$$

Страничните сили характеризират ЕДН и се дефинират чрез:

$$\vec{F}_{стр.} = q\vec{E}_{стр.}, \quad (14)$$

където $\vec{E}_{стр.}$ е интензитетът на полето на страничните сили.

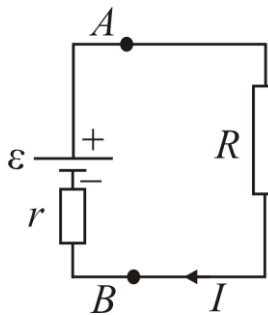
При протичане на електричен ток в затворена верига топлина се отделя както в консуматорите, така и в източника (батерията се нагрива при работа). Това показва, че източниците също имат електрично съпротивление. То се нарича **вътрешно съпротивление на източника на ЕДН** и се бележи с r . В електрическата схема вътрешно съпротивление r се представя като допълнителен резистор, свързан последователно на източника.



Свежите батерии имат малко вътрешно съпротивление – части от ома. Когато батерията старее и се изтощава, вътрешното и съпротивление нараства до няколко ома. Акумулаторите имат по-малко вътрешно съпротивление от батериите - $(0.001 - 0.1) \Omega$.

Във всеки източник на ЕДН става преобразуване на някакъв вид енергия в електрична. Батериите и акумулаторите преобразуват химичта енергия, динамото – механична енергия, слънчевите батерии – светлинна енергия.

8. Закон на Ом за цялата верига



На фигурата е представена затворена верига, съставена от източник с ЕДН \mathcal{E} и вътрешно съпротивление r и от резистор със съпротивление R . Съпротивлението на проводниците, свързващи резистора с полюсите на източника, е много малко и може да се пренебрегне.

Веригата се разделя на две части: *външна част* – в случая това са резисторът и съединителните проводници и *вътрешна част* – източникът с неговото ЕДН и вътрешното съпротивление. Външната и вътрешната част на веригата се свързват в точките A и B (полюсите на източника).

Ако за време t през напречното сечение на проводниците преминава заряд q , същият заряд преминава и през източника, при което страничните сили $\vec{F}_{cmp.}$ извършват работа:

$$A_{cmp.} = \mathcal{E}q.$$

В израза зарядът се замества чрез тока: $q = It$ и се получава:

$$A_{cmp.} = \mathcal{E}It. \quad (15)$$

При протичането на ток I във веригата, се отделя количество топлина, което се определя от закона на Джаул-Ленц (11):

$$Q = I^2Rt + I^2rt.$$

От закона за запазване на енергията следва, че $Q = A_{cmp.}$, замества се количеството топлина с уравнение (15) и се получава:

$$I^2Rt + I^2rt = \mathcal{E}It.$$

$$IR + Ir = \mathcal{E}.$$

Следователно ЕДН на една батерия \mathcal{E} е равно на сумата от напрежението върху вътрешното съпротивление на батерията и външното съпротивление.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}. \quad (16)$$

Уравнение (16) е законът на Ом за цялата верига.

Закон на Ом за цялата верига - токът I в една затворена електрична верига е равен на отношението на електродвижещото напрежение \mathcal{E} на източника към пълното съпротивление $R + r$ на веригата.

От този закон следва, че напрежението на външната част на веригата $U = IR$ е по-малко от ЕДН на източника \mathcal{E} . Двете напрежения могат да се изравнят само, ако вътрешното съпротивление на източника е $r = 0$.

Ако във веригата не е свързан консуматор ($R=0$), това свързване се нарича свързване на късо. Протичащият ток тогава ще е много силен и се нарича ток на късо съединение:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r}$$

Задача 26.

Пресметнете стойността на тока, протичащ през веригата, и най-силния ток, който може да даде батерията.



Токът, протичащ през веригата, е:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{9 \text{ V}}{30 \Omega + 3 \Omega} = 273 \text{ mA}$$



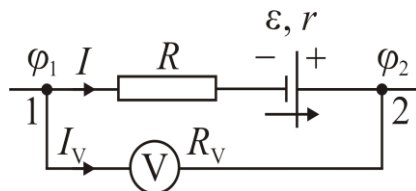
Токът на късо е приблизително равен на:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r} = \frac{9 \text{ V}}{3 \Omega} = 3 \text{ A}$$

Направете пресмятанията за случаите:

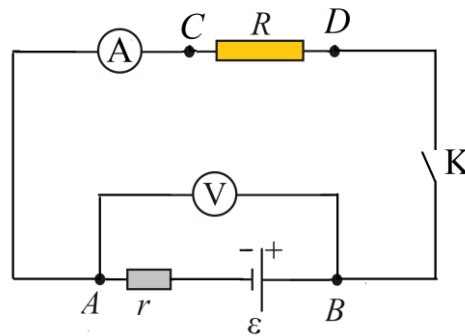
- a) $\mathcal{E} = 4.5\text{V}; r = 2\Omega; R = 60\Omega$
- b) $\mathcal{E} = 1.5\text{V}; r = 1\Omega; R = 50\Omega$

Какво измерва волтметърът?



Волтметърът измерва потенциалната разлика (или напрежението) между точките на свързването му ($\varphi_1 - \varphi_2$), като $I_V R_V = \varphi_1 - \varphi_2$.

Нека разгледаме следната схема:



1) Когато ключът K е отворен, от източникът не се черпи ток и потенциалната разлика между т. A и т. B е равно на ЕДН.

$$U_{V1} = \mathcal{E}$$

При отворена верига волтметърът, свързан към двата полюса на източника, измерва неговото ЕДН.

2) Когато ключът K е затворен, при затворена верига, потенциалната разлика между т. A и т. B е равна на потенциалната разлика върху външната част на веригата. При идеалния амперметър с пренебрежимо малко съпротивление $R_A = 0$, напрежението върху него е нула: $U_A = R_A I = 0$. Затова напрежението между т. A и т. B е равно на напрежението между т. C и т. D . В този случай волтметърът измерва напрежението на резистора:

$$U_{V2} = IR$$

Когато от източника се черпи ток, волтметърът, свързан към двата му полюса, измерва напрежението във външната част на веригата.

Като се измери големината на тока с амперметъра, може да се определи вътрешното съпротивление на източника от закона на Ом за цялата верига:

$$\mathcal{E} = RI + rI$$

$$U_{V1} = U_{V2} + rI$$

$$r = \frac{U_{V1} - U_{V2}}{I}$$

Част от фигурите са взаймствани от сайта <http://start.e-edu.bg/>, на който можете да наблюдавате и пълните анимации на някои от физичните явления.