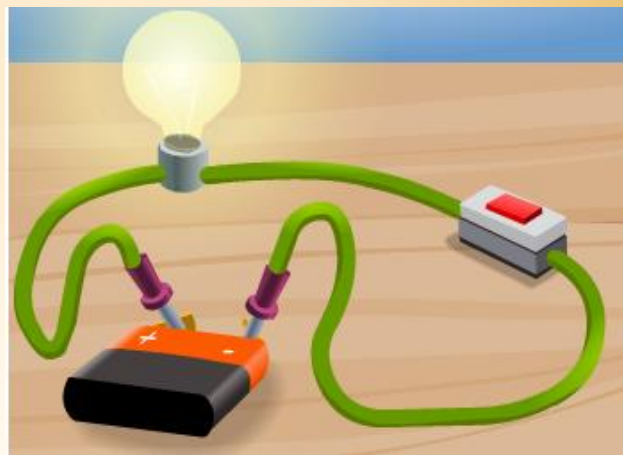
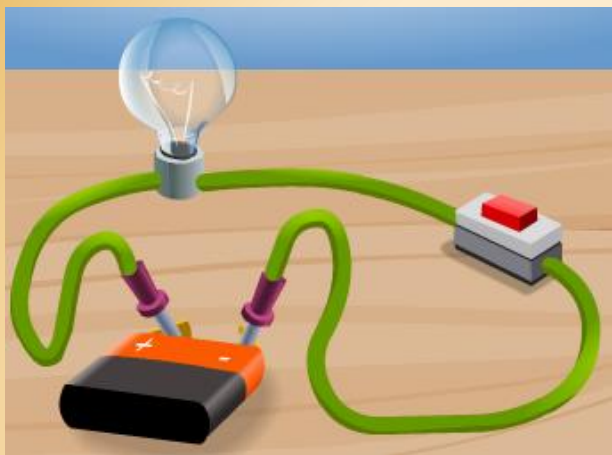


**ГОЛЕМИНА И  
ПЛЪТНОСТ НА  
ПОСТОЯНЕН  
ЕЛЕКТРИЧЕН ТОК.  
ЗАКОН НА ОМ.**

**Лектор: проф. д-р Т. Йовчева**

# Електричен ток



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 *метали* - електрони.

В *полупроводници* - електроните и дупките.

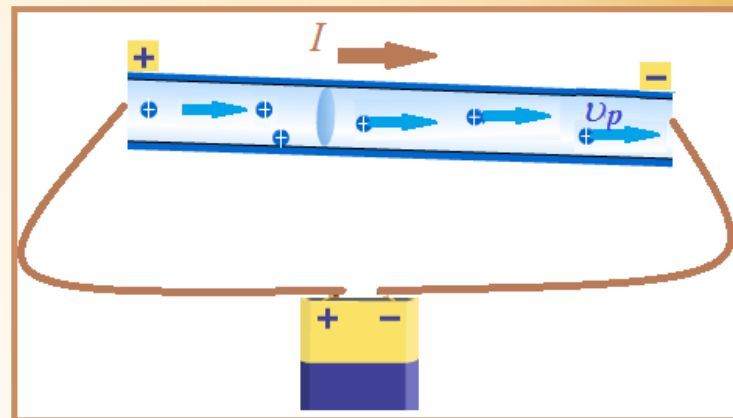
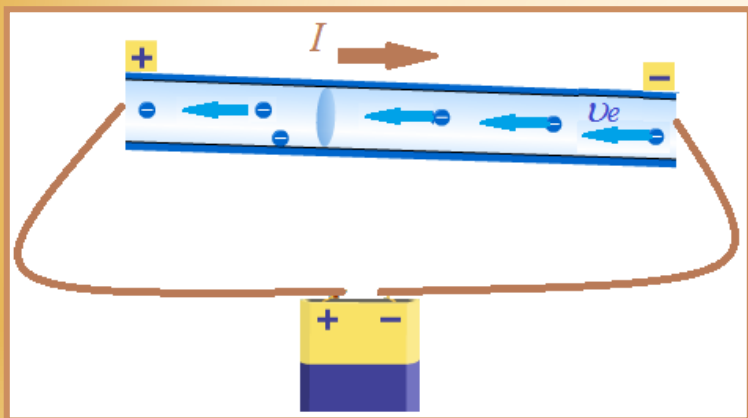
В *електролити и газове* - положителни и отрицателни йони.

- ❑ Електричният ток тече от място с по-висок потенциал към място с по-нисък потенциал, както водата на водопада тече надолу.
- ❑ Посоката на тока е от положителния полюс на батерията (с по-висок потенциал) към отрицателния (с по-нисък потенциал). 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:

$$I = \frac{q}{t}$$



Количеството електричество, преминало за единица време се пресмята като:

$$q = n \cdot e$$

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

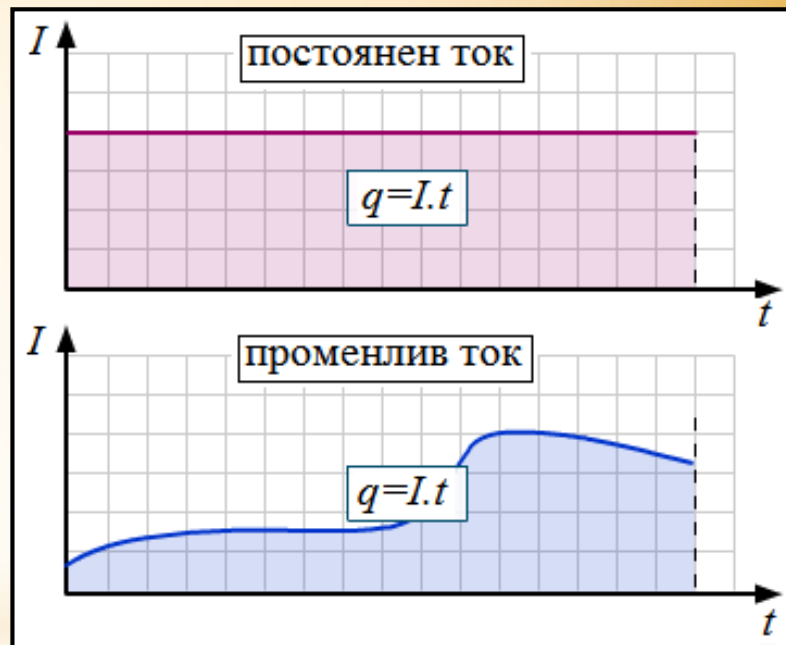


Мерната единици за големина на тока в системата СИ е ампер:

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

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

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



Зарядът преминал за дадено време през сечението на проводника може да се пресметне от площта на графиката на тока от времето.

Електричният ток в проводник може да се пресметне и така:

$$I = n_0 \cdot e \cdot v \cdot S$$

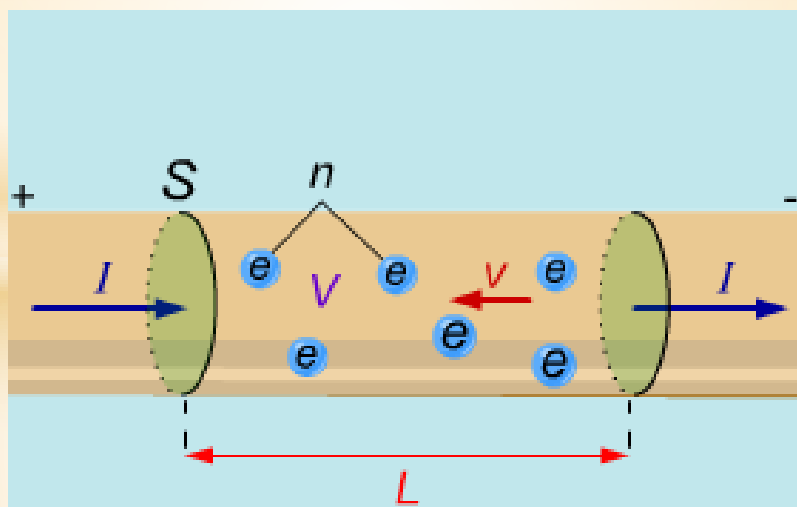
$n_0$  - брой свободни заряди в единица обем

$n = n_0 \cdot V = n_0 \cdot S \cdot l$  - брой свободни заряди в обем  $V$ ;

$S$  - напречното сечение;

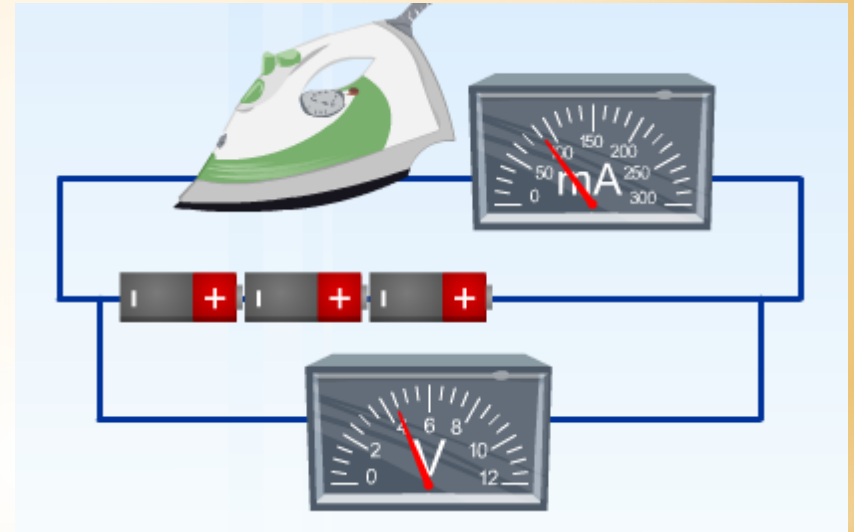
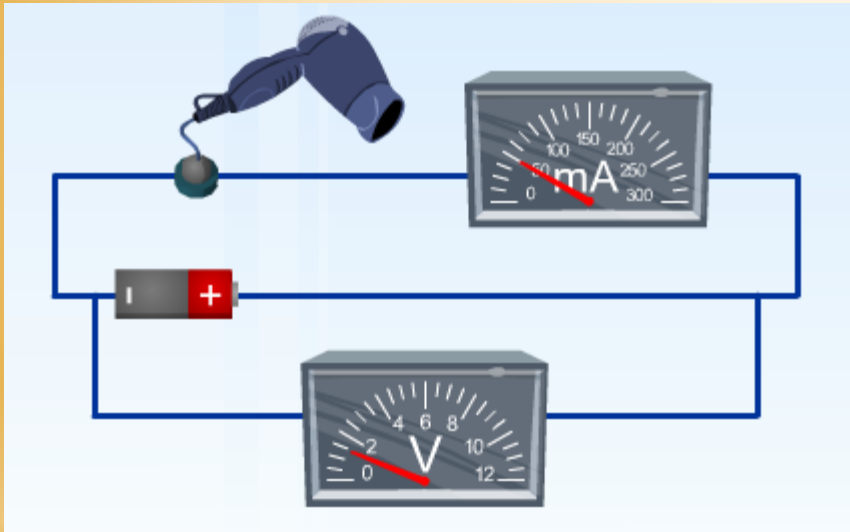
$L$  - разстояние, което изминават зарядите за единица време;

$v$  - скоростта на зарядите.



# Закон на Ом

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.



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

Ако напрежението, приложено на даден консуматор се увеличи два пъти, то токът също нараства два пъти.

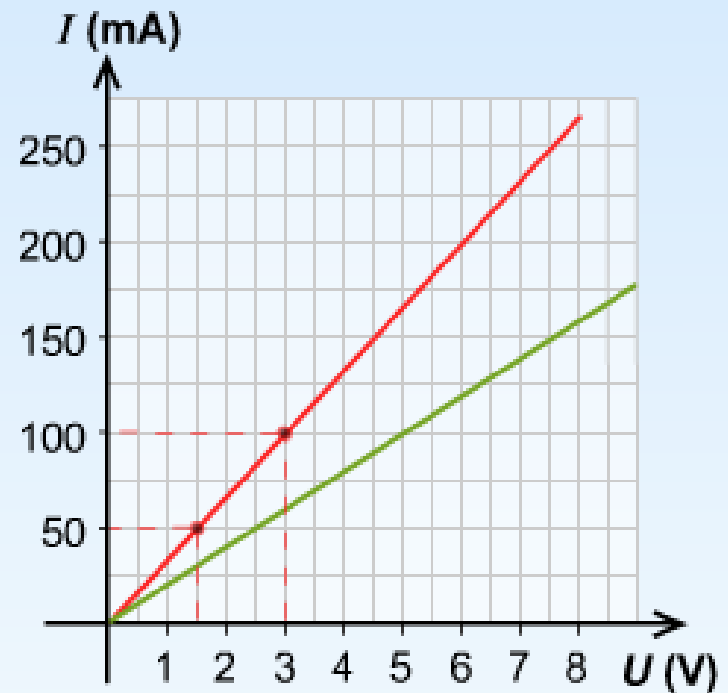
Ако напрежението се увеличи три пъти, то токът също нараства три пъти и т.н., но отношението им остава постоянно.

сешоар

	0	1	2	3	4	5
$U$ (V)	0	1,5	3	4,5	6	7,5
$I$ (mA)	0	50	100	150	200	250

ЮТИЯ

	0	1	2	3	4	5
$U$ (V)	0	1,5	3	4,5	6	7,5
$I$ (mA)	0	30	60	90	120	150





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*:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = GU$$

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.

$$I = \frac{U}{R}$$

*Тази пропорционалност се отнася за:*

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

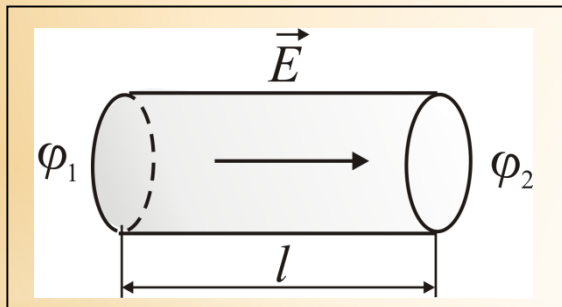
*Линеен проводник*, се нарича такъв проводник, чийто диаметър на напречното му сечението е много по-малък от неговата дължина и сечението му е едно и също в различните части.

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  $E$ , постоянно с времето, необходимо да поддържа постоянна **потенциална разлика** или **напрежение** между двата края на проводника с дължина  $l$ , т.е.

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U$$



$$E = -grad\varphi = \frac{U}{l}$$

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:

$$[R] = \frac{1V}{1A} = \Omega$$

$$[G] = \frac{1A}{1V} = \Omega^{-1} = S$$

**Съпротивление 1  $\Omega$  има такъв проводник, през който протича ток с големина 1 А, когато в краищата му се приложи напрежение 1 V.**



## Съпротивление на проводници

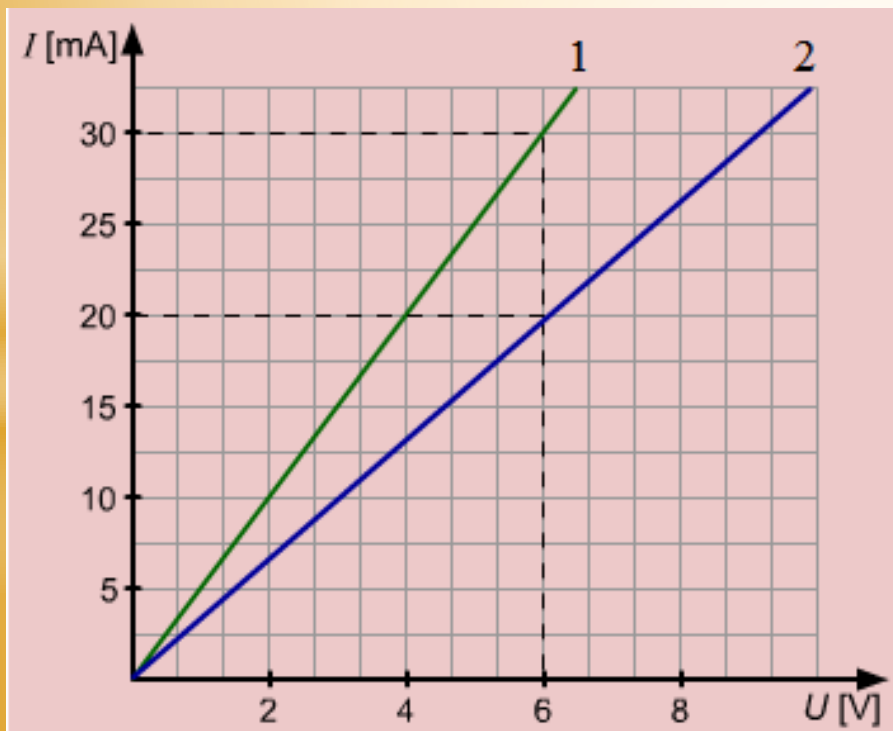
Ако в две подобни електрични вериги включим различни лампи и еднаквото напрежения предизвика протичане на различен по големина ток, то следва, че лампите имат различно съпротивление.

Колкото е по-слаб токът, толкова по-голямо е съпротивлението.





- От графиката 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, което означава, че съпротивлението е по-малко.



$$R = \frac{U}{I}$$

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

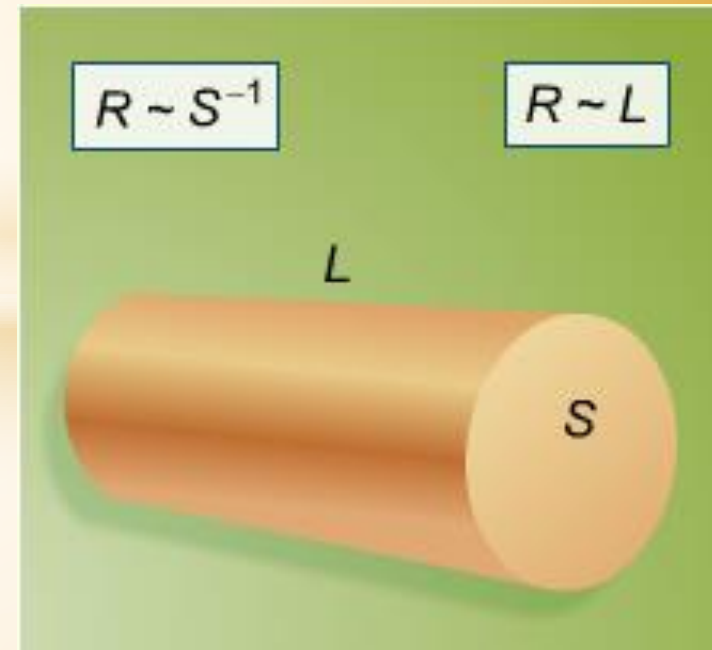
За крива 2:  $R_2 = \frac{6V}{20mA} = 300\Omega$

Съпротивлението на един проводник зависи от неговите размери.

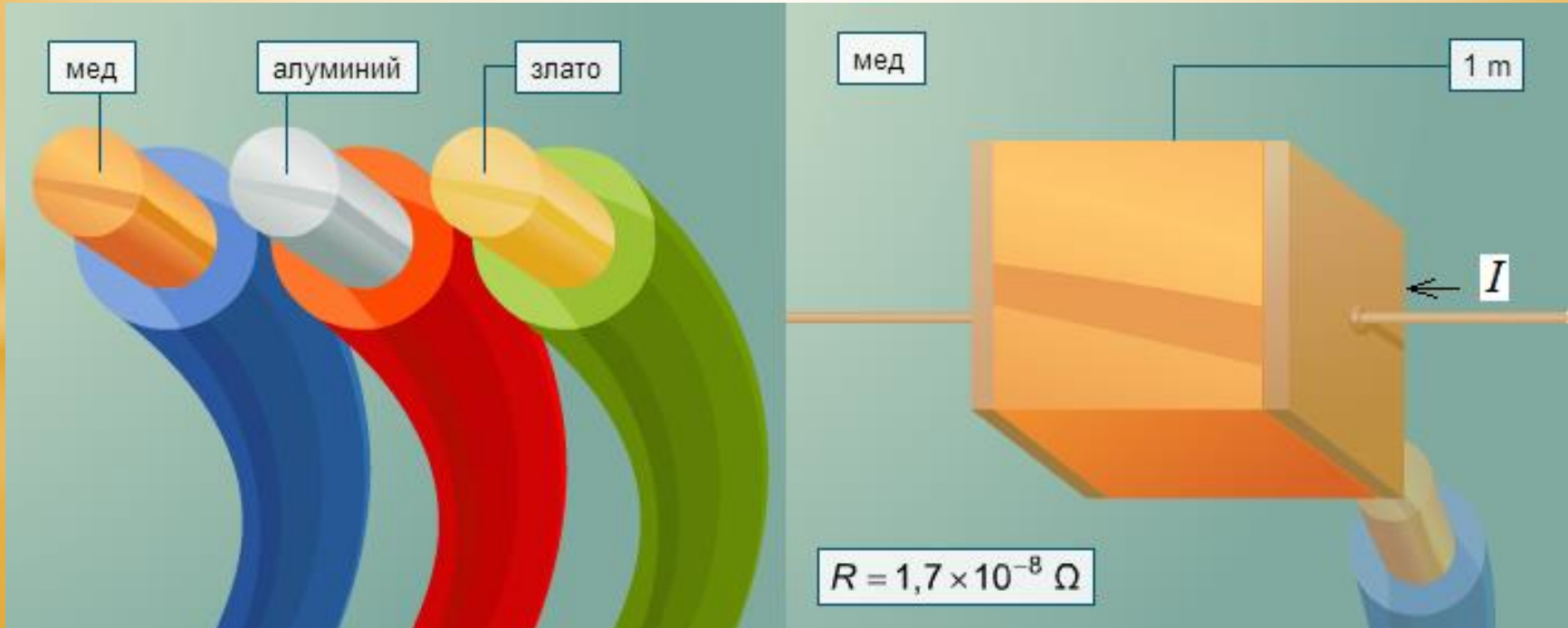
За линеен ( $S = const$ ) еднороден (хомогенен  $\rho = const$ ) проводник съпротивлението е право пропорционално на неговата дължина  $L$ , обратно пропорционално на напречното му сечение  $S$  и зависи от веществото, от което е направен проводникът:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

където  $\rho$  е *специфичното съпротивление*.



- Проводниците се правят от различни материали, чиито свойства определят съпротивлението на проводника чрез величината специфично електрично съпротивление -  $\rho$ .
- **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**  $\sigma$  е обратно пропорционална на специфичното съпротивление:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Единицата за специфично съпротивление – ( $S$  – «сименс»).

$$[\sigma] = (\Omega \cdot m)^{-1} = S / m$$

**Специфичното съпротивление  $\rho$  и специфичната проводимост  $\sigma$**  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*

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

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

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha T)$$

където  $\rho_0$  е специфично съпротивление при 0 °С,  $\alpha$  е температурният коефициент на съпротивление.

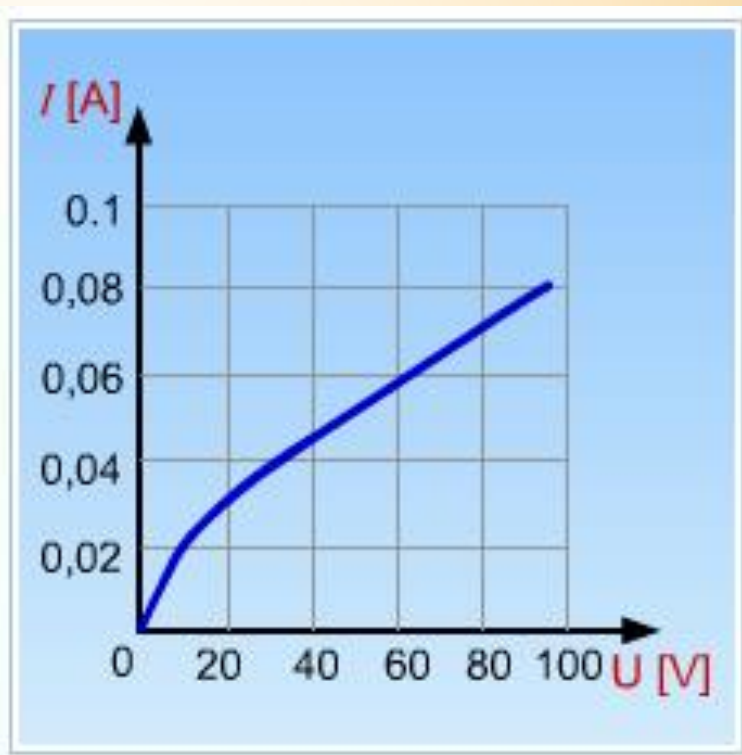
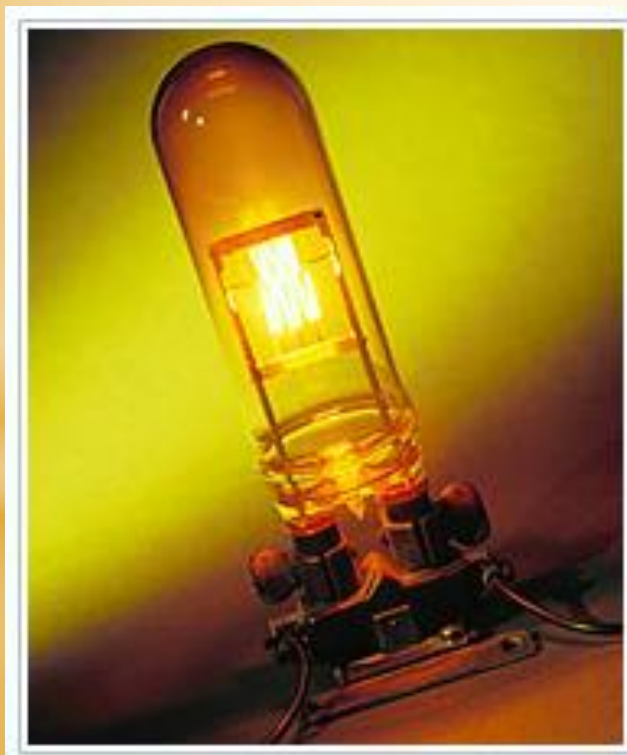
Мерната единица на  $\alpha$  е :  $[\alpha] = \text{K}^{-1}$ .

*С увеличаване на температурата се увеличава съпротивлението на проводника.*

Съпротивлението е волфрамовата жичка на лампа.

С увеличаване на температурата на жичката вследствие нарастване на напрежението, съпротивлението ще нарастне, а тока ще намалее.

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



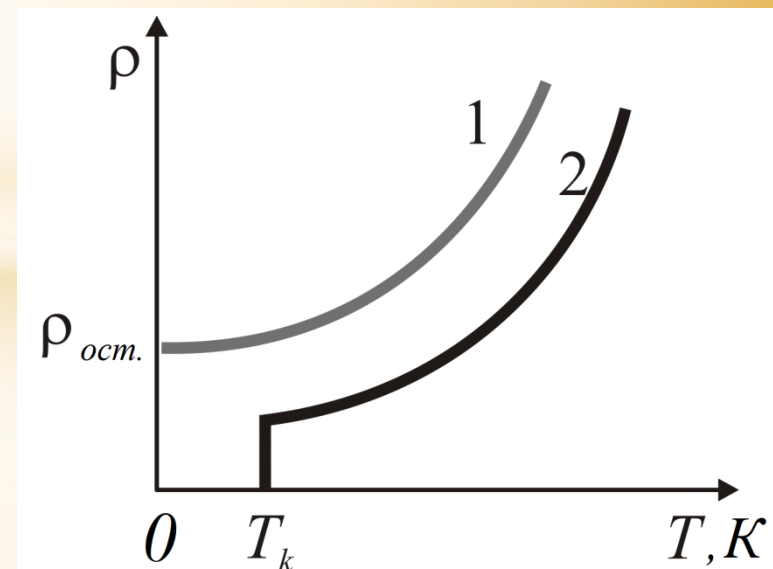
За повечето метали,  $\rho$  като функция на  $T$  има вида 1. Остатъчното съпротивление  $\rho_{\text{ост.}}$  зависи от примесите и от механичните напрежения в изследваното вещество.

За някои метали и сплави при  $T_k$  няколко  $^\circ$  градуса по Келвин, съпротивлението със скок става равно на нула (крива 2).

При  $T_k$  проводникът преминава в *свръхпроводимо състояние*.

Токът в затворена верига, направена от свръхпроводник, 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.

Използват се, за да осигурят електричен ток с определена големина в електричната верига.



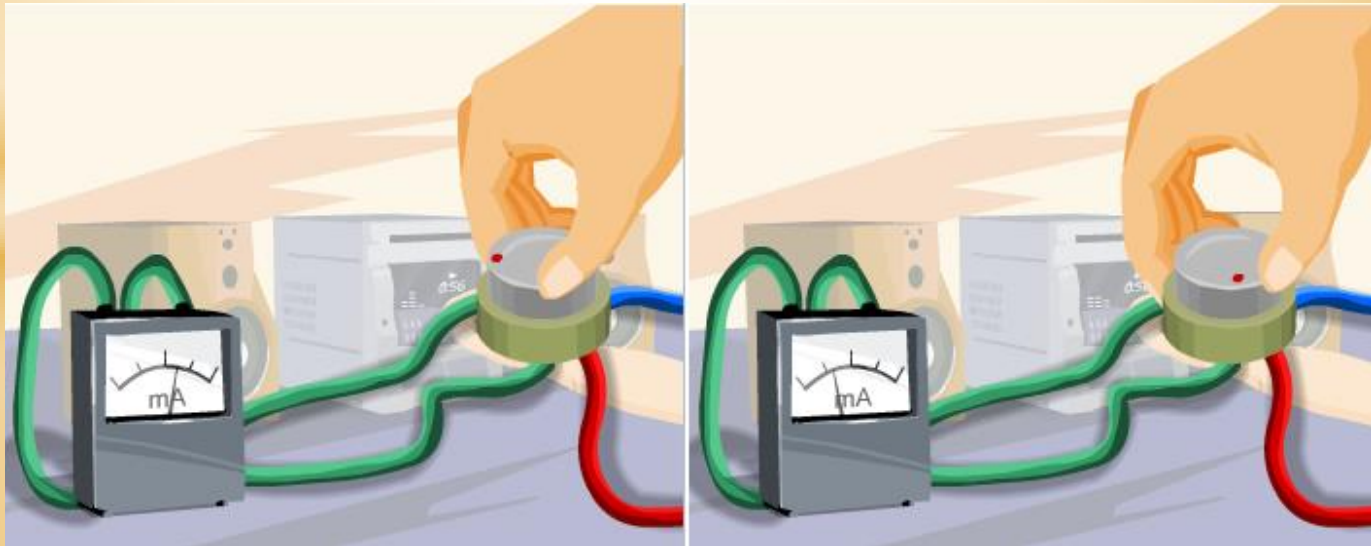


# Потенциометър

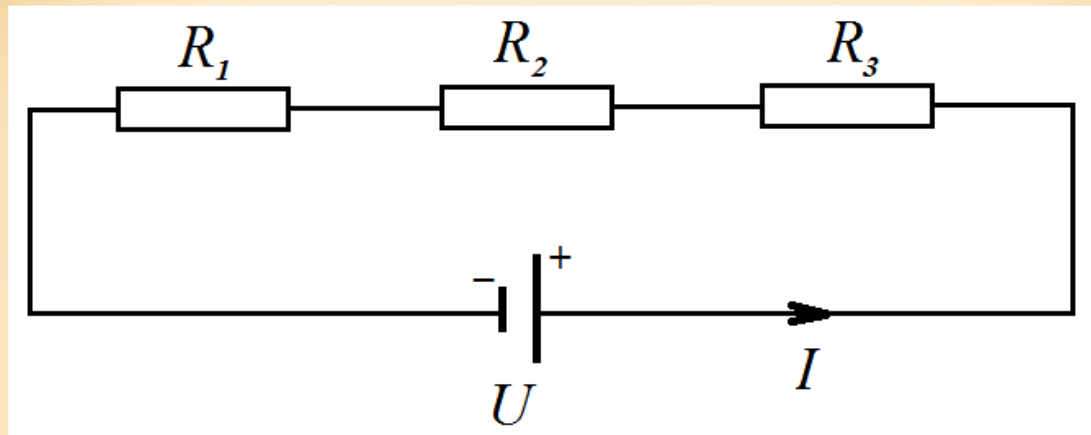
*Резистори, чието съпротивление може плавно да се променя.*



Потенциометър е бутонът за увеличаване на звука на радиото. Когато увеличаваме съпротивлението на потенциометъра, през веригата ще протича по слаб ток и радиото ще свири по тихо.



## 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.

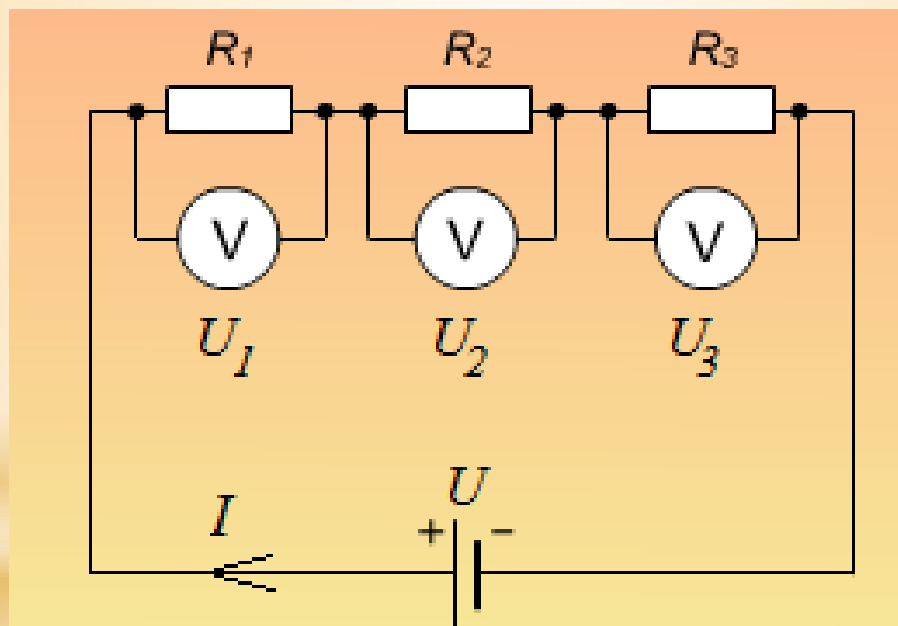
Напрежението от източника е равно на сумата от напреженията, измерени в краищата на всеки резистор.

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

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

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:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$



## Извеждане на уравнението за три резистора

Напрежението се изразява като:  $U = IR$

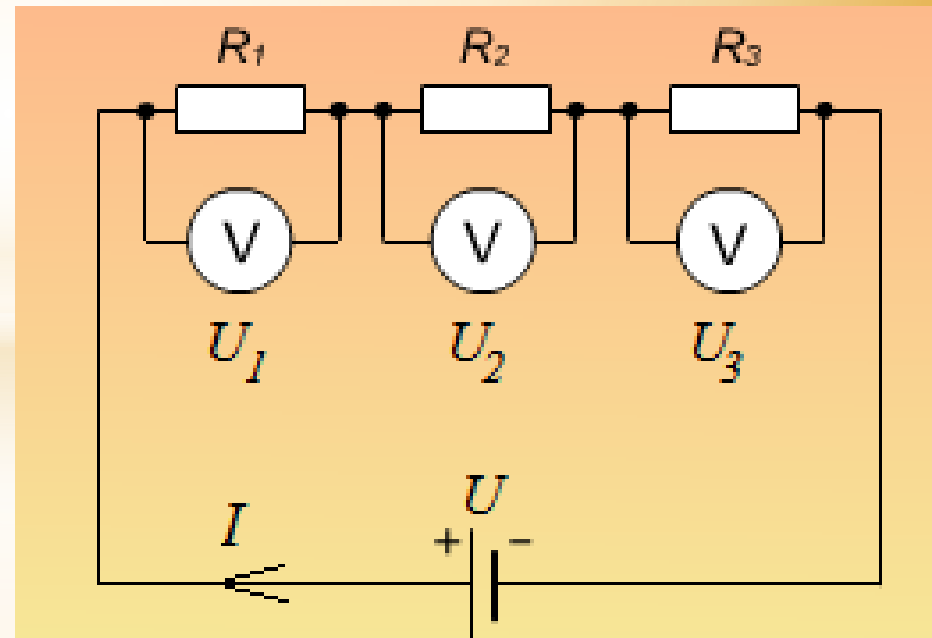
Напрежението на източника е сума от напреженията на отделните резистори:  $U = U_1 + U_2 + U_3$

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

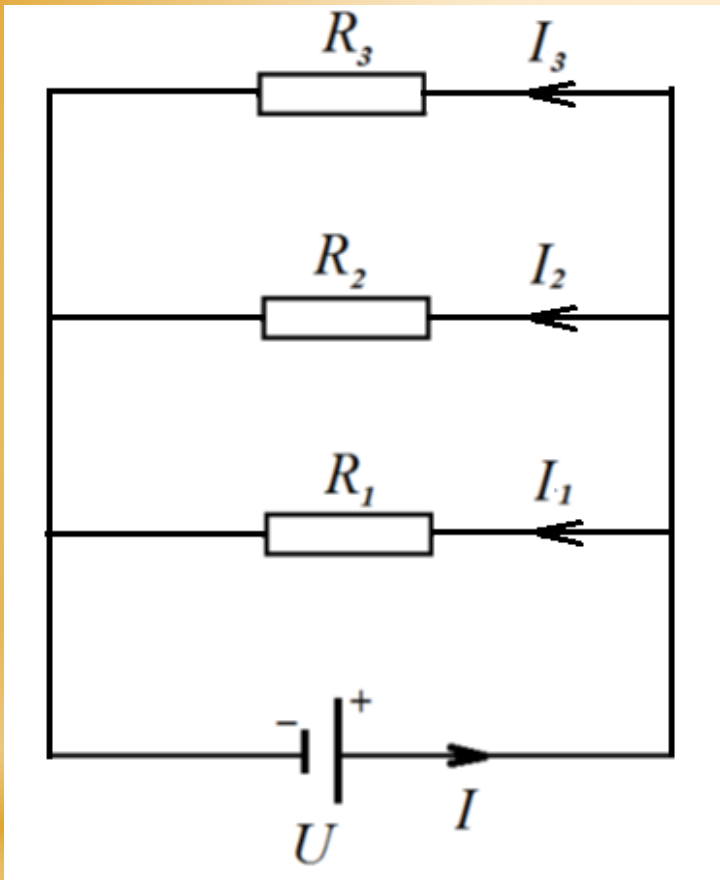
$$IU = IU_1 + IU_2 + IU_3$$

Оттук получаваме:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$



## 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.

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

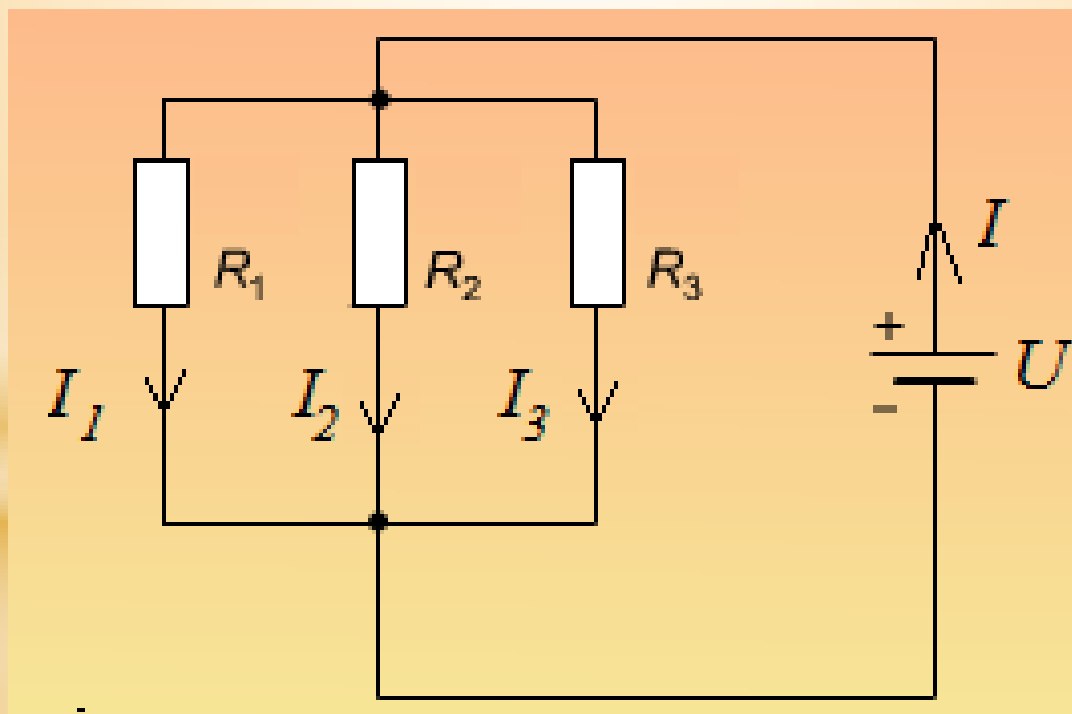
Токът през всеки резистор е различен и общият ток е равен на сумата от токовете в отделните проводници.

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



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

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



## Извеждане на уравнението за три резистора

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

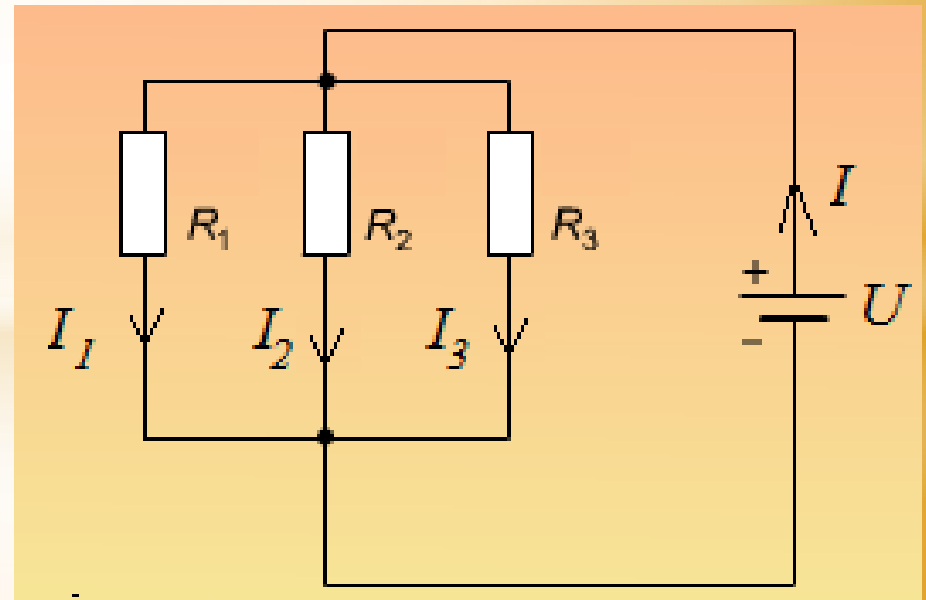
Токовете през отделните успоредно свързани резистора се сумират:  $I = I_1 + I_2 + I_3$

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

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

Оттук получаваме:

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

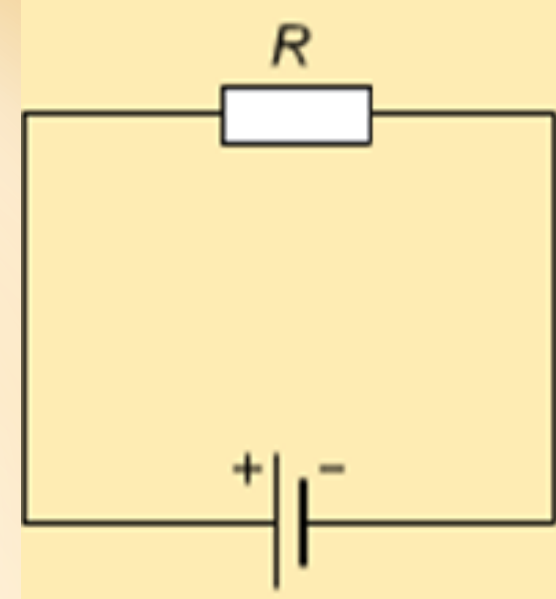
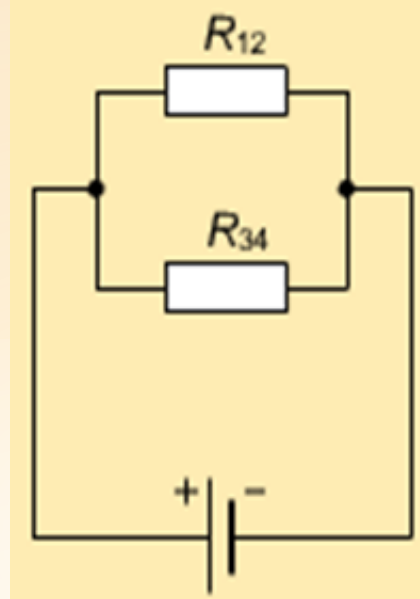
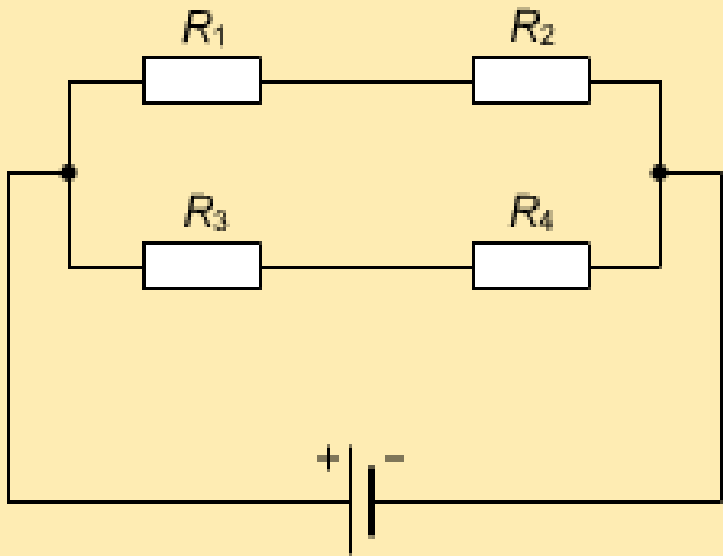


## Смесено свързване на резистори

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.



$R_1$  и  $R_2$  са свързани последователно и имат ЕС:

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

$R_3$  и  $R_4$  са свързани последователно и имат ЕС:

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

$R_{12}$  и  $R_{34}$  са свързани успоредно:  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_{34}} = \frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1}{R_3 + R_4}$

ЕС на схемата е:  $R = \frac{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$