

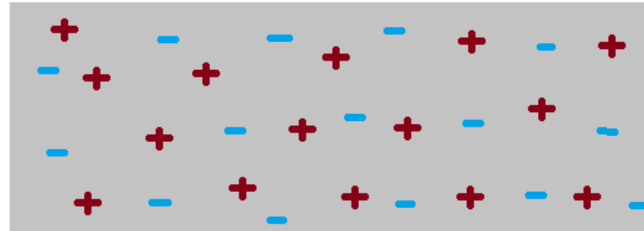
# Elektrodinamika 1

Elektromos áram, elektromos ellenállás, Joule-hő

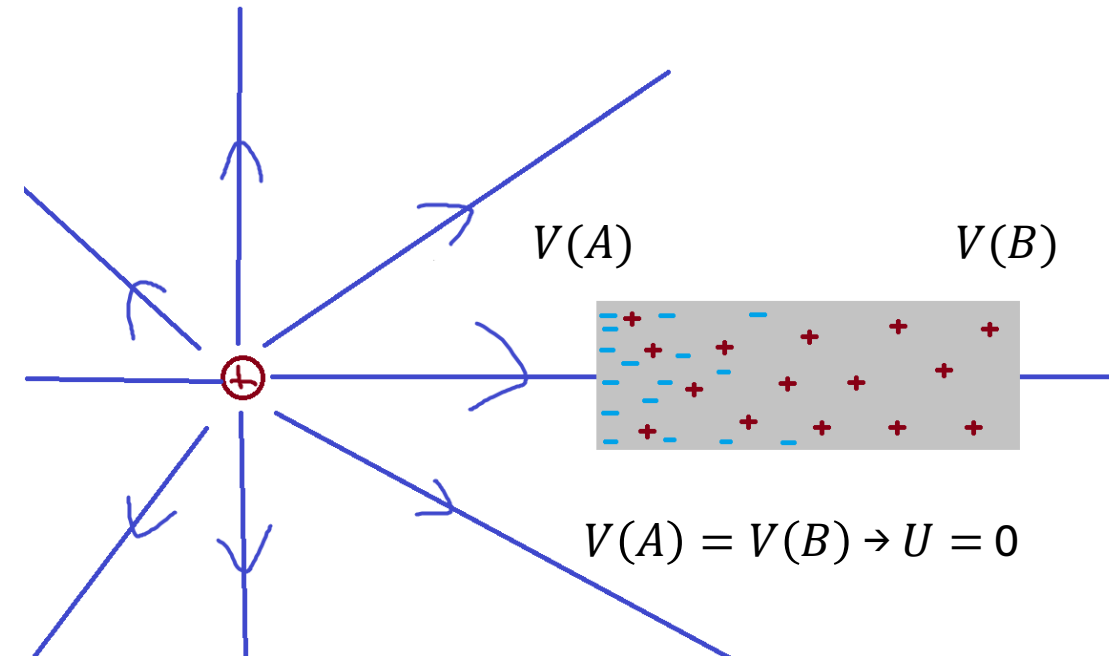
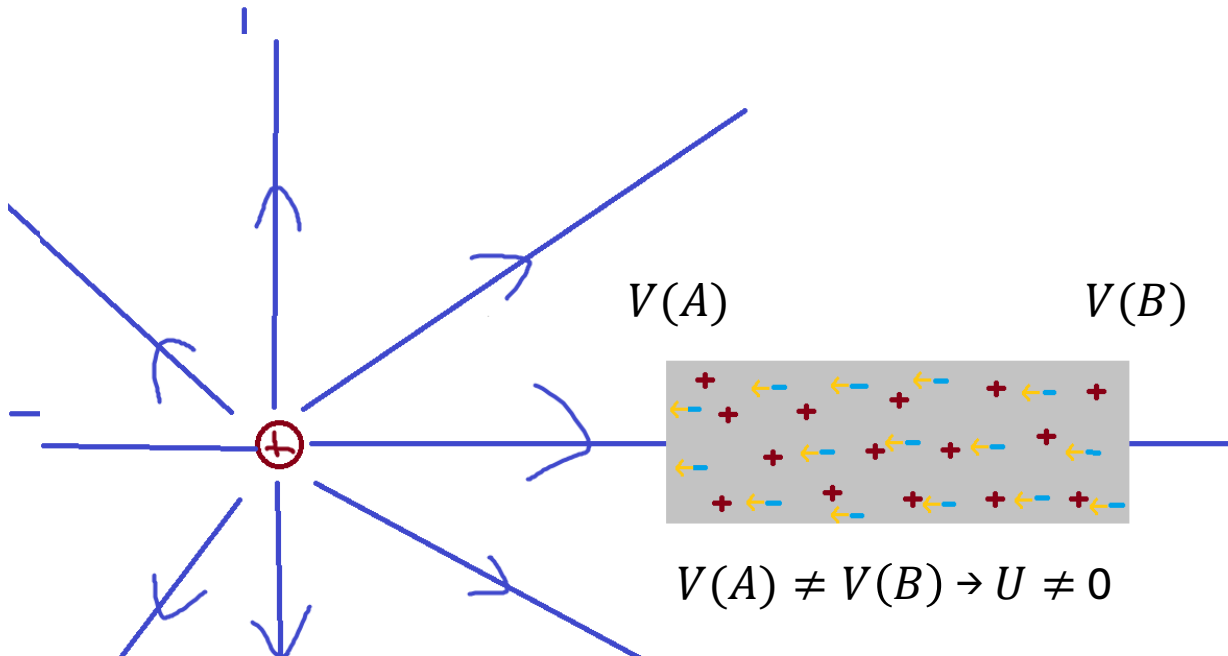
# Elektromos áram

- Töltésmegmaradás
- Energiamegmaradás

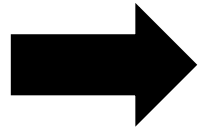
Elektromos vezető: szabad töltéshordozókkal rendelkező anyag (pl. fémek, elektrolit ...):



Fém vezető elektromos térbe helyezve ( $t = 0s$ ): Kis,  $\Delta t$  idő után statikus állapot:



Hogy lehet  $V(A) \neq V(B) \rightarrow U \neq 0$  állapotot fenntartani?



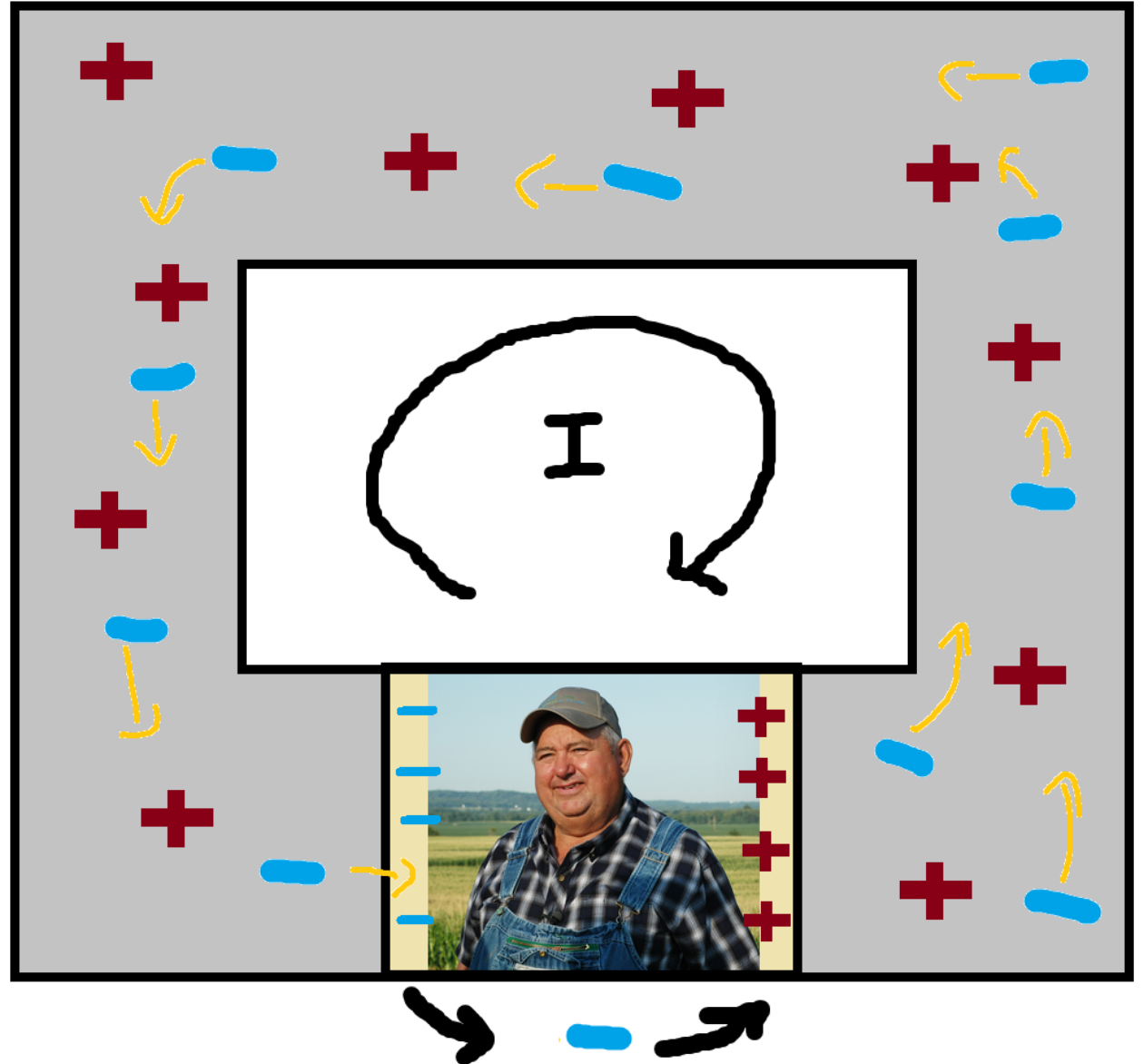
## Feszültségforrás

(feszültség = potenciál különbség)

Áramirány = A + töltések relatív mozgásának iránya

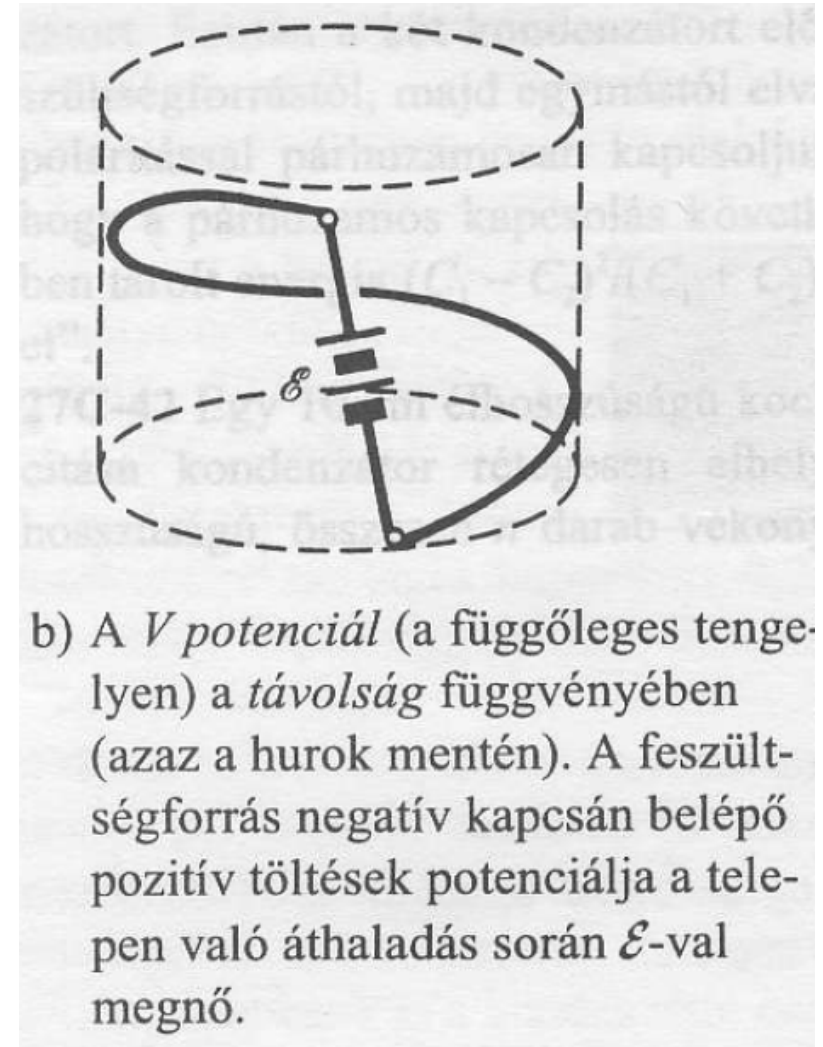
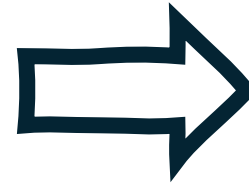
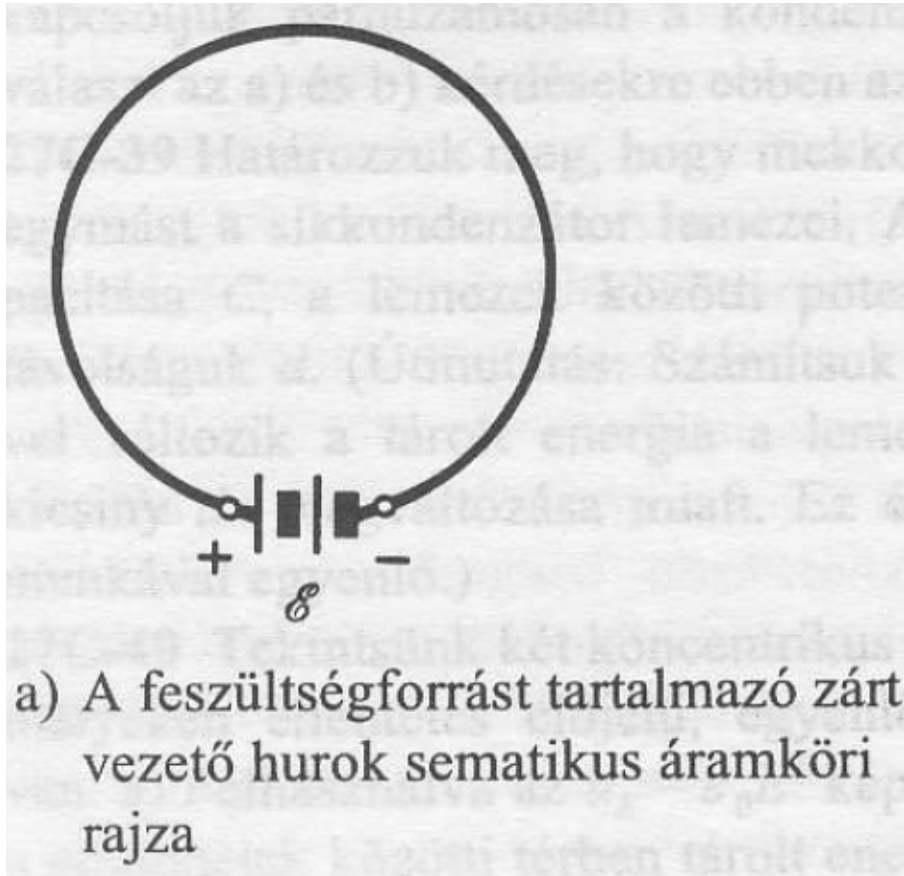
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$\left[ \frac{C}{s} \right] = [A]$$

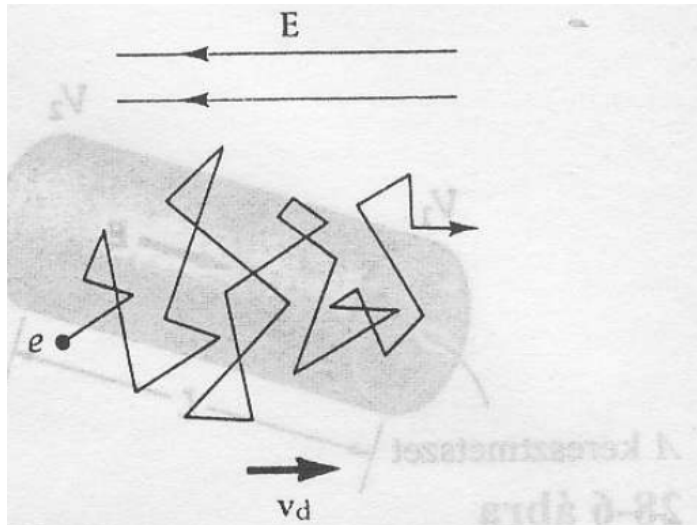


# Elektromos áram

Feszültségforrás + zárt vezető hurok

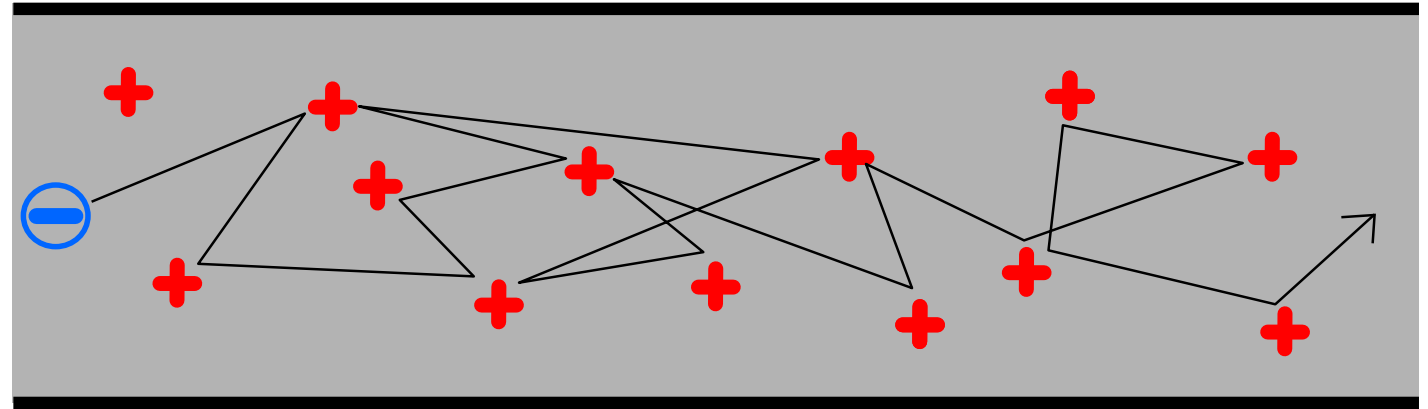


# Az elektromos vezetés klasszikus modellje



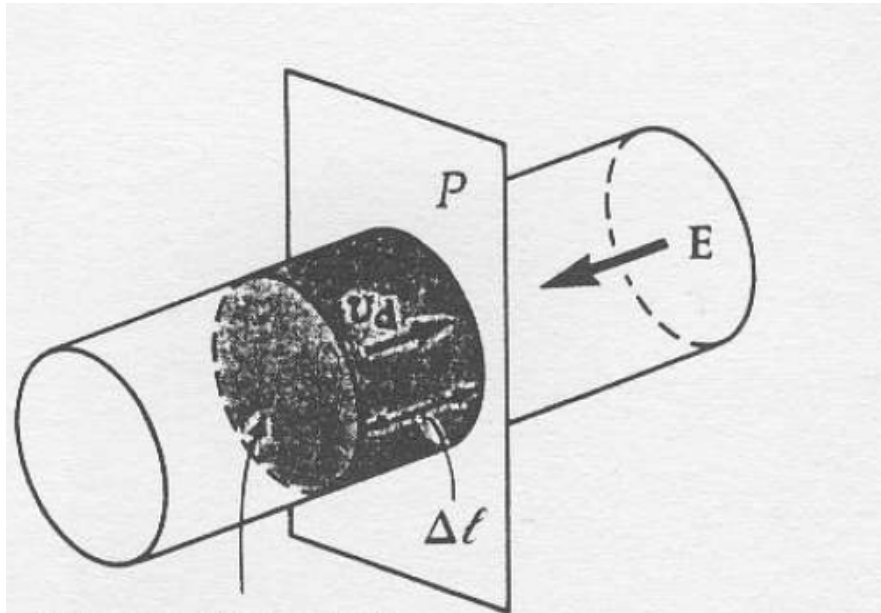
**28-5 ábra**

A fémekben a szabad elektronok olyan bolyongó mozgást végeznek, mint a gázok molekulái. Amikor a fémbe elektromos erőter alakul ki, akkor az elektronok az  $E$  térerősség irányával ellentétes irányban,  $v_d$  átlagos sebességgel vándorolnak. A (negatív töltésű) elektronok  $v_d$  átlagos sebességű vándorlása hozza létre az  $I$  áramot (a másik irányban).



Az elektron folyamatosan "ütközik" az atomrács atomjaival, eközben átlagos,  $v_D$  driftsebességgel halad

# $v_D$ driftsebesség



A keresztmetszet

## 28-4 ábra

Az árnyékolással jelzett térrész elektronjai  $\Delta t = \Delta \ell / v_d$  idő alatt a  $P$  sík túloldalára vándorolnak.

# Feladat: Mekkora az elektronok sebessége telefon töltés közben?

- A töltőkábel 2 mm átmérőjű és réz anyagú
- A töltőfej 2 A áramot tud adni



A réz atomsúlya:  $M = 63,54 \frac{g}{mól}$

Sűrűsége:  $8,92 \frac{g}{cm^3}$

Az elemi töltés:  $1,602 \cdot 10^{-19} C$



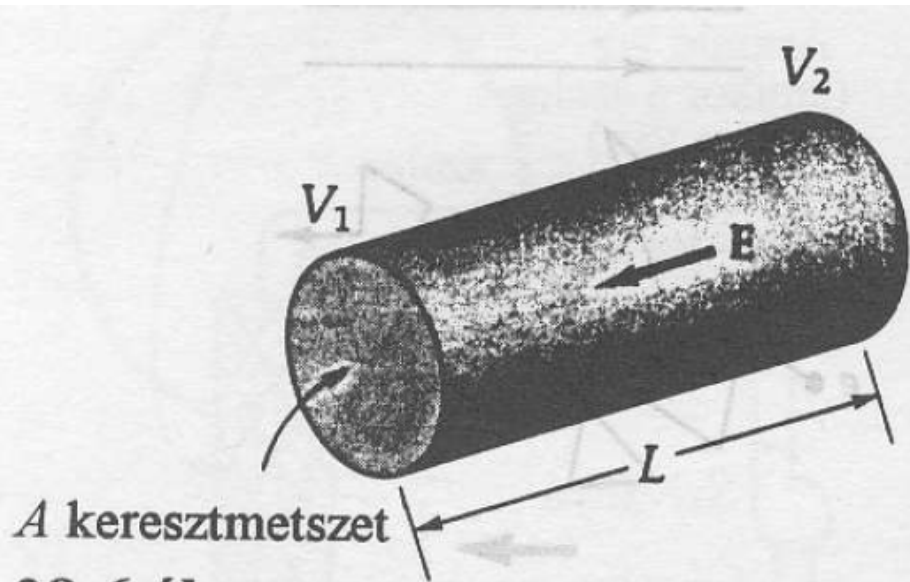
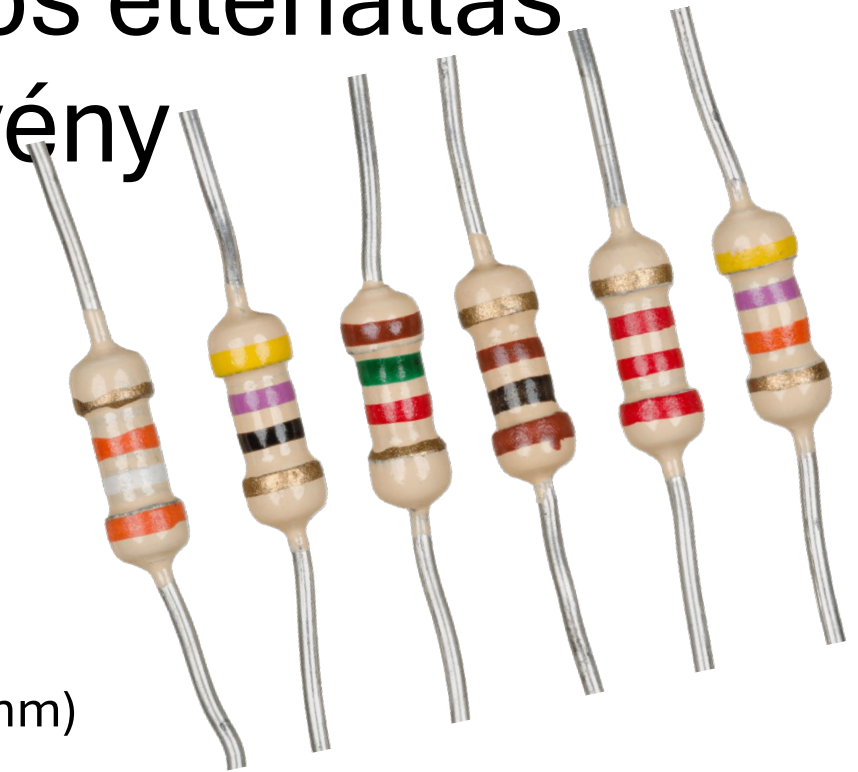
# Elektromos ellenállás

## Ohm-törvény

$$U = R \cdot I$$

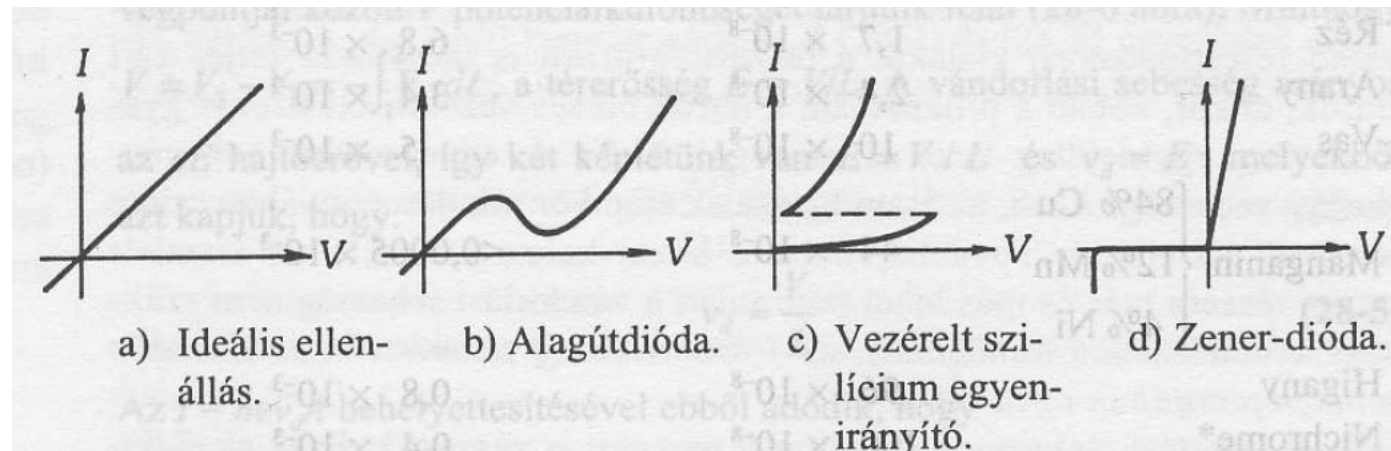
$$I = \frac{1}{R} \cdot U$$

Mértékegység:  $\Omega$  (Ohm)

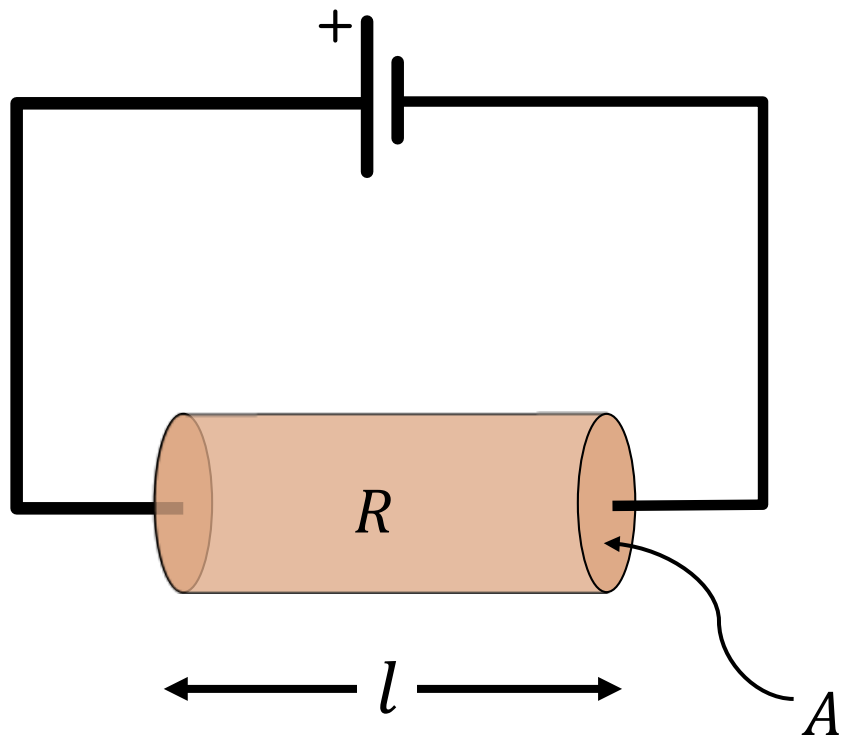


**28-6 ábra**

Állandó  $A$  keresztmetszetű,  $L$  hosszúságú vezető, melynek végei között  $V$  potenciálkülönbséget tartunk fent. A potenciálkülönbség hatására a vezetőben  $E$  térerősség alakul ki, aminek következtében a vezetőben  $I$  áram folyik.







$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (+ \text{ a hőmérséklettől is függ!})$$

$\rho$ : fajlagos ellenállás  
Mértékegység:  $\Omega\text{m}$

$\sigma$ : fajlagos vezetőképesség

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

28-1 TÁBLÁZAT Fajlagos ellenállások és hőmérsékleti együtthatók

Anyag	$\rho$ fajlagos ellenállás 20° C -on ( $\Omega\text{m}$ )	$\alpha$ fajlagos ellenállás hőmérsékleti együttha- tója ( $1/^\circ\text{C}$ )
<i>Szigetelők</i>		
Csillám	$2 \times 10^{15}$	$-50 \times 10^{-3}$
Kén	$1 \times 10^{15}$	$-80 \times 10^{-3}$
Üveglemez	$2 \times 10^{11}$	$-70 \times 10^{-3}$
<i>Félvezetők</i>		
Szilícium	640	$-75 \times 10^{-3}$
Germánium	0,46	$-48 \times 10^{-3}$
Szén (grafit)	$1,4 \times 10^{-5}$	$-0,5 \times 10^{-3}$
<i>Vezetők</i>		
Alumínium	$2,8 \times 10^{-8}$	$3,9 \times 10^{-3}$
Bronz	$18 \times 10^{-8}$	$0,5 \times 10^{-3}$
Réz	$1,7 \times 10^{-8}$	$6,8 \times 10^{-3}$
Arany	$2,4 \times 10^{-8}$	$3,4 \times 10^{-3}$
Vas	$10 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-3}$
Manganin	<div> <div>84% Cu</div> <div>12% Mn</div> <div>4% Ni</div> </div>	<div> <div><math>44 \times 10^{-8}</math></div> <div><math>&lt;0,0005 \times 10^{-3}</math></div> </div>
Higany	$96 \times 10^{-8}$	$0,8 \times 10^{-3}$
Nichrome*	$100 \times 10^{-8}$	$0,4 \times 10^{-3}$
Platina	$10 \times 10^{-8}$	$3,92 \times 10^{-3}$
Ezüst	$1,6 \times 10^{-8}$	$4,1 \times 10^{-3}$
Volfrám	$5,7 \times 10^{-8}$	$4,5 \times 10^{-3}$
Cink	$5,9 \times 10^{-8}$	$4,2 \times 10^{-3}$

\* Fűtőspirálokban használatos nikkel-króm ötvözet.

# Joule-hő

$dQ$  töltésen végzett munka:

$$dW = U \cdot dQ$$

$$P = \frac{dW}{dt} = U \cdot \frac{dQ}{dt} = U \cdot I$$

$$P = U \cdot I$$

Ohm-törvény  $\rightarrow P = R \cdot I^2$

$$P = \frac{U^2}{R}$$



# Elektromos áramsűrűség

=Egységnyi felületen átfolyó áram:

$$j = \frac{I}{A} \left[ \frac{A}{m} \right]$$

$$I = n \cdot e \cdot v_D \cdot A \quad \longrightarrow \quad j = n \cdot e \cdot v_D$$

Vektorosan:  $\mathbf{j} = n \cdot e \cdot \mathbf{v}_D$

$$j = \frac{I}{A} = \frac{U}{R \cdot A} = \frac{E \cdot l}{\rho \cdot \frac{l}{A} \cdot A} = \frac{E}{\rho} = \sigma \cdot E$$

Vektorosan:

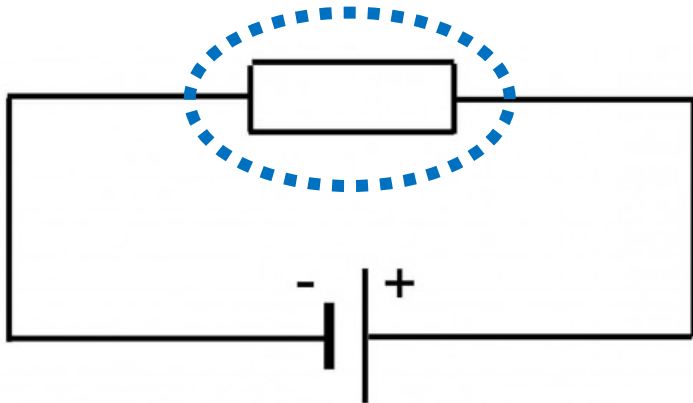
$$\mathbf{j} = \sigma \cdot \mathbf{E}$$

**Differenciális / makroszkopikus Ohm-törvény**

# Anyagokban folyó áramok jellemzése:

Makroszkopikus Ohm-törvény:  
Véges méretű vezető

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



Mikroszkopikus Ohm-törvény:  
Az anyag belsejében, minden pontban

$$\mathbf{j} = \sigma \mathbf{E}$$

