

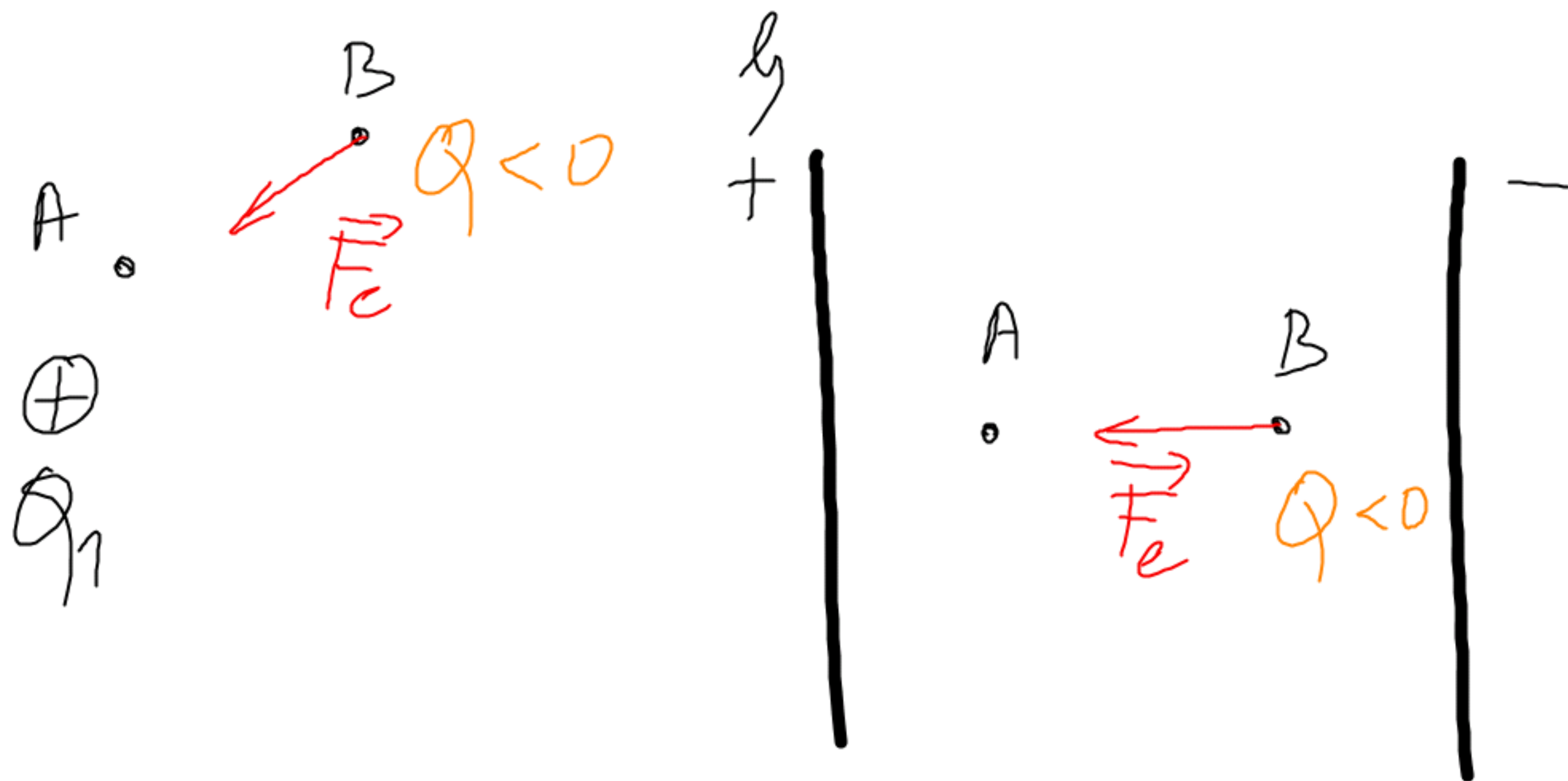
ELEKTROSTATICKÉ POLE

Elektrický potenciál

note

- $W = \Delta E$ (mechanika, elsd. pole, ...)
- $W = QU$... práce elsd. síly při přenosu
el. náboje Q mezi 2 body, mezi minimálem
el. napětí U

a)

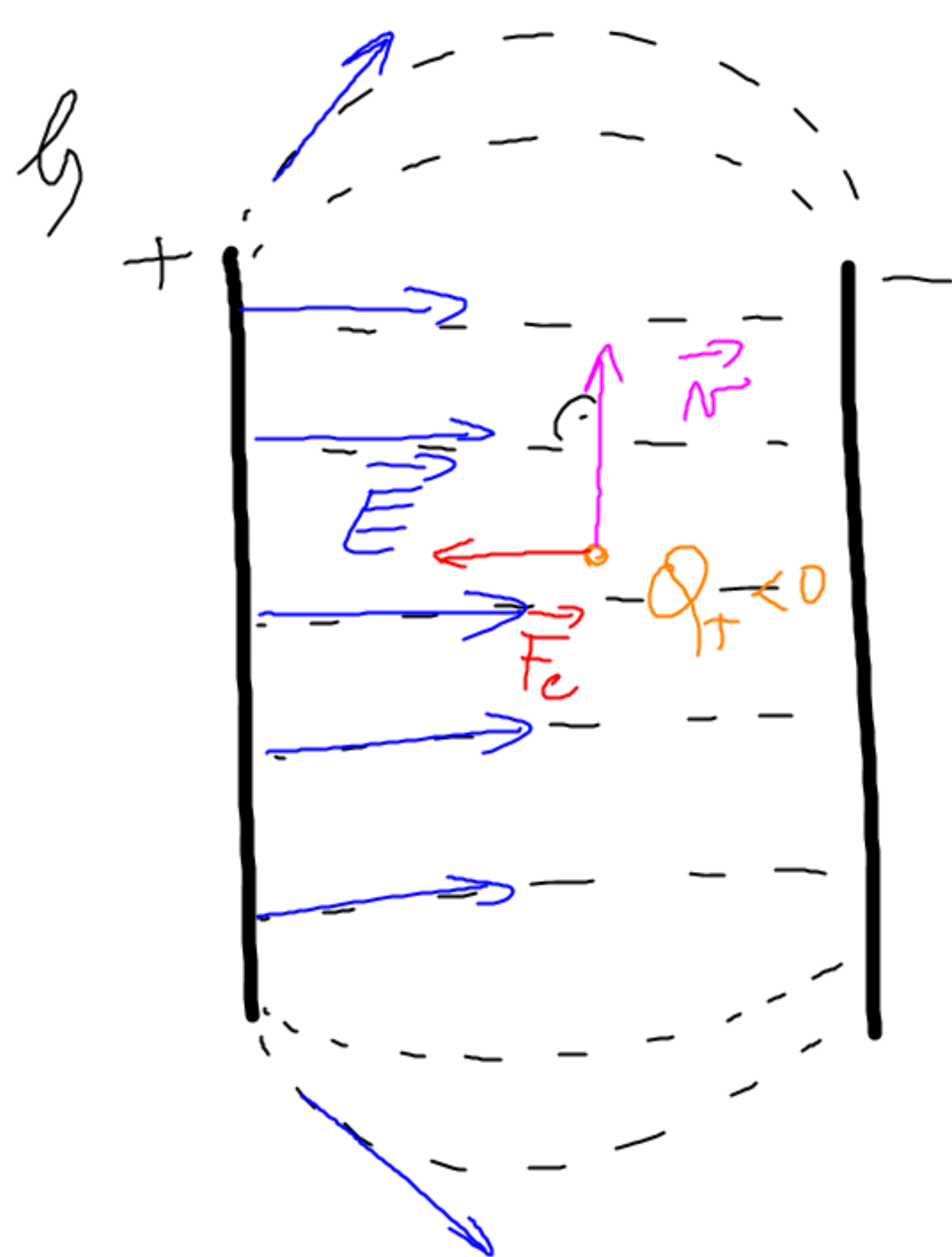
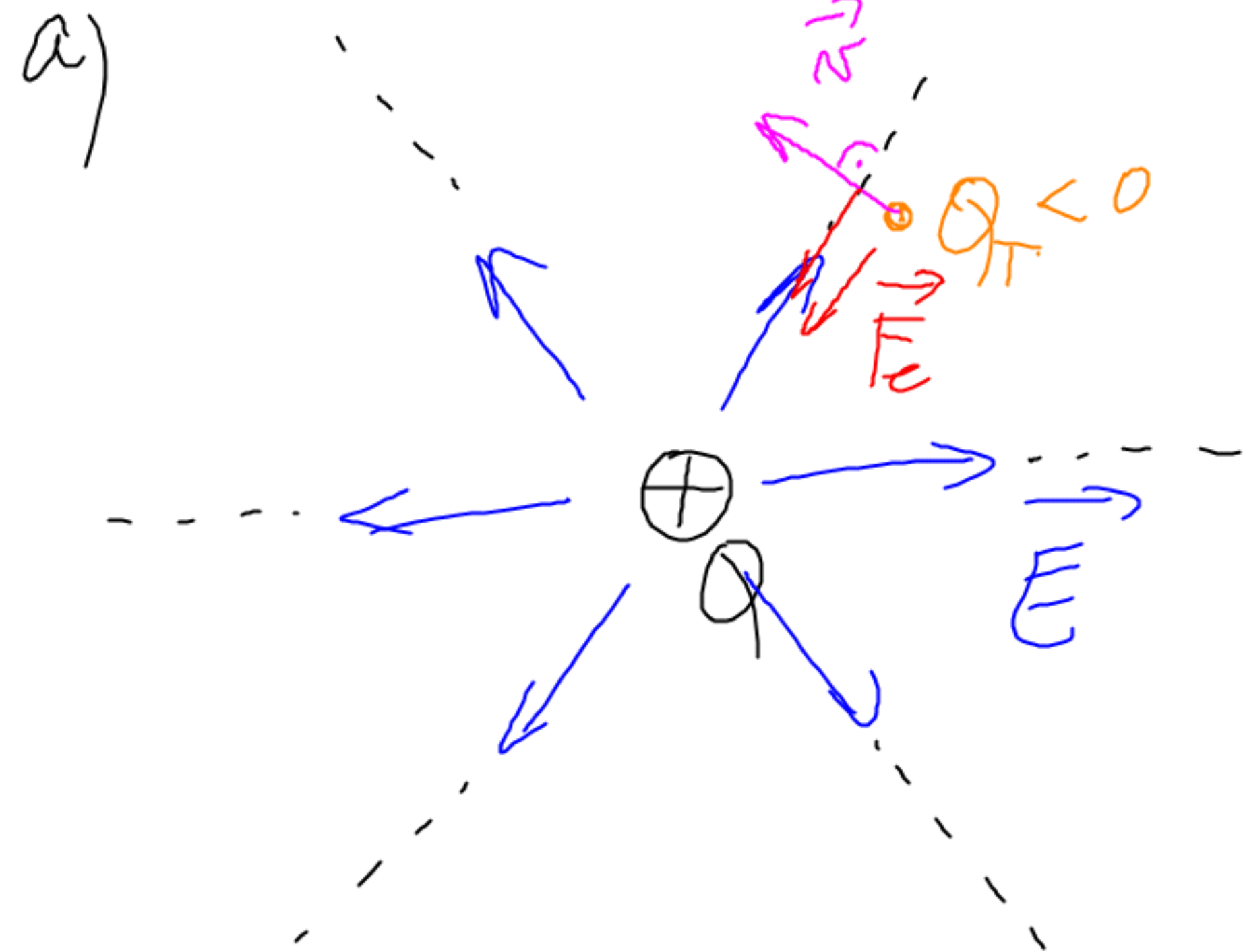


W elst. sily $\vec{F}_e$ mezi body A a B je dána vzhledem
mezi body A a B

práce je rozdíl energií $\Rightarrow$ v bodech A a B má pole
ENERGIE $\Rightarrow$ POTENCIÁLMÍ ENERGIE E_p

$$W = Q \underline{u_{AB}} = Q (\underline{y_A - y_B}) = Q y_A - Q y_B = \\ = E_{PA} - E_{PB}$$

$$\underline{u_{AB} = y_A - y_B}$$

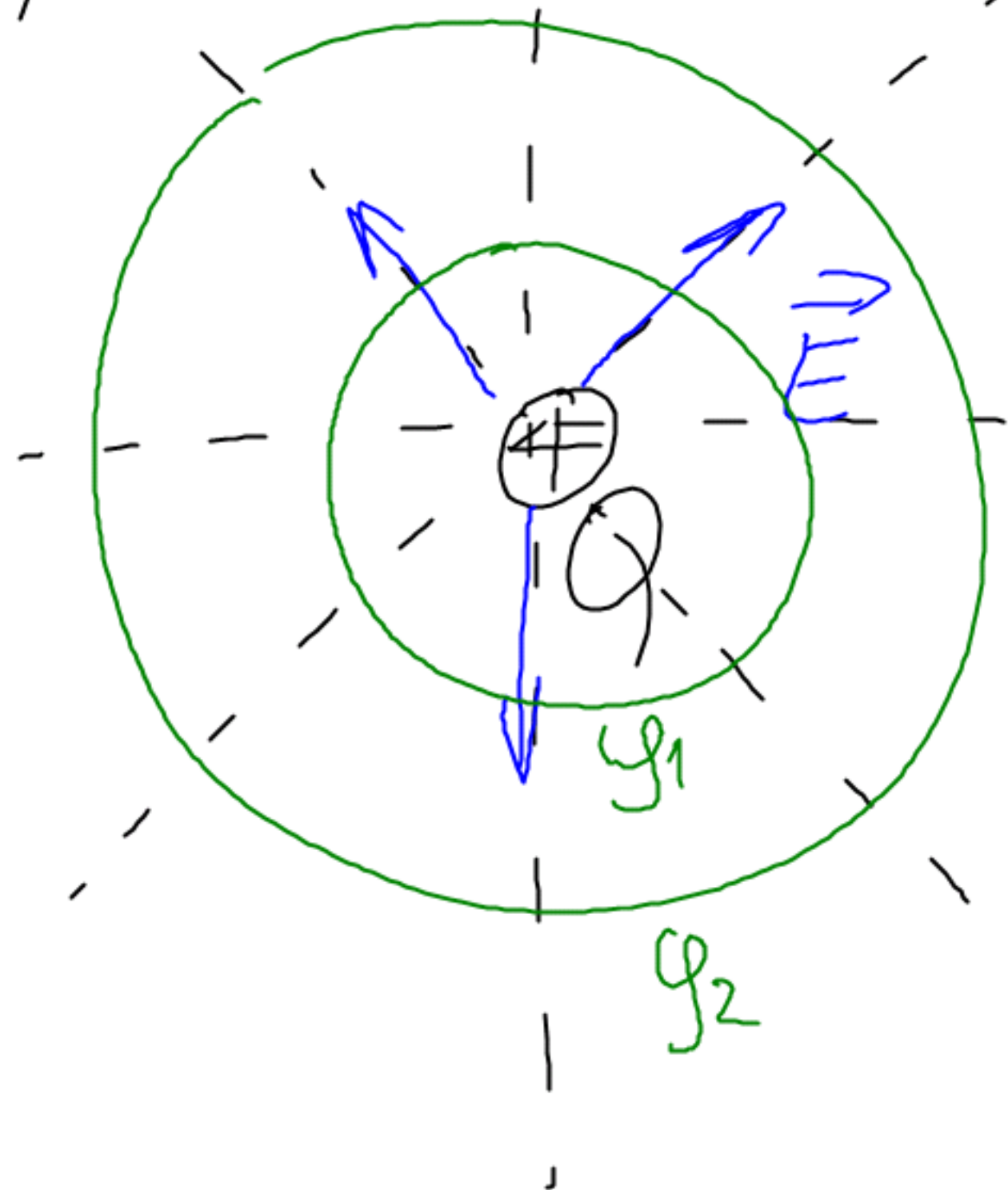


$$W = 0 \Leftrightarrow \vec{F}_e \perp \vec{r}$$

$\Downarrow$

$E_p = \text{const.} \Rightarrow y = \text{const.} \Rightarrow$ HLADINY STEJNEHO POTENCIÁLU
(EKUIPOTENCIÁLMÍ PLOCHY)

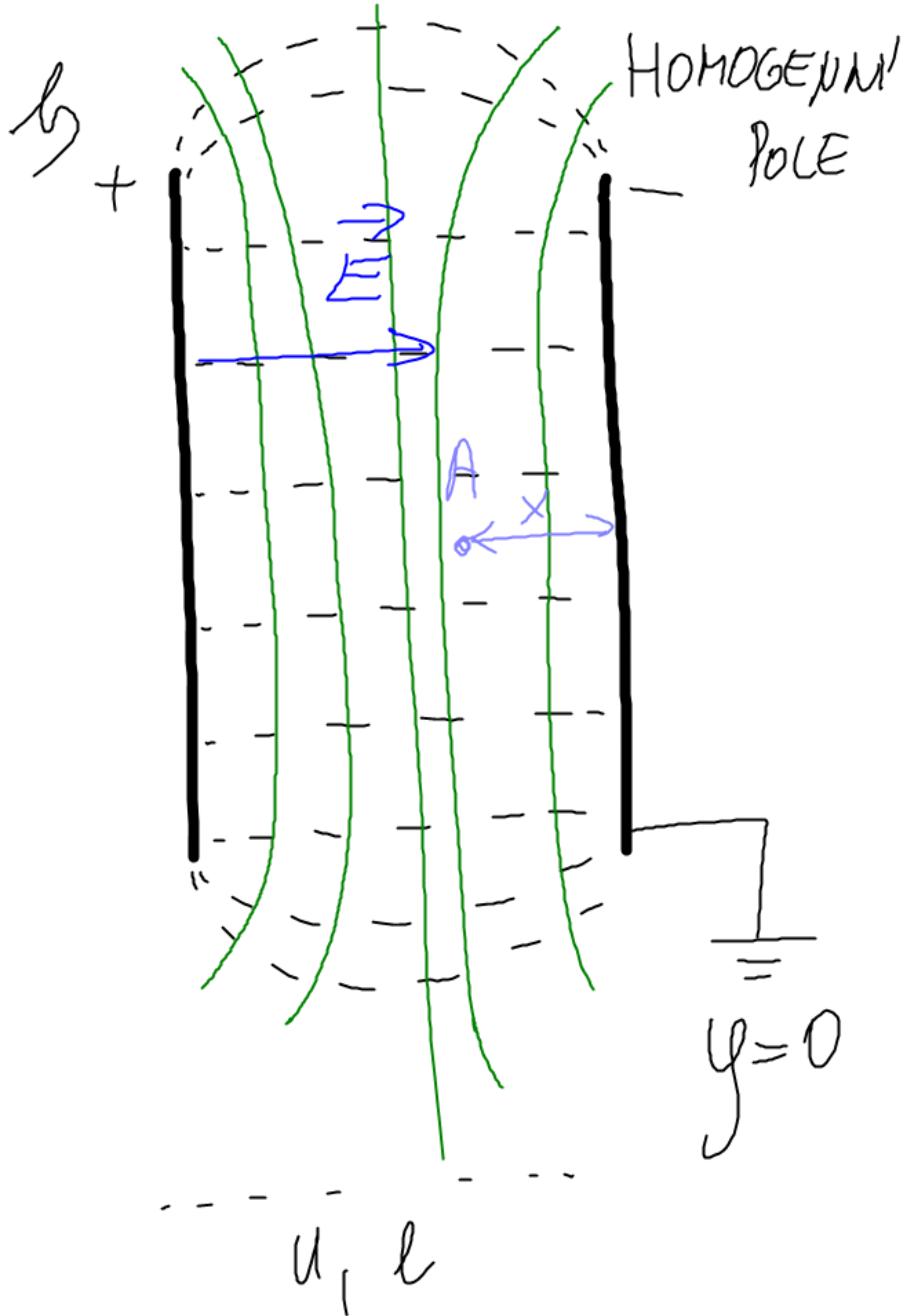
a) RADIALNÍ (CENTRÁLNÍ) POLE



$$g_1 > g_2$$

roste vzdálenost od $Q \Rightarrow g$ klesá

$$r \rightarrow \infty \Rightarrow g \rightarrow 0$$



$$\varphi = \frac{E_p}{Q}$$

prí približnej malby Q_T
 k malby Q do vzdialenosti r
 vzroste E_p na n'hor prácu,
 ktorou výkonala menšiu silu

$$W = E_p - E_{p0}$$

$$F_e \cdot r = \varphi \cdot Q_T$$

$$\frac{k}{\epsilon_r} \frac{Q \cdot Q_T}{r^2} \cdot r = \varphi \cdot Q_T \Rightarrow \underline{\varphi = \frac{k}{\epsilon_r} \frac{Q}{r}}$$

φ roste lineárne

$$\varphi = E \cdot x$$

$$\underline{\varphi = \frac{U}{l} \cdot x}$$

x - vzdialenosť bodu,
 kde počítame φ , od
 vzberáme desky

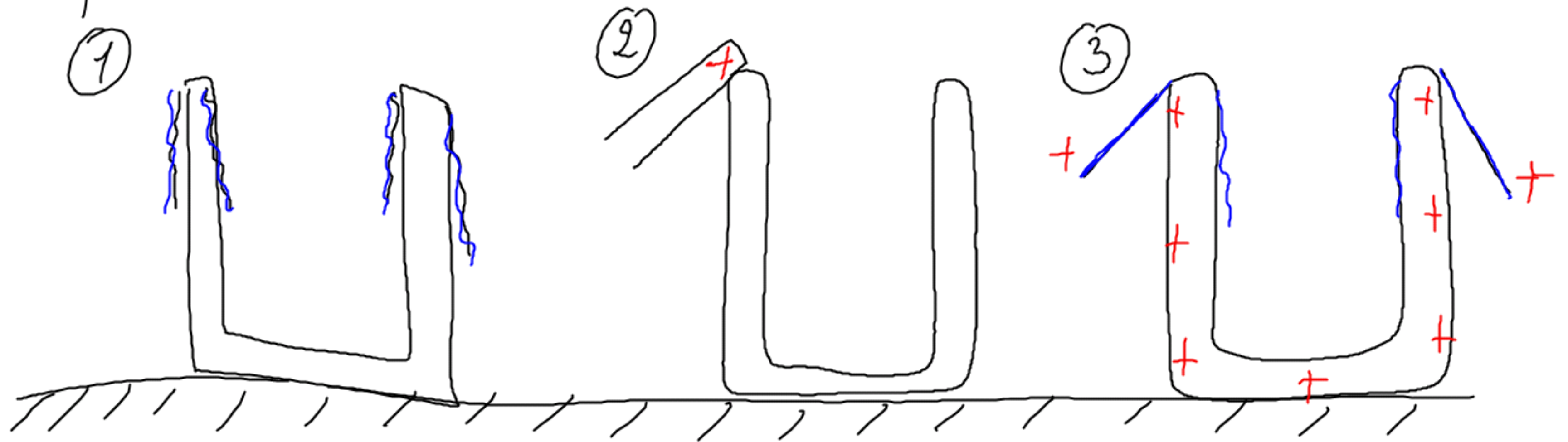
analogie: el. potenciál $\sim$ nadmořská
výška

el. intenzita $\sim$ síla proudu

matfyzicky: $\vec{E} = -\text{grad } \varphi$

Elast. pole nabitého vodičeho těla

experiment s plechovkou a alobalem



pozorování: elast. síla působí jen na alobalové listy vně
plechovky

příčina: souhlasně nabíje se odpuzují $\Rightarrow$ jsou-li volné, jsou
co nejdale od sebe (minimum ENERGIE)

$\Rightarrow$ vnútri malého vodiveho tela je
NULOVE' ELEKT. POLE: $\vec{E} = \vec{0}$

praxe: FARADAYOVA KLEC

- automobily
- sítě na elektrotechniku

plošna' hustota el. náboje

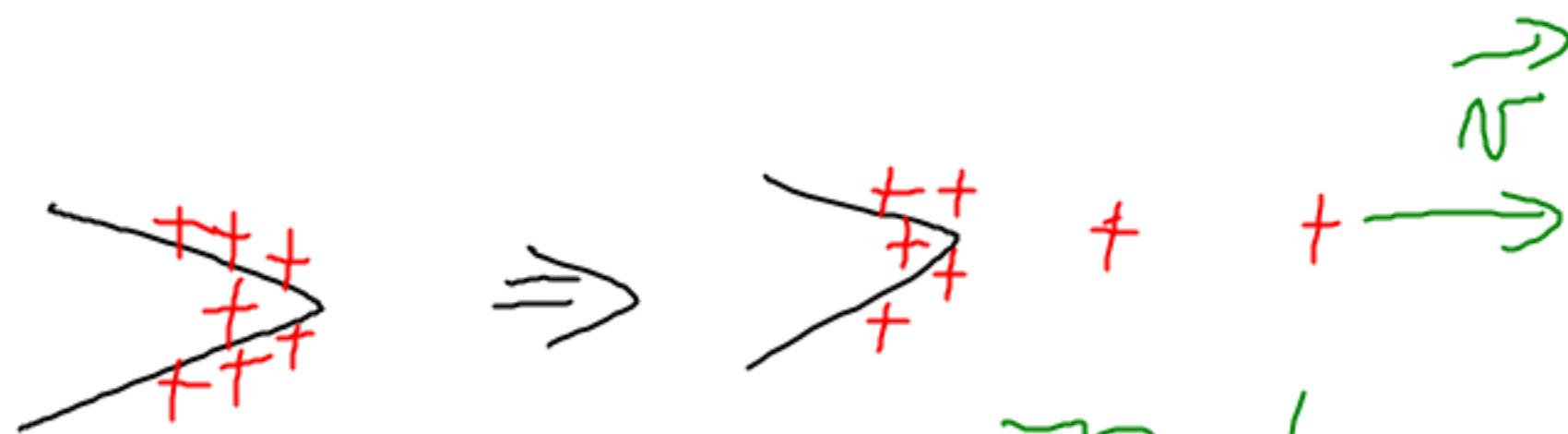
$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

$$[\sigma] = \text{C} \cdot \text{m}^{-2}$$

S - plocha, na níž se náboj Q rozloží

$S \downarrow \Rightarrow \sigma \uparrow \Rightarrow$ největší σ bude na

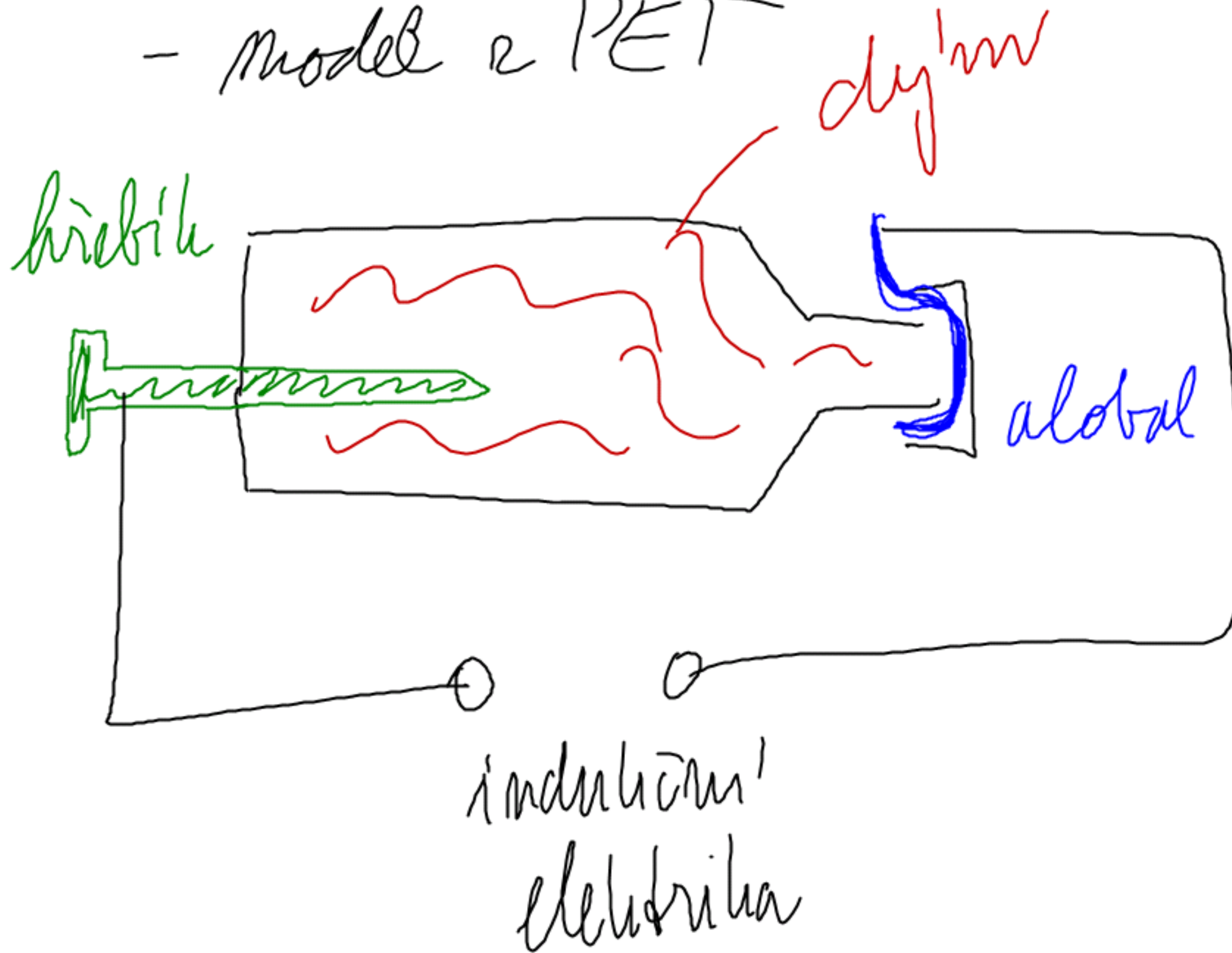
- vrchol
- špičák
- hraně



SRŠENÍ
NÁBOJE

Plaxe: elst. motor
odlucovací kováč

- model z PET

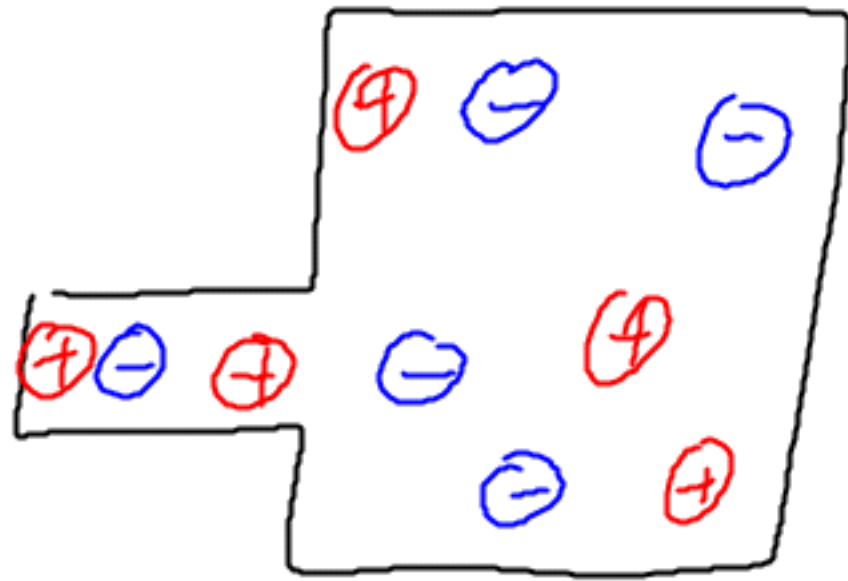


Vodič a izolant v elektr. poli

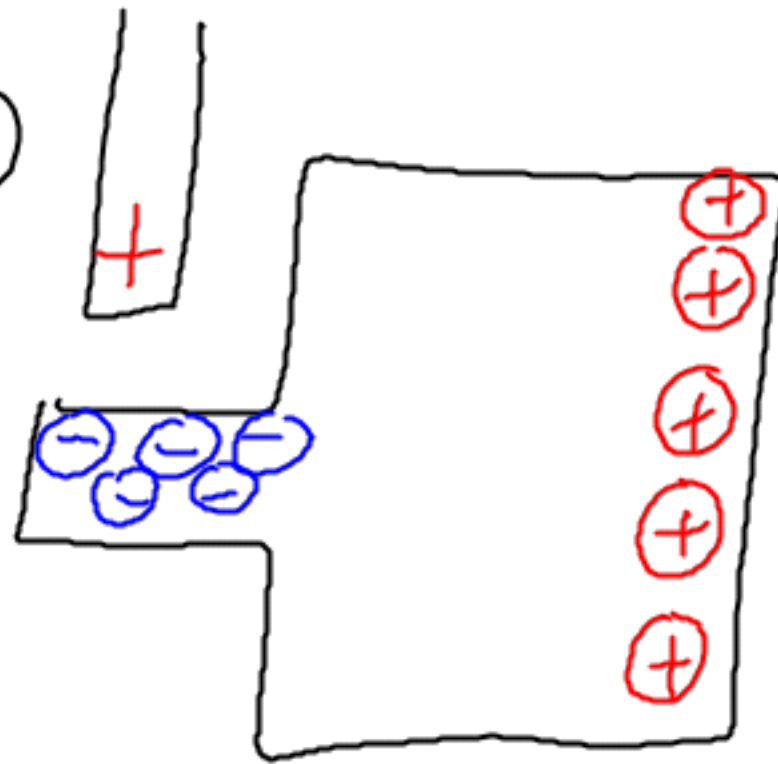
a) VODIČ
Experiment: lopatka ve stabilní poloze
na hrotnu

SKOŘA

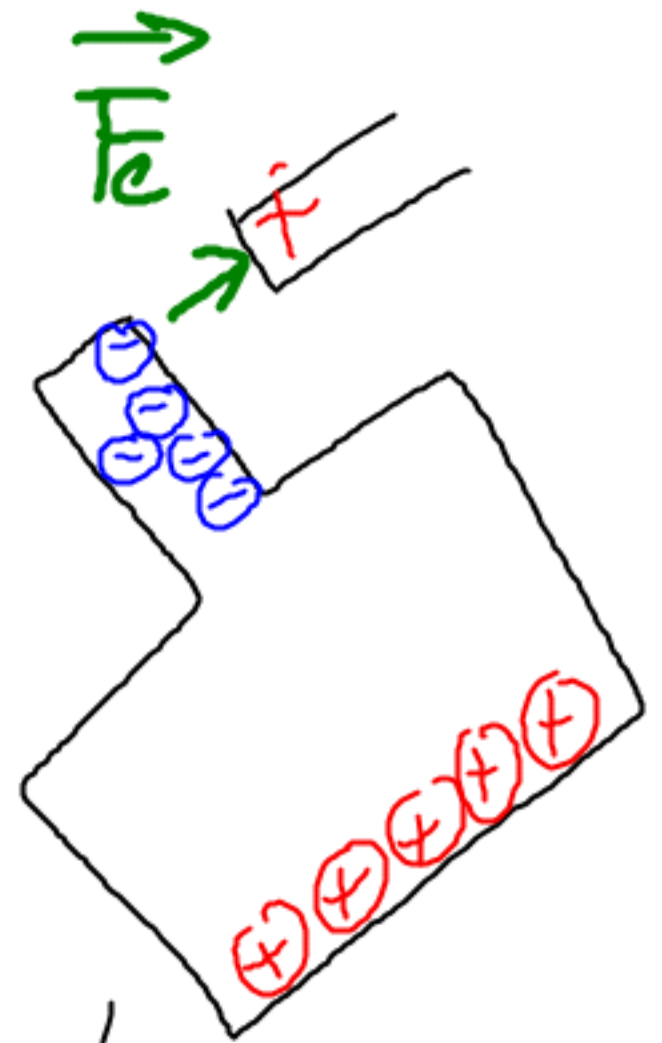
①



②



③



přemístění nabíjených částic (① → ②): částice VOLNE - $\rightarrow$ VODIČ

"Moj" apri'sub mab' jem' telesa:

ELST. INDUKCE ("bezdoty hove' mab'-
jem'")

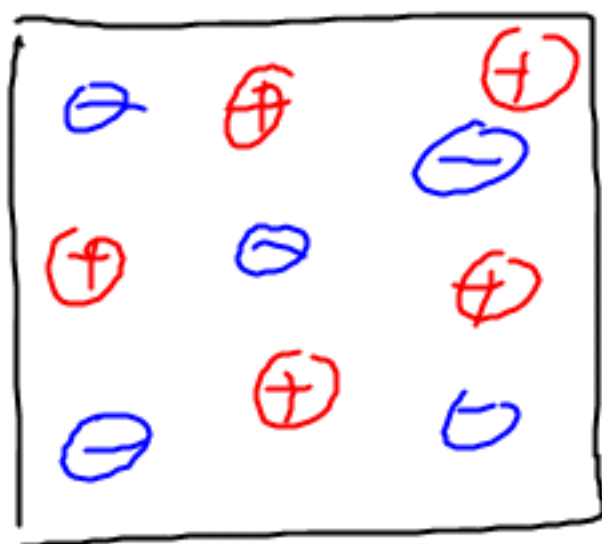
- n našem pī' pade: ⊖ lopaty = INDUKOVAR'

MA'BO a ten je MA'ZAR' maborem tyče

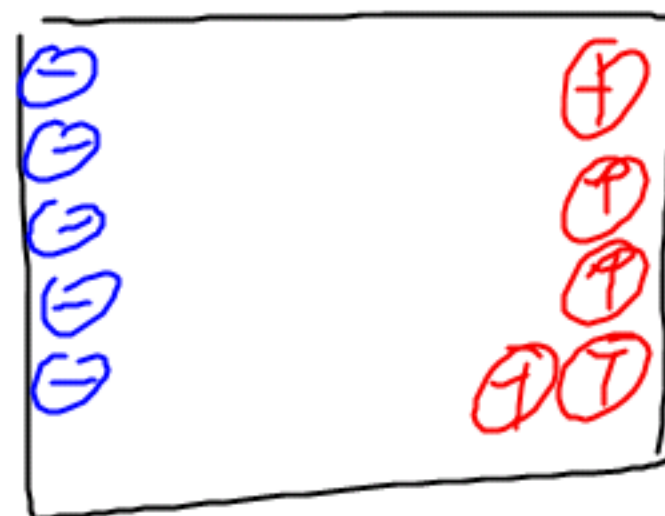
- hč odstraníme ⇒ indukované mabore, zruzi' (čá'stice
se opět upomají do EVERGETK' v' HODNÍČI POZIC)

- indukované mabore lze ODDĚLIT ROZDĚLEA'M
TELESA na 2 čá'sti

①



②

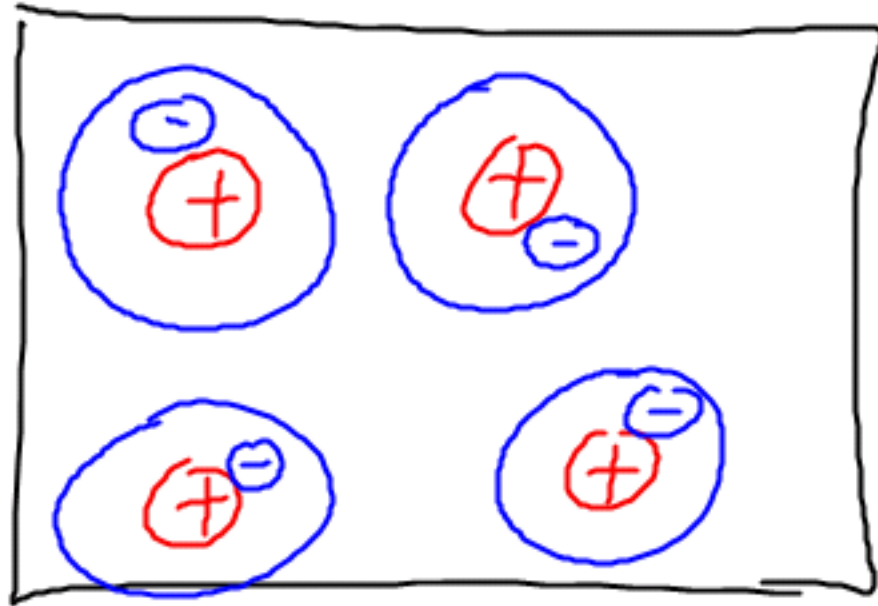


③

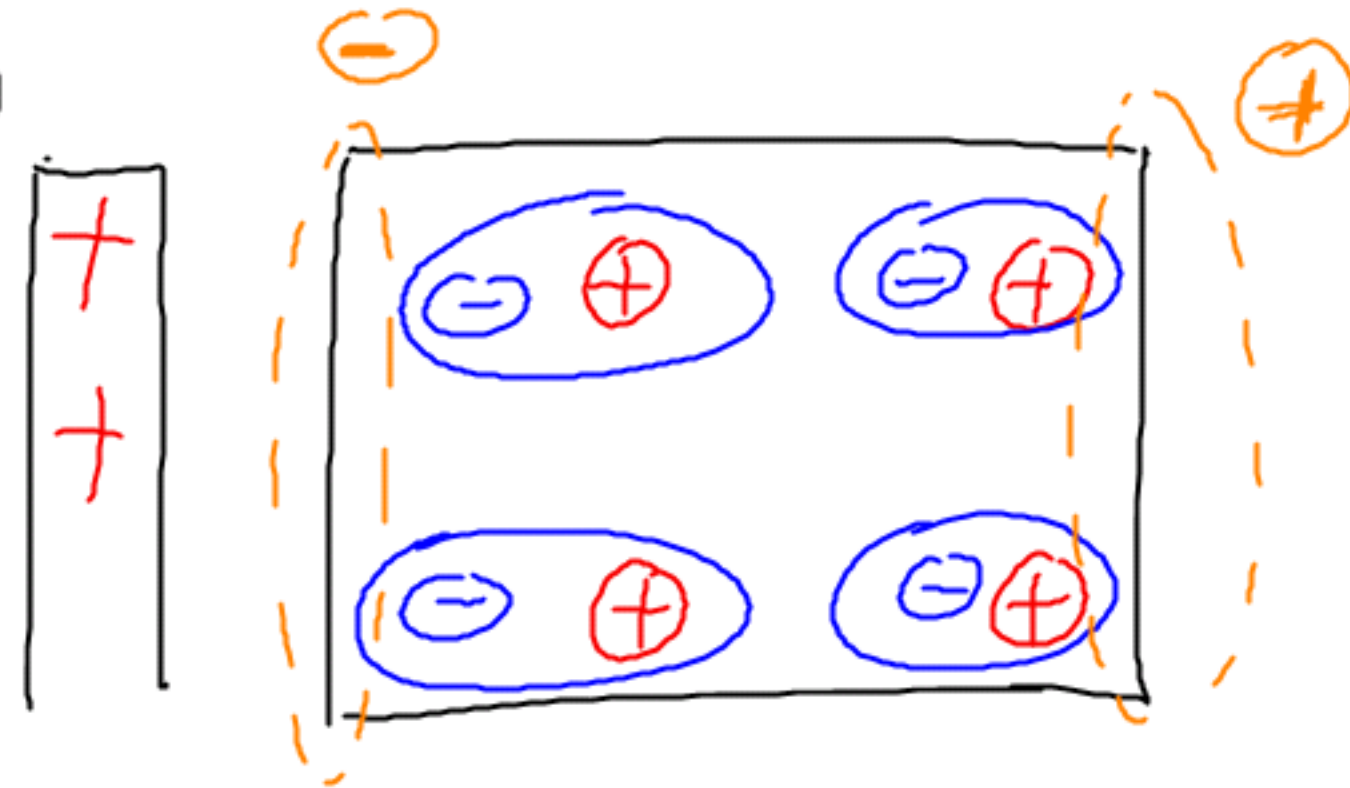


b) IZOLANT

①

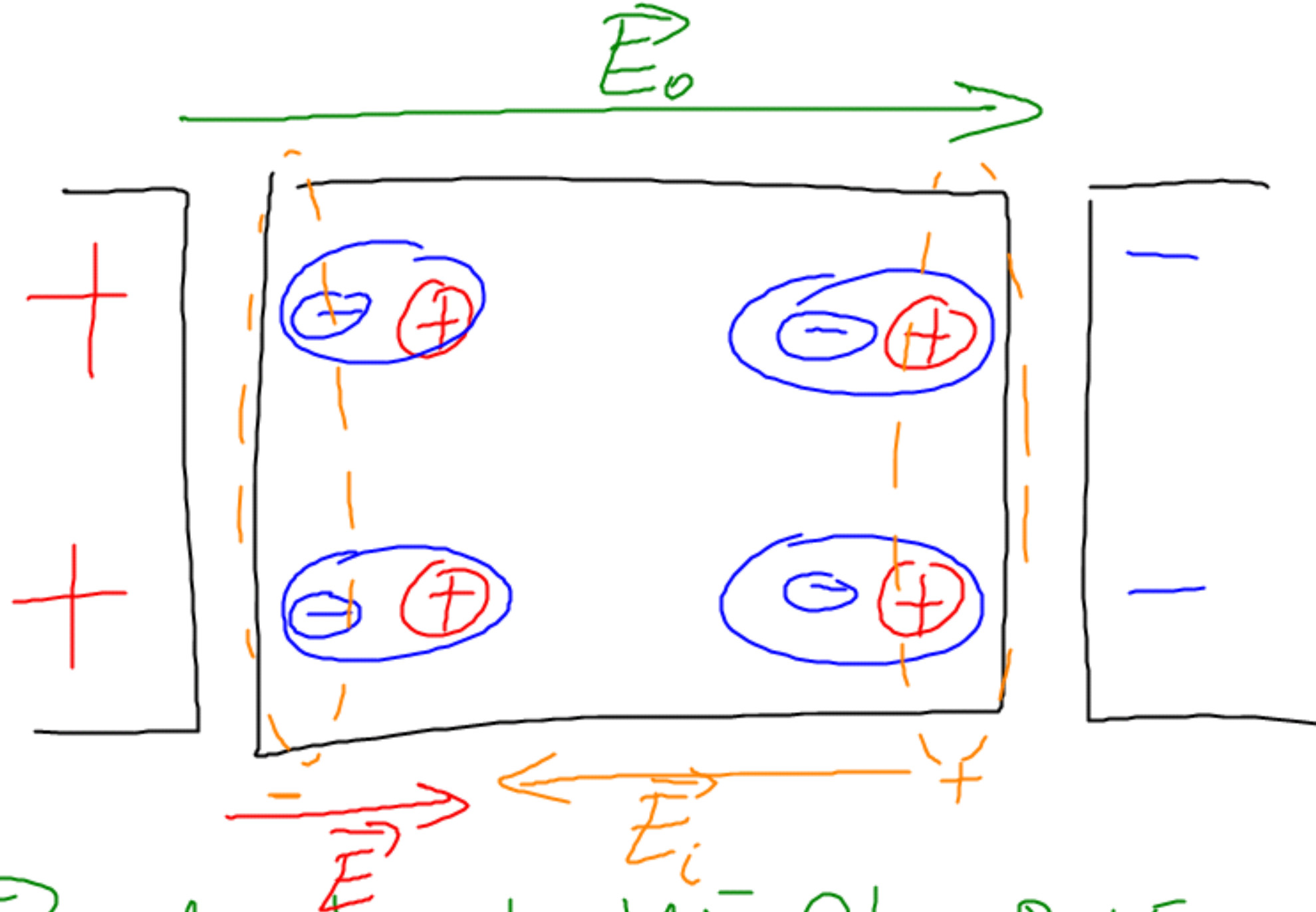


②



častic s nábojem - NEPOHÝBLIVÉ $\Rightarrow$ nastává
POLARIZACE $\Downarrow$

může odělit INDUKOVANÉ NÁBOJE
(jako u vodiče)



$\vec{E}_0$ - el. intensita vneshn'ho pole

$\vec{E}_i$ - el. intensita vnitrni'ho pole izolanta

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_i$$

$$E = E_0 - E_i$$

$$E < E_0 \rightarrow$$

$$\epsilon_n = \frac{E_0}{E} > 1 ; [\epsilon_n] = 1$$

RELATIVNÍ PERMITIVITA IZOLANTU

Kondensatory, kapacita

1) Princip

experiment: plechorha, U_C , zaňirha

- plechorha se nabije U_C (= meitel kona'praci')
- k nabite' plechoru priblizhne zaňirha a
zaňirha blihne (= spotriebuje energii nahromadenon v plechoru)

⇒ model KONDENZA'TORU: „kvalitka na energii“
(usp. mal'oj) “

2, Fyzikálny popis

veľičina KAPACITA ("čo sa tam vejde")

- súvisí s prenosom náboja Q
- " " s potenciálom U , na ktorý se kondenzátor nabije

$$C = \frac{Q}{U} \quad \text{resp.} \quad C = \frac{Q}{U} \quad [C] = F$$

(farad)

farad - veľká jednotka $\Rightarrow$ C v praxi pF - mF

studium obvodu:

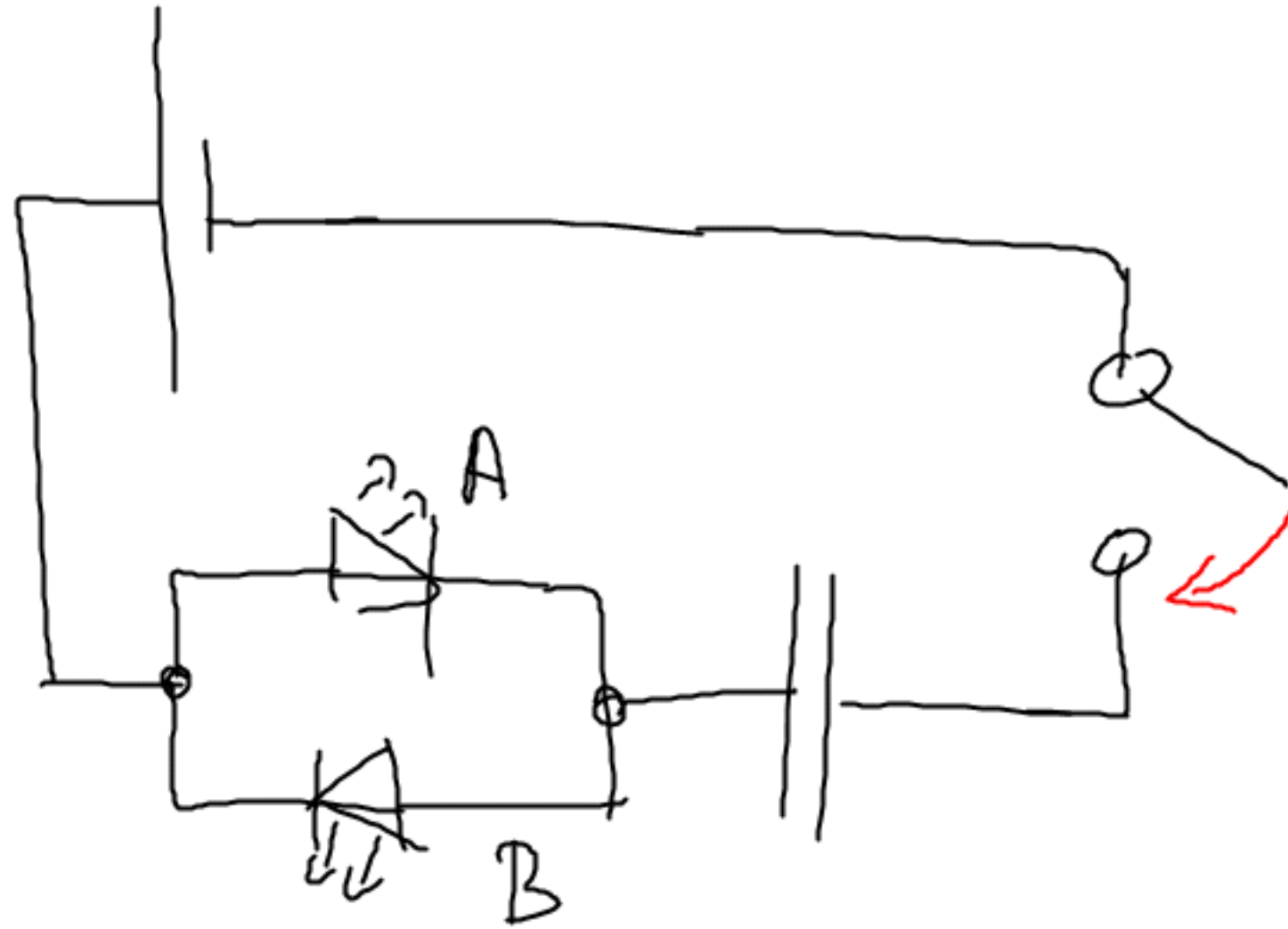
- seniore zapojit kondenzátor, LED, zdroj
napětí



ANTI PARALELA 'ZAPOJEN'

- 2 kroky experimentu

①



pozorovani:

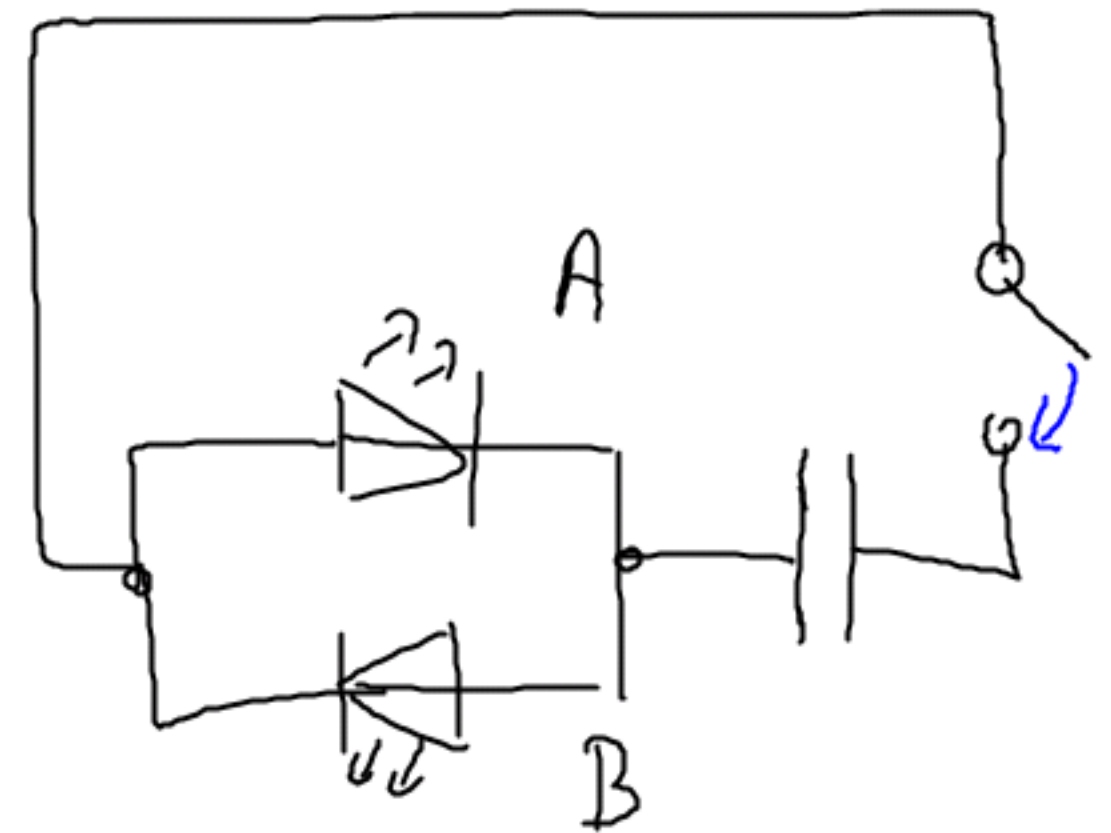
- rozsviti se LED A

- pomalu zhasina

⇒ el. proud teče jen krátkou

dobu: měř se NABÍJE
KONDENZÁTOR

②



pozorovani:

- rozsviti se LED B

- pomalu zhasina

⇒ el. proud teče krátkou

dobu: měř se U NABÍJE
KONDENZÁTOR

① $\wedge$ ② $\Rightarrow$ el. proud při nabíjení a vybíjení
kondenzátoru teče opačným směrem

3. Typy kondenzátorů

15 praxi:

a) DESKOVÝ

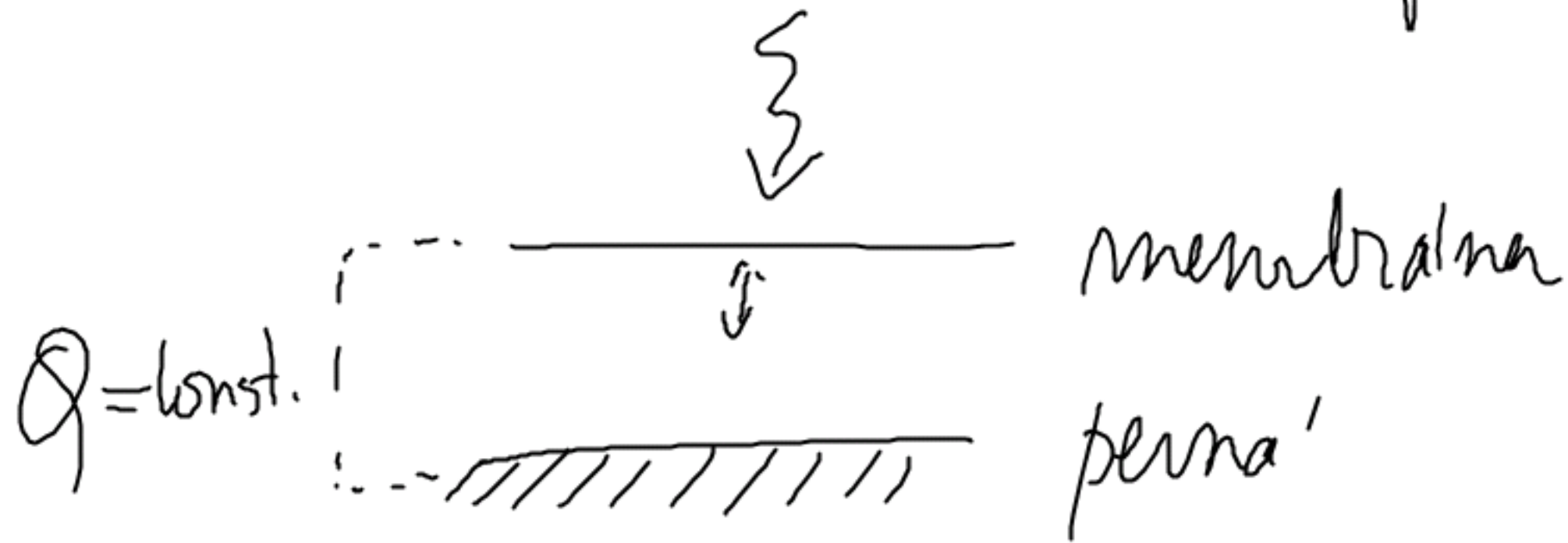
S - aktivní plocha desek

d - vzdálenost desek od sebe

ϵ_r - relativní permitivita dielektrika mezi deskami

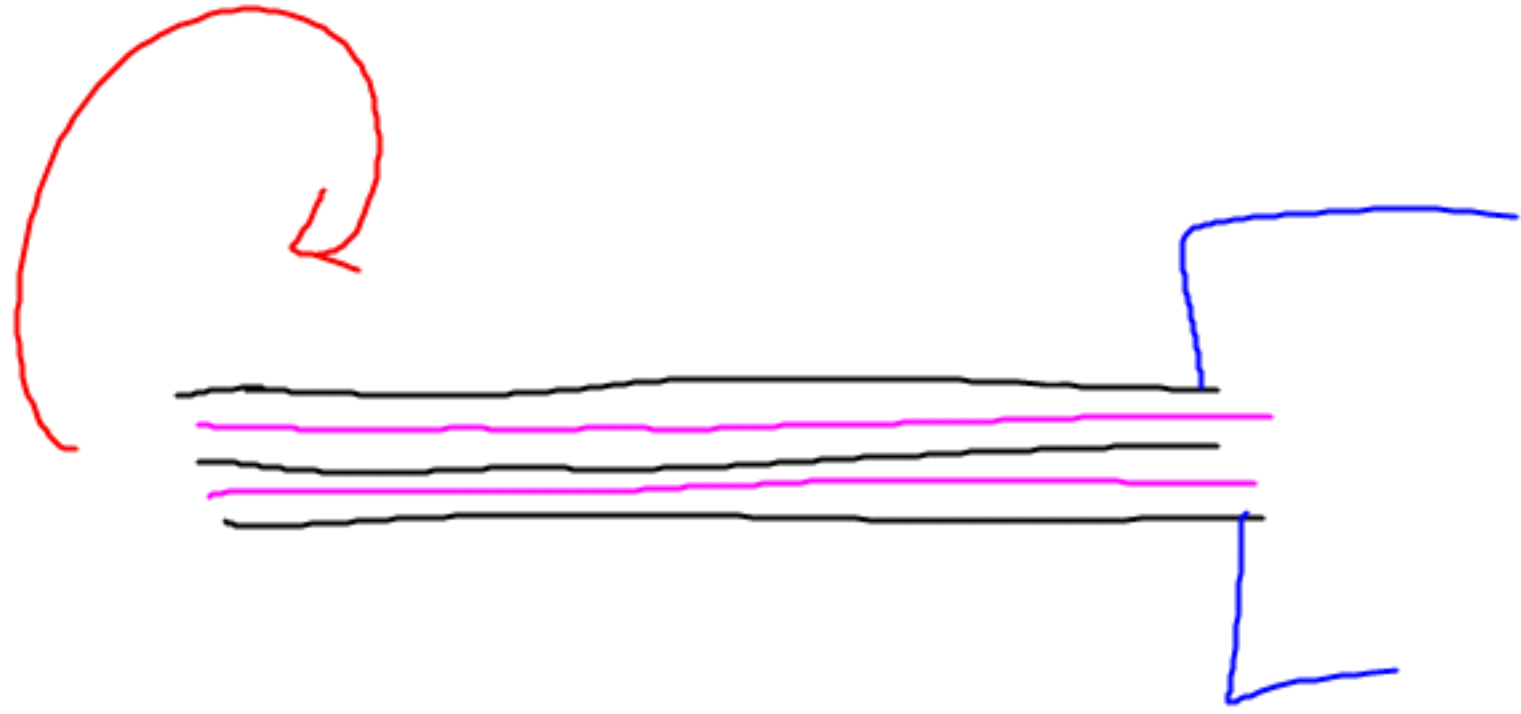
plach': $C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}$

vynaid': kondenzatorove mikrofony



zovuk $\Rightarrow$ zminy $d \Rightarrow$ zmina U pri konst. $Q \Rightarrow$ zmina I

b) SVITKOVÉ



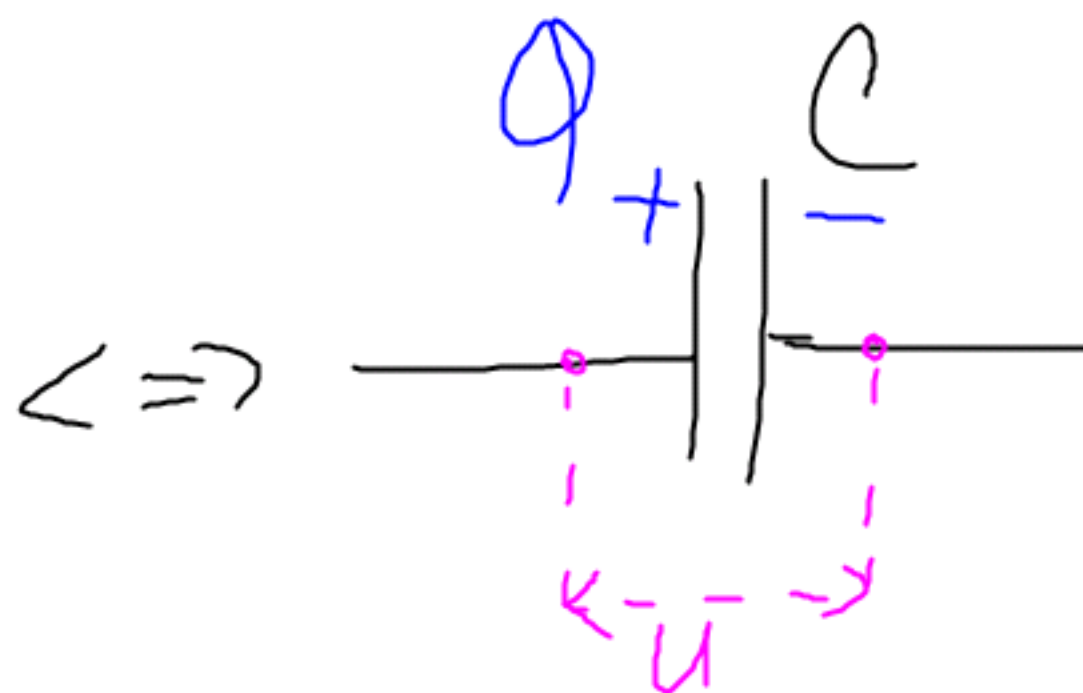
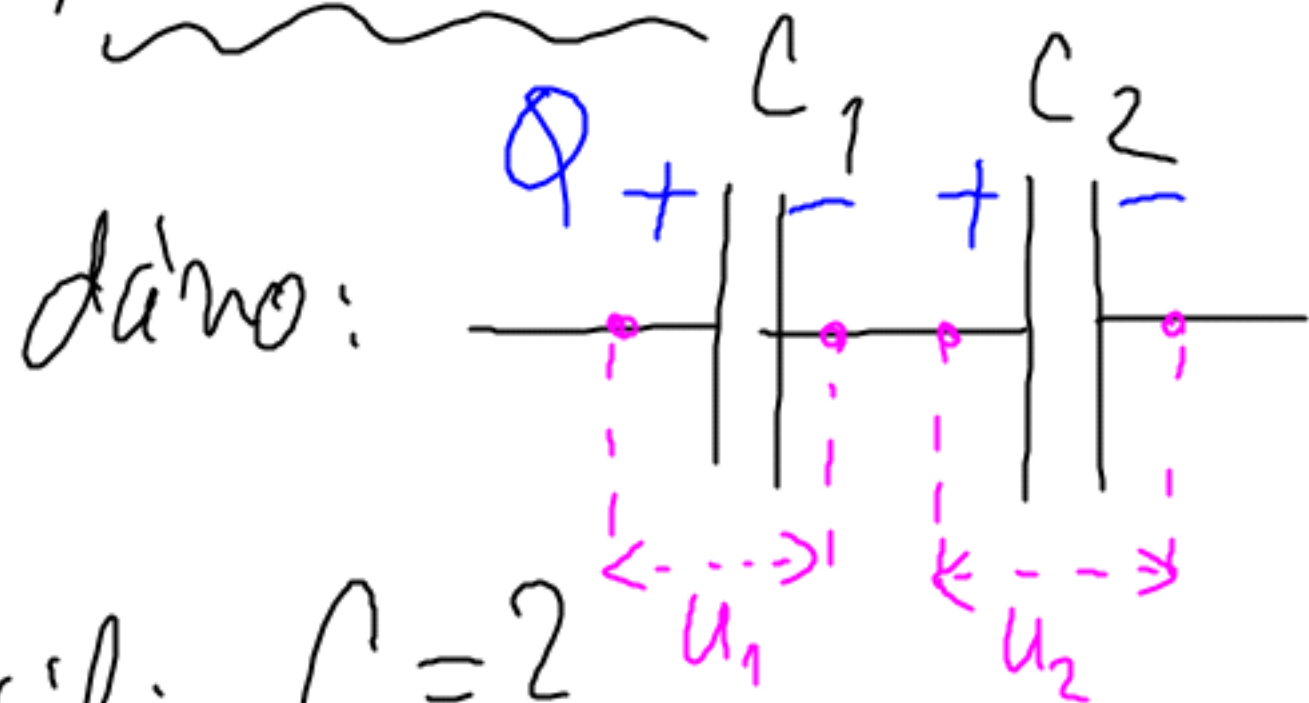
- vodič
- ne vodič (slída)

c) ELEKTROLYTICKÉ

- vyplněné elektrolytem
- citlivé na polaritu

4) Spojovací kondenzátory

a) Sériové



úč: $C = ?$

$$U = U_1 + U_2$$

$$C = \frac{Q}{U} \Rightarrow U = \frac{Q}{C}$$

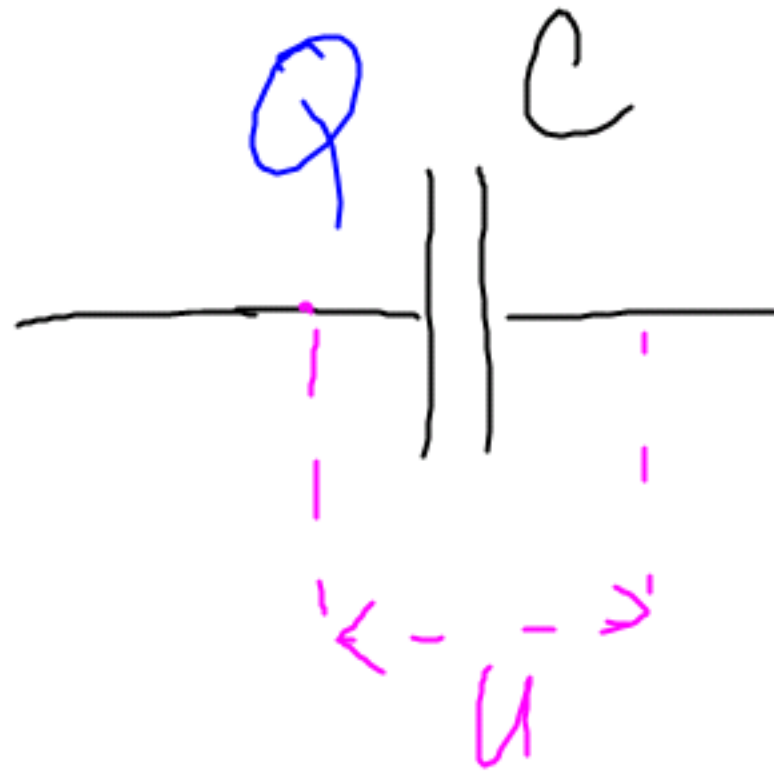
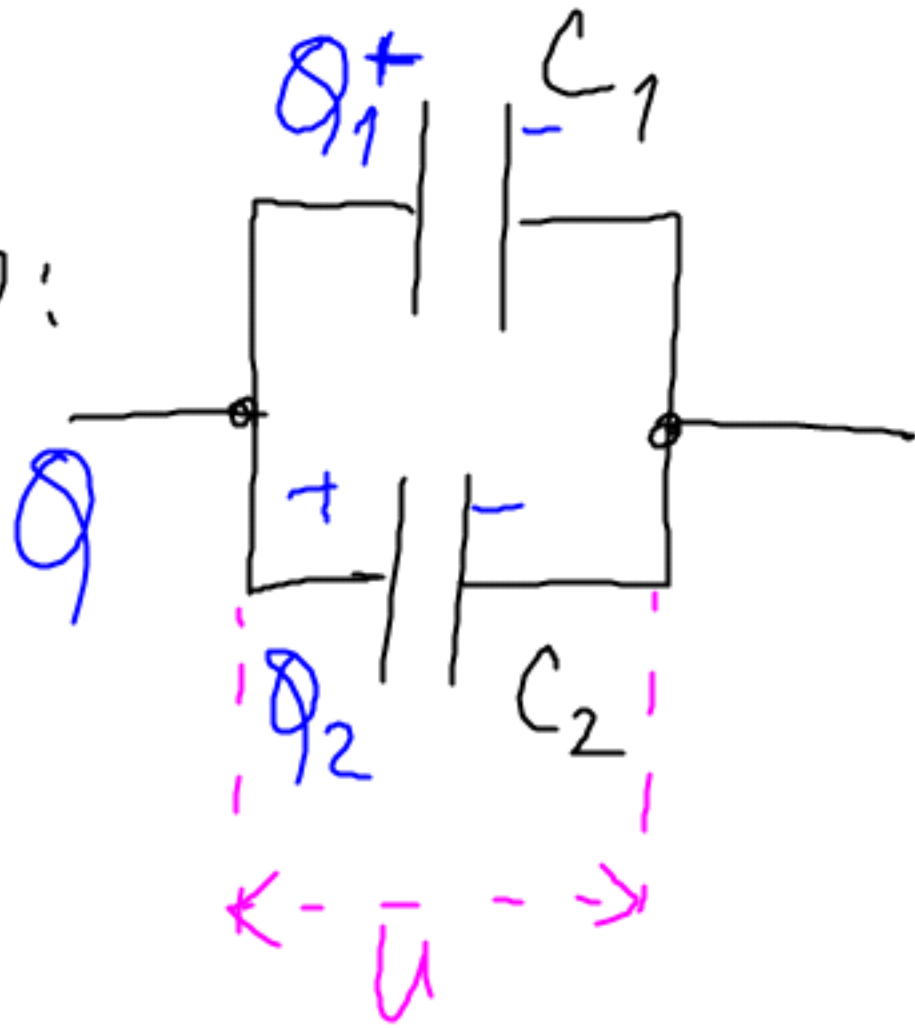
$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$\Leftrightarrow C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

b) PARALLELE

demo:



ail: $C = ?$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$\wedge Q = CU$$

$$CU = C_1 U + C_2 U$$

$\Rightarrow$

$$C = C_1 + C_2$$

3, Energiekondensator

maximaler Kondensator $\sim$ polarem $\underline{e^-} \Rightarrow$

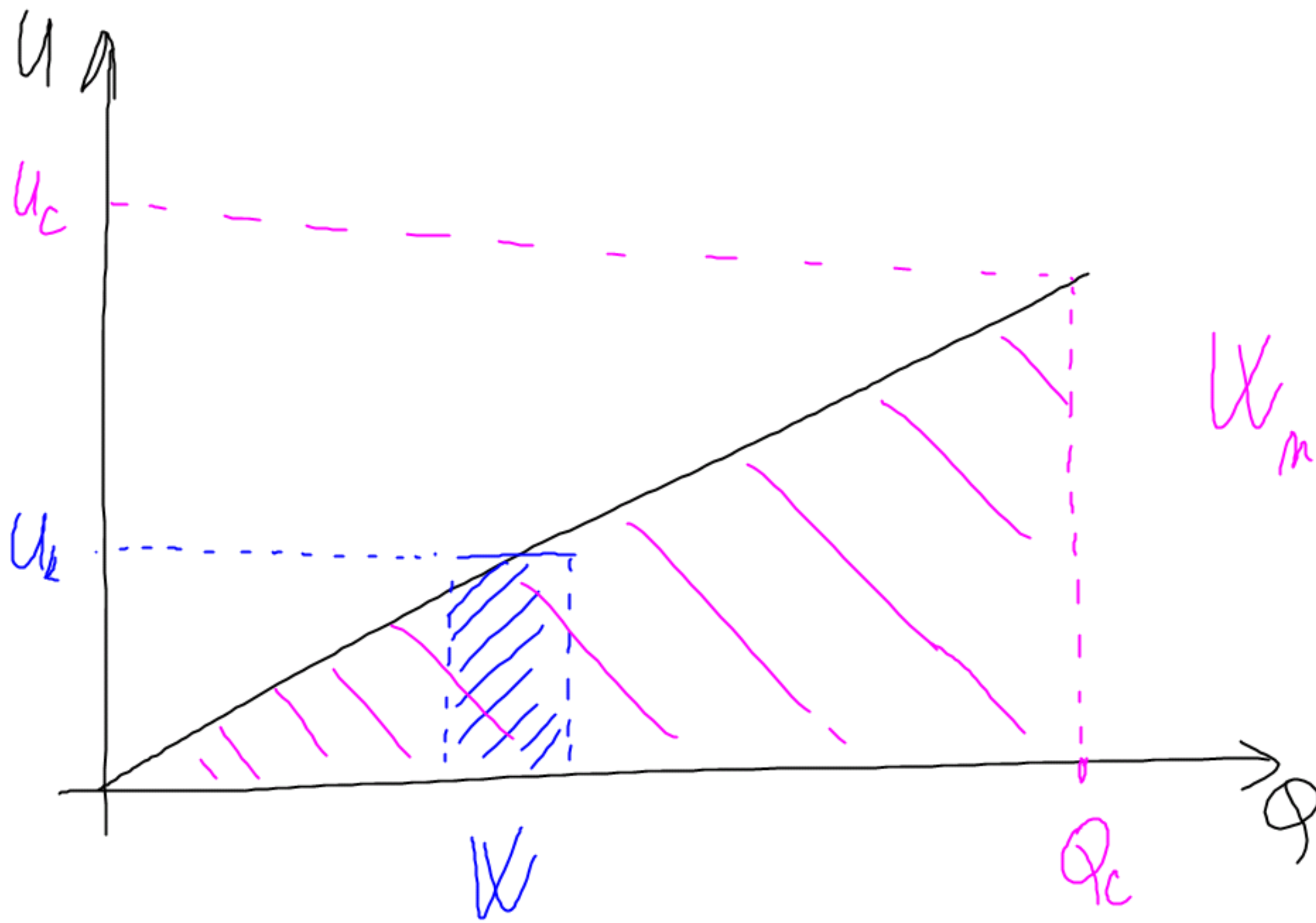
$$\Rightarrow \vec{F}_e \text{ kann man } \underline{U} ; U = \int U$$

(pro $Q, U = \text{konst}$)

prinzipieller Kondensator: $U \neq \text{konst}$, aber

$$U = \frac{Q}{C} \dots \lim_{Q \rightarrow \infty} f(Q) : U = f(Q) \Leftarrow C = \text{konst} \text{ (a)}$$

bed: $\frac{1}{C} = \text{konst.}$



U nicht kond. $= \Delta E =$

$$= E_c - 0$$

! nicht
nur so

$$\Rightarrow \boxed{E = \frac{1}{2} Q_c U_c} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} C U^2$$

VZNIK ELEKTRICKÉHO PROUDU

El. proud

- el. proud jako děj je USPOŘÁDANÝ pohyb

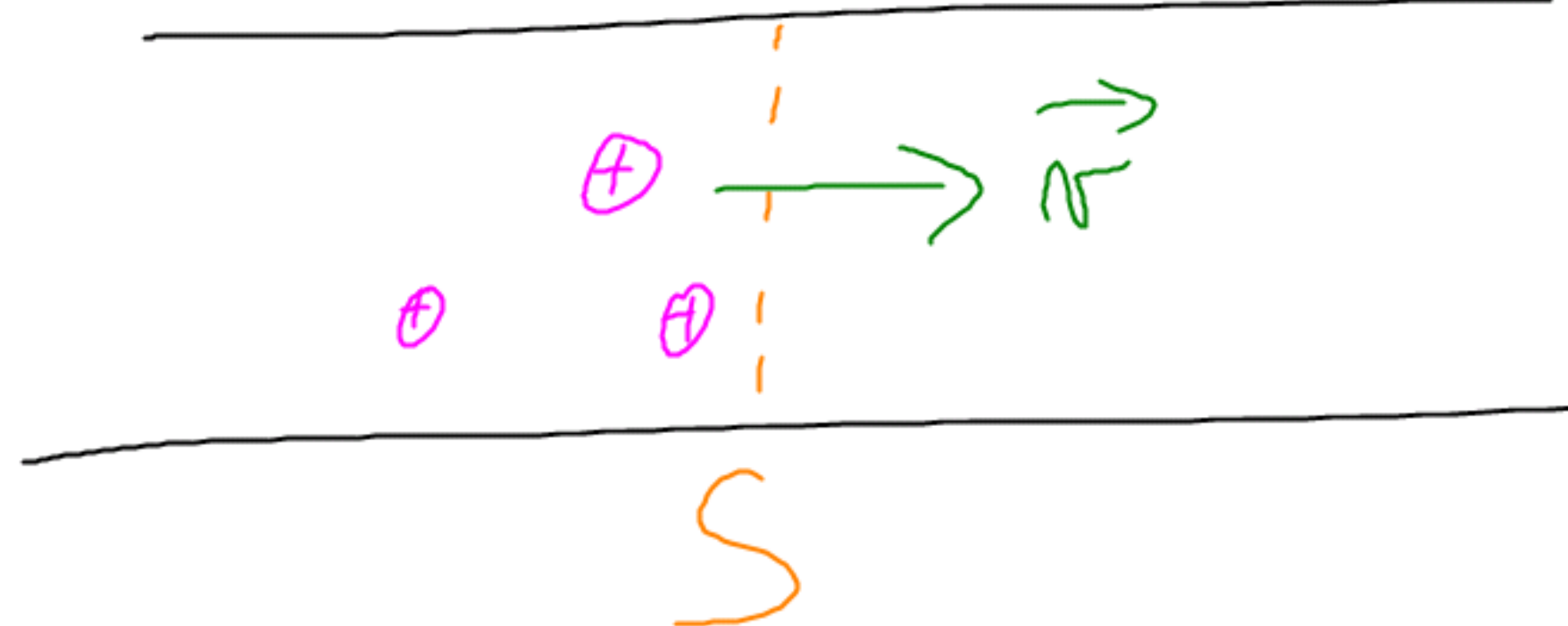
VOLNÝCH NABÍTHAČÁŠK

~ pohyb pod vlivem el. síly dané ROZDÍLEH POTENCIÁLŮ

↳ nenabíhá se pohyb; volně jsou ve vodičích

--- kovy, polovodiče, dielektrika
 --- polovodiče
 --- dielektrika

• el. proud jako veličina: $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$; $[I] = A$
 (ampér)



ΔQ - náboj, který projde průřezem vodiče za dobu Δt

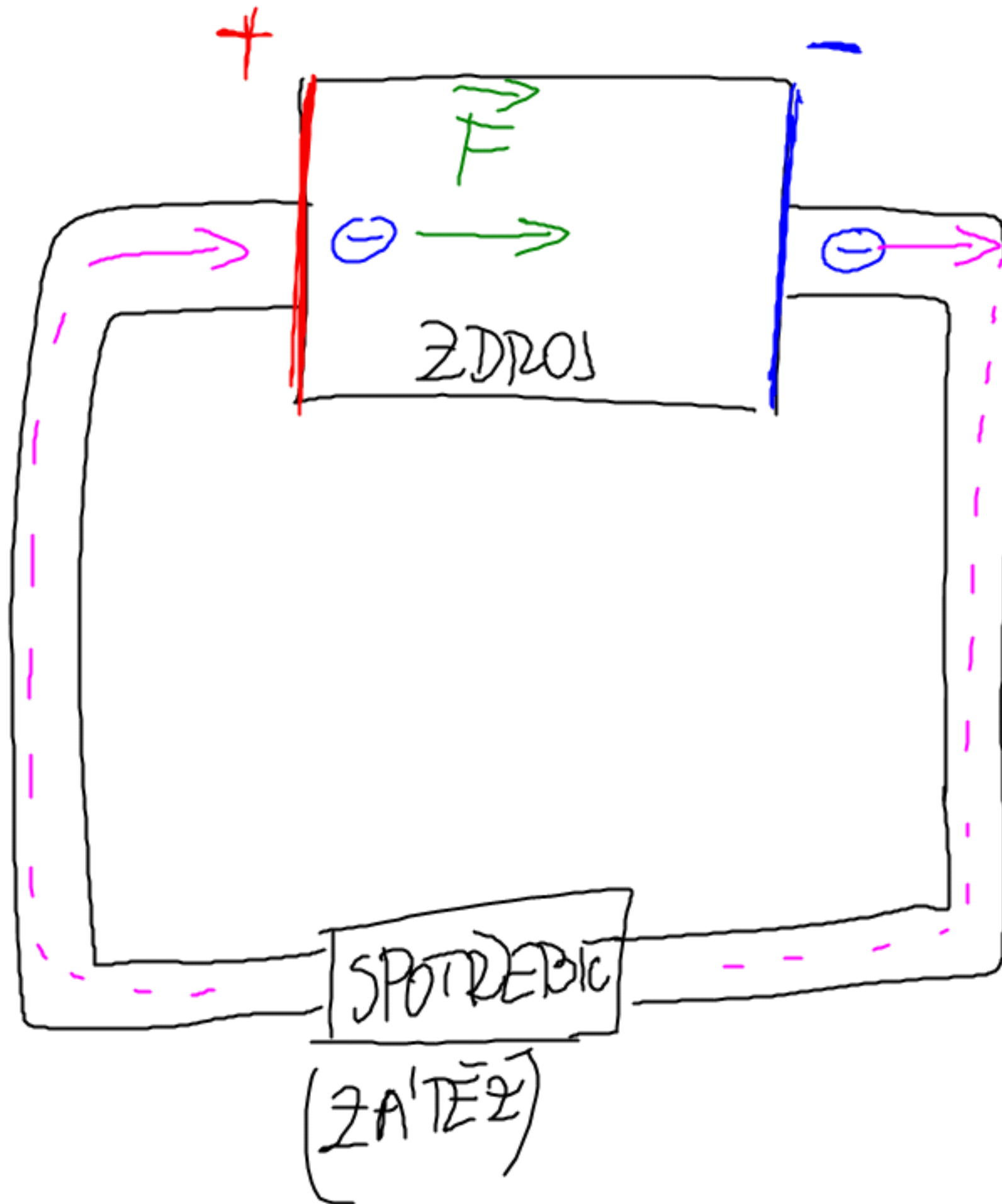
DOMLUHA: SMĚR ELEKTRICKÉHO PRŮBĚHU
JE DÁN SMĚREM POHYBU Kladné
NABÍVACÍ ČÁSTIC (tj. od kladného
k zápornému pólu zdroje).

platí: $1A = 1 \frac{C}{s}$

$1A \cdot s = 1C$

→ a nádobě (A.h): jednotky kapacity baterie
(= celkový náboj, litery baterie
atd.)

Elektrický proud



korový vodič
 $\ominus \dots e^-$
přiblíží ke $\oplus$ pod
vlivem F_e

můžeme zjednodušit
přenos $\ominus$ zdrojem
na zápornou elektrodu

lentto prienos: sil'y NEELST. POWAHY

toto poraz ajednodušena' formula - ve skutečnosti
na za'porne idece vnika' $\frac{1}{Nk} e^-$

F > elst. síla působící mezi e^- a za'pornou elektro-
dou; tato síla honí k_N ; $k_N = Q \cdot U_e$

U_e - elektromotorické napětí

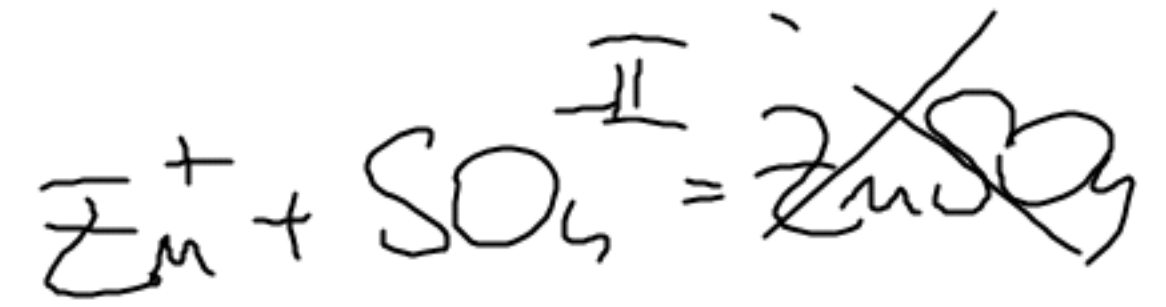
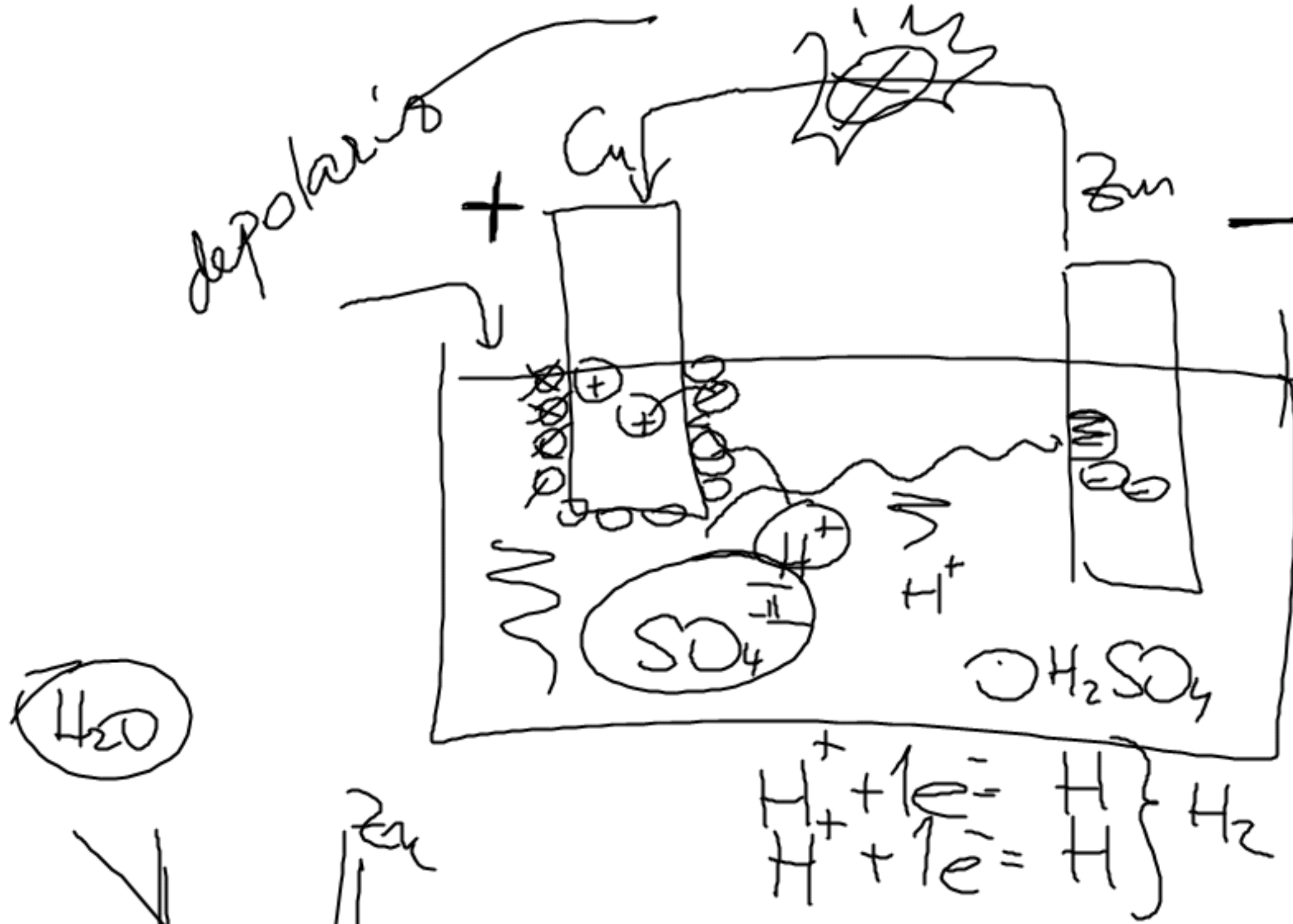
práce W_e elst. síly působící e^- V MĚJÍCÍM OBRUČNÍM
je $W_e = Q \cdot U < k_N$; U - SVORKOVÉ NAPĚTÍ

Typy zdrojů

v závislosti na způsobu realizace práce V_N :

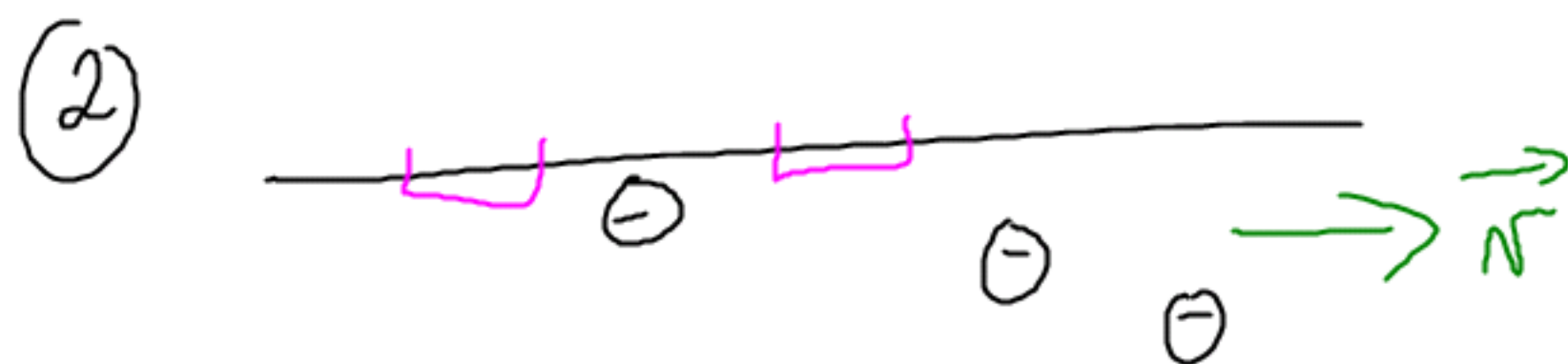
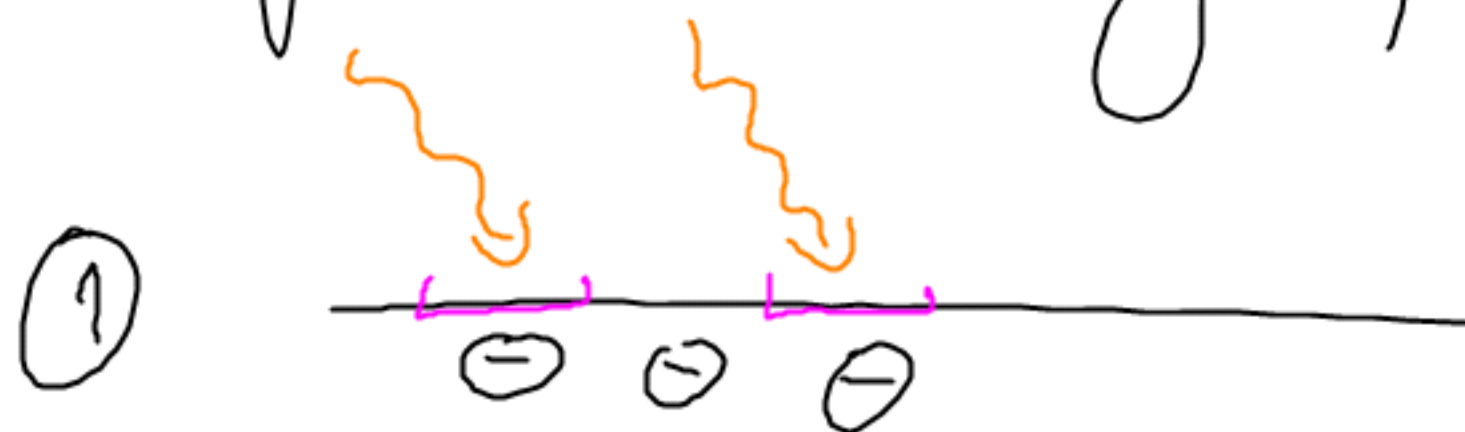
• GALVANICKÝ ZDROJ

- chem. reakce
- princip: poměrně + Cu, Zn plíšek
- chem. podstata: ELEKTRONEGATIVITA
oxidačně-redukční reakce



◦ SOLA'RM' CZA'NAK

- fotoelektryczny efekt

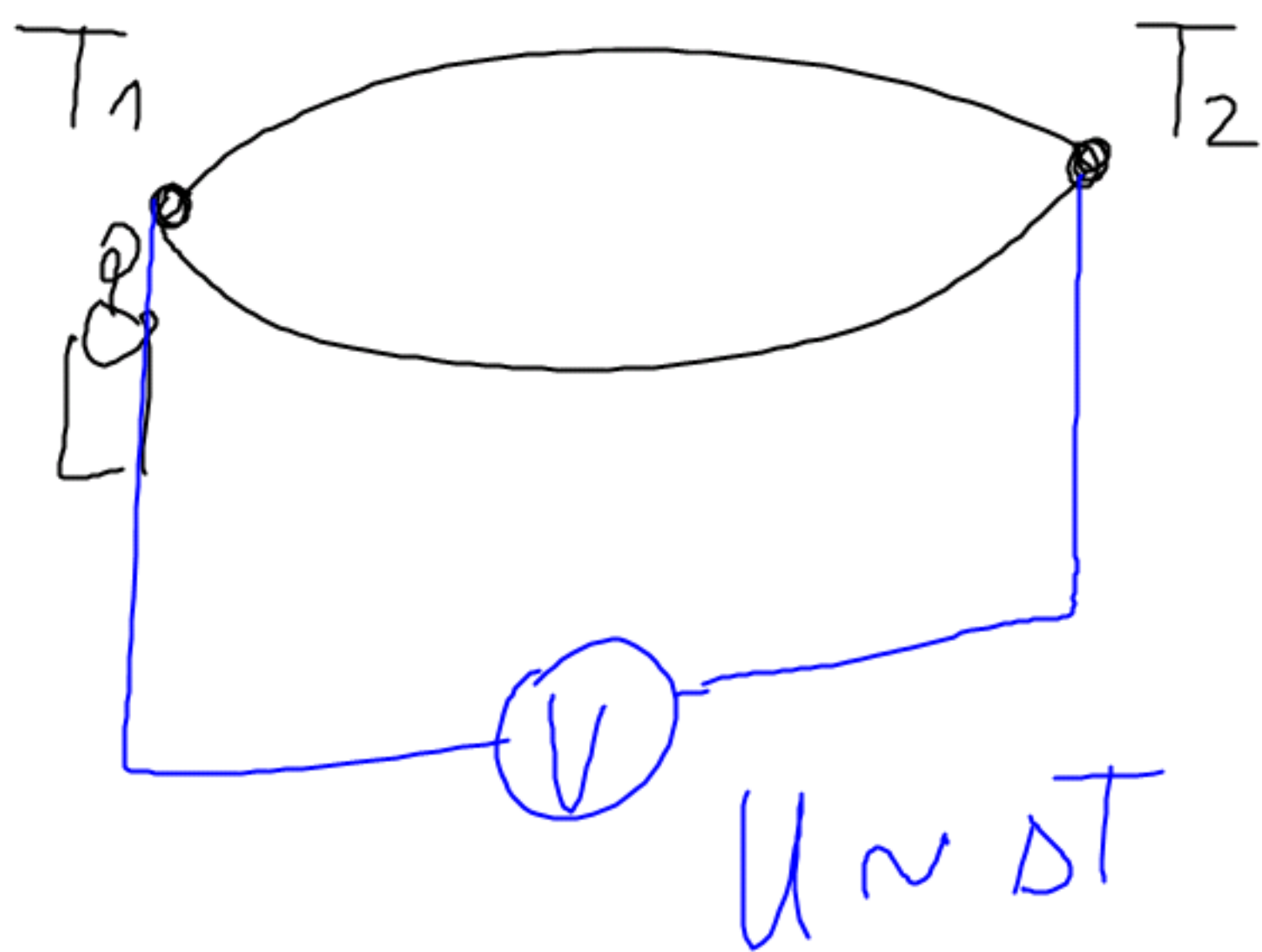


1 foton $\sim$ 1 e^-

niezależność częstotliwości
od częstotliwości

◦ TERMOČLÁNKY (PELTIERŮV ČLÁNEK)

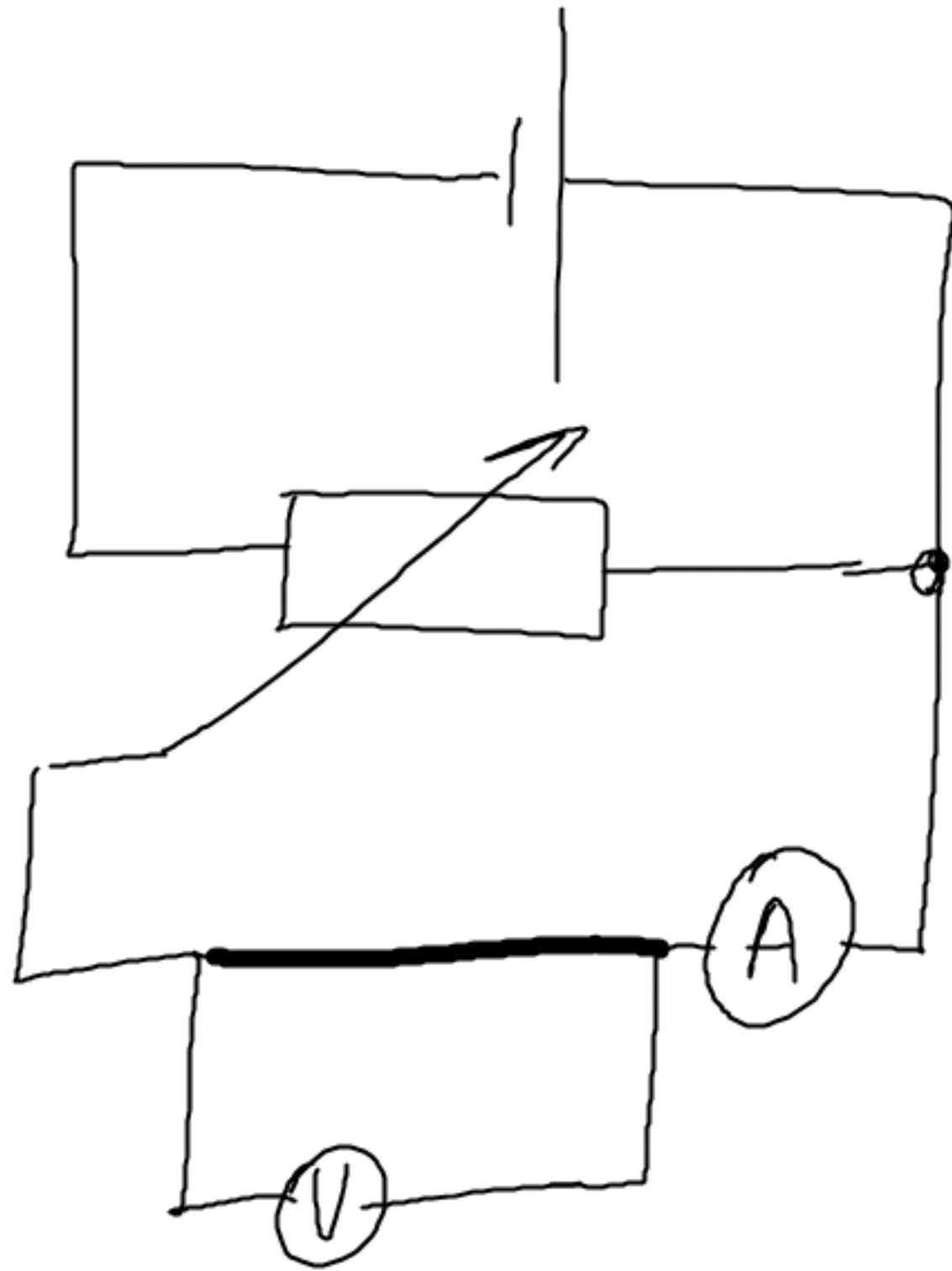
– 2 kovy se spoje udržované
na různé teplotě



– pracuje i
„opačně“: po
připojení ke zdroji
napětí jedna strana
se ohřívá, druhá chladí

EL. PROUD V KOVECH

El. odpor vodiče



Ohnivý zdroj: NAPĚTÍ MĚŘENÉ
MEZI DVEĚMA KONCI VODIČE JE
PŘÍMO UHĚRNĚ PROCHÁZEJÍCÍMU EL.
PROUDU.

graf a vztah VERNIER $\Rightarrow U = f(l) \dots$ LINEÁRNÍ
a matematicky: lin. fce: $y = ax + b$ první mírnost
 $a = \text{konst.}$

$\Rightarrow U = \text{konst.}$ l R resp. $l = \text{konst.}$ U G

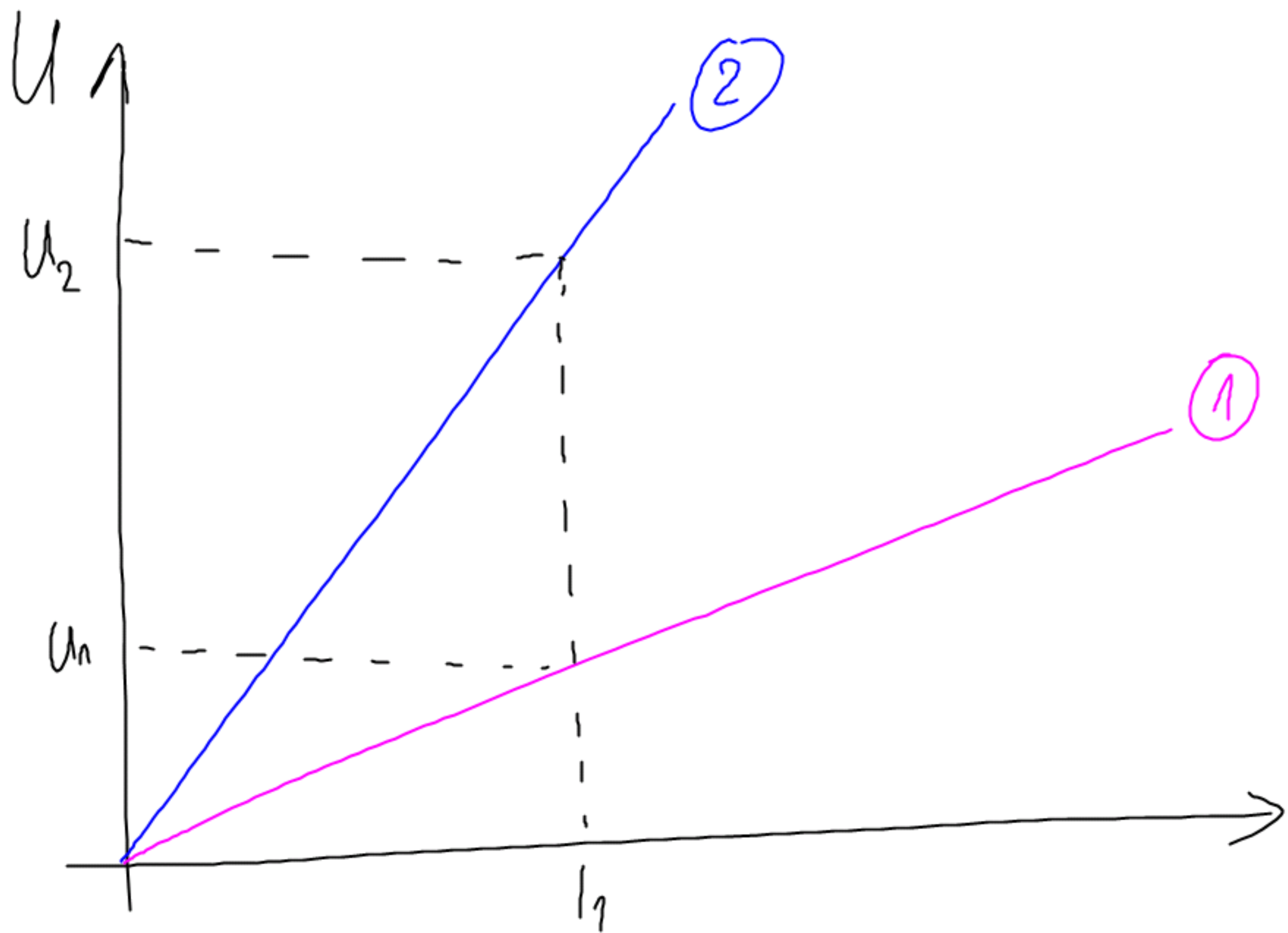
R - el. odpor vodiča; $[R] = V \cdot A^{-1} = \Omega$
(ohm)

G - el. vodivost; $[G] = A \cdot V^{-1} = S$ (siemens)

$$U = RI \wedge R = \text{konst.}$$

mat.
vyjadrenie!
Ohmova
zakona

notež $U = RI$ platí i pre diody, termistory, ..., keď $R \neq \text{konst.}$



VOLTAMPE'ROVA'
CHARAKTERIS-
TIKA

($\text{bez } i \mid = f(u)$)

$$R_1 < R_2$$

el. odpor závisí na:

- dĺžka vodiča --- l ; $l \uparrow \Rightarrow R \uparrow$
- prierez vodiča --- S ; $S \uparrow \Rightarrow R \downarrow$
- materiálu vodiča --- ρ : resistivita
(miera el. odpor)

$$[\rho] = \Omega \cdot \text{m}$$

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

• deploťe

$T_0 \dots R_0$

$T; T > T_0 \dots R$

$$R = R_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

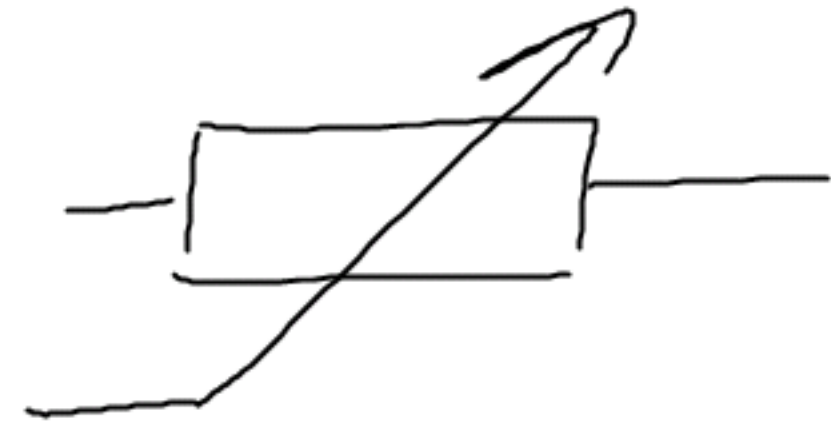
α - deploďmí sonármídel el.
odpov. ; $[\alpha] = K^{-1}$

$\Delta T = T - T_0$; male'
 $\Delta T \sim 100 K$

soničastky $\approx \alpha \approx 0$ (tj. soničastky s konstantním
odporem): REZISTOR

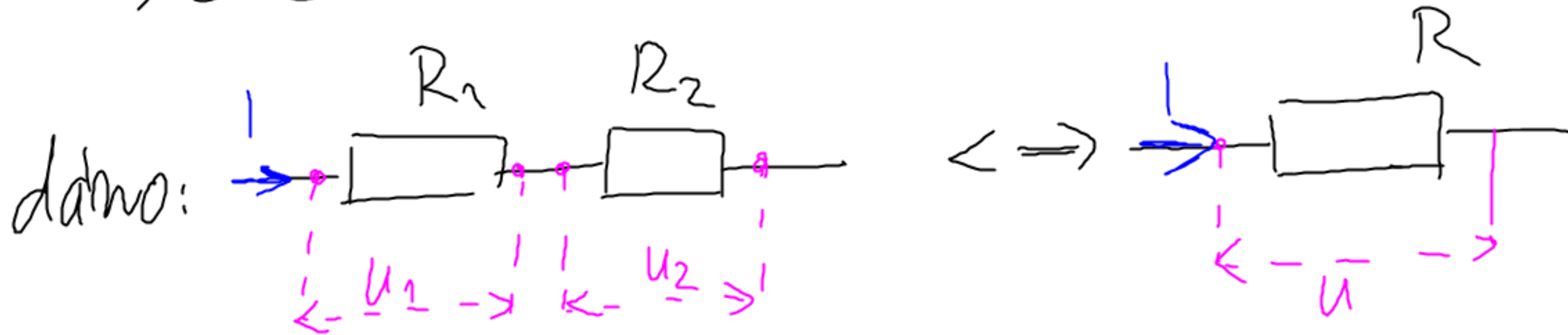


soničastka s proměnným odporem: REOSTAT



Spojování rezistorů

a) SERIOVĚ



úč: $R = ?$

$$\underline{U = RI}$$

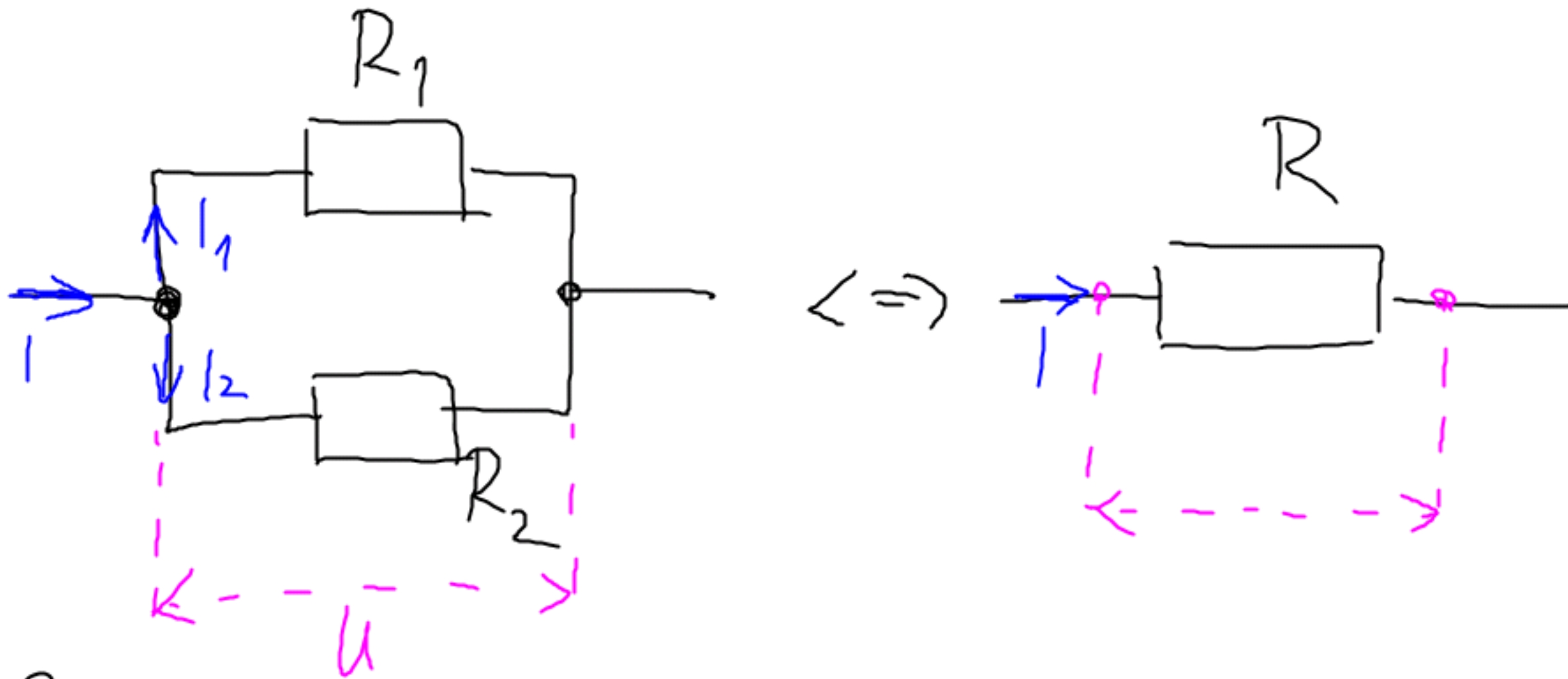
$$U = U_1 + U_2$$

$$RI = R_1 I + R_2 I$$

$$\Rightarrow \boxed{R = R_1 + R_2}$$

PARALELNĚ

dáno:



ciť: $R = ?$

$$I = I_1 + I_2$$

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

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

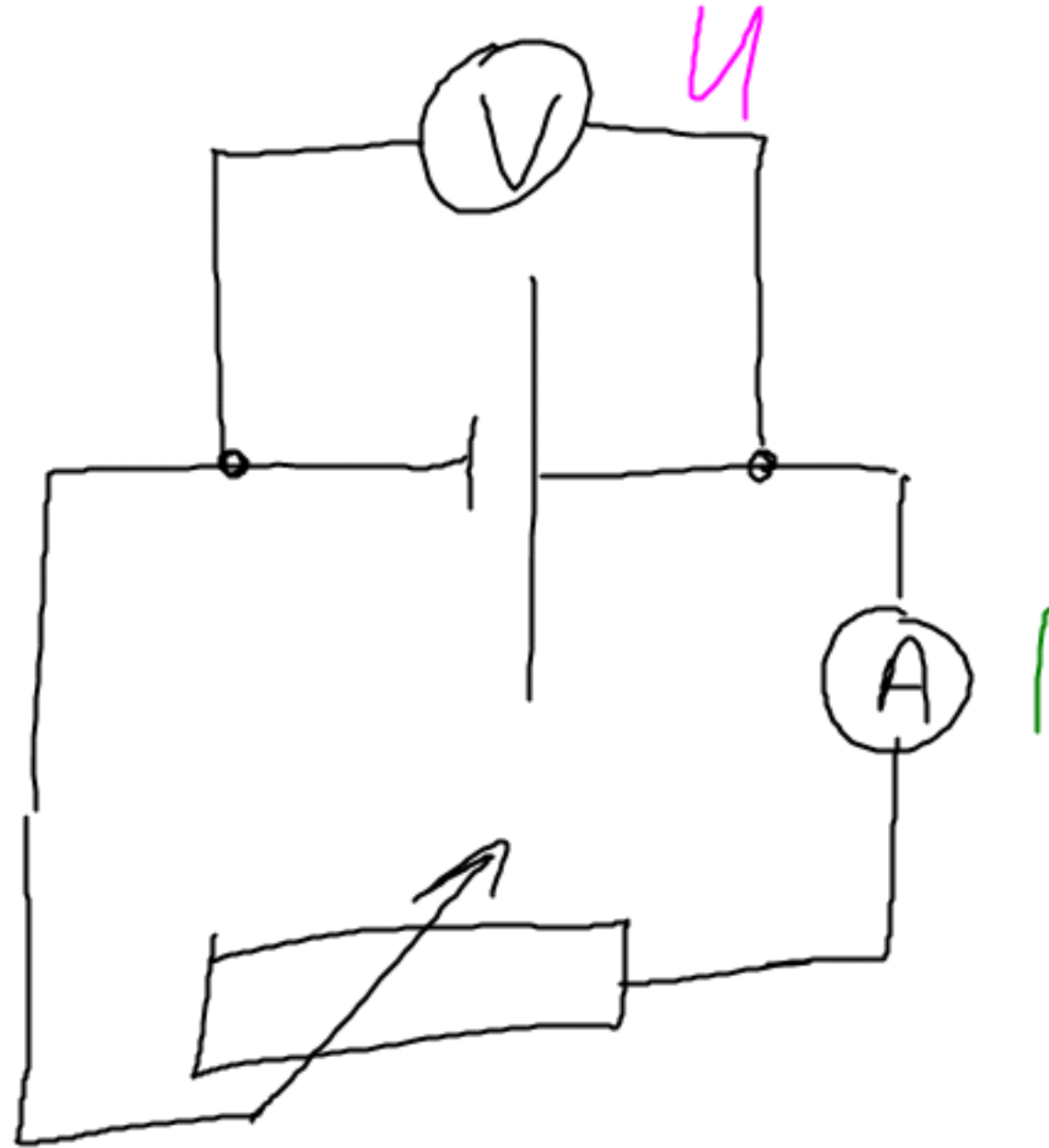
$\Rightarrow$

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

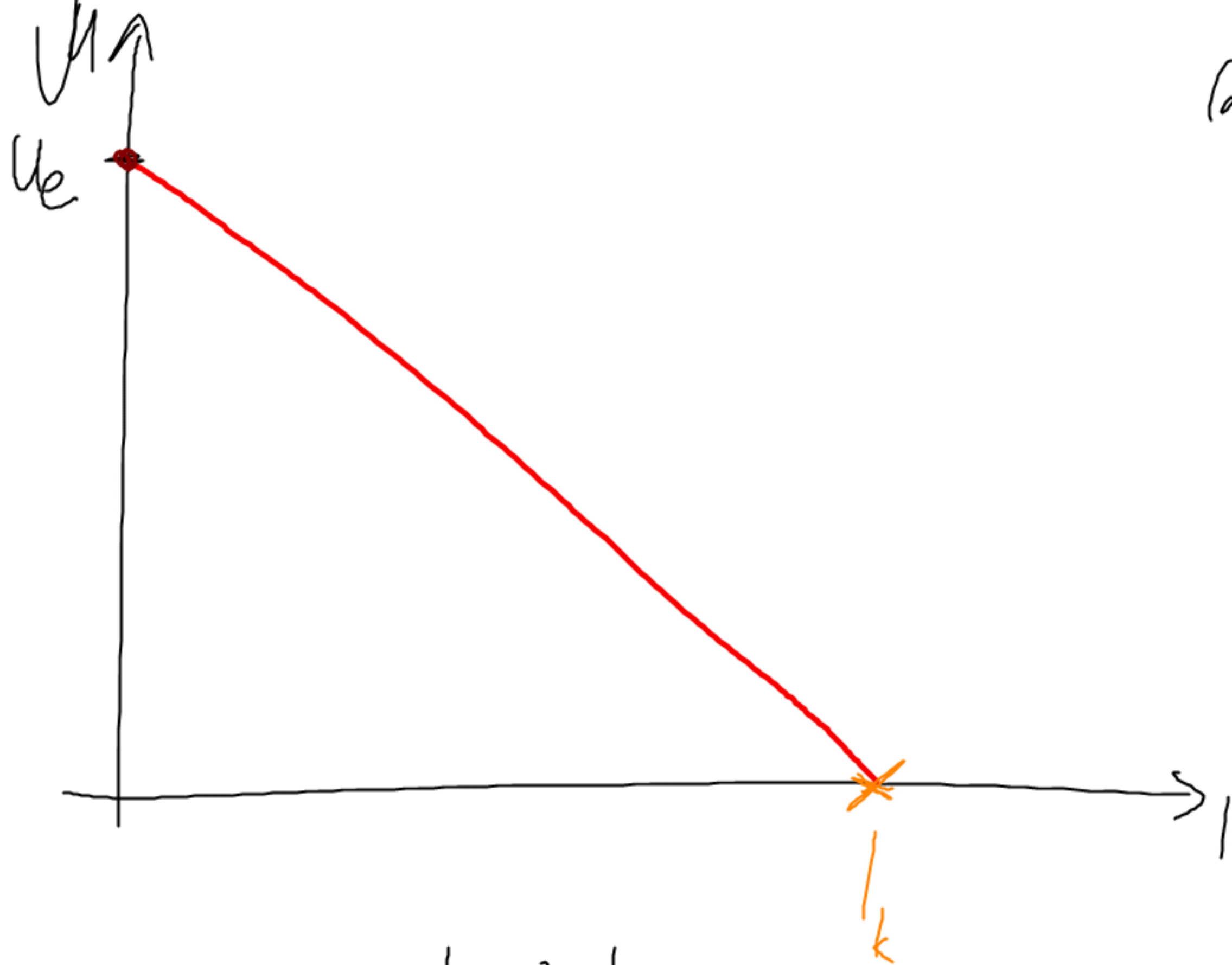
$$\text{resp. } R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Zatēzārci' charakteristika 2droņē mērē'

2a'm'slost svorhove'ho mēpēd' ma el. prondm



výsledku měření



závislost je LINEÁRNÍ
 M' , při po-

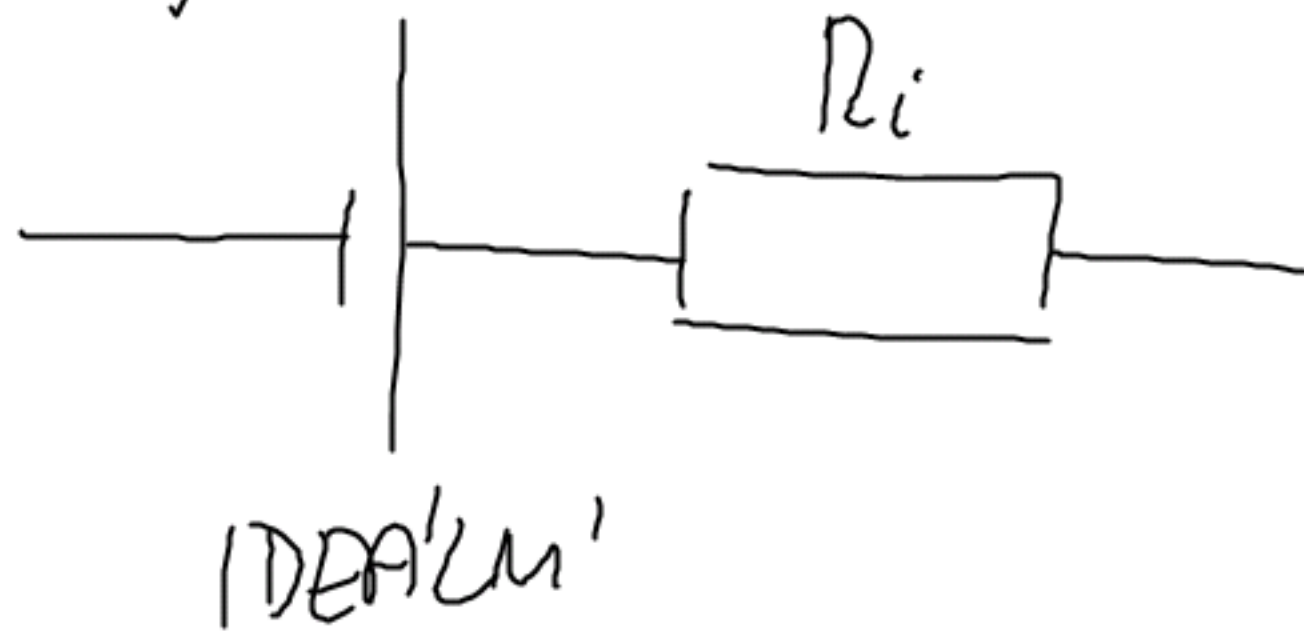
mitání Ohmova
zákonu $\Rightarrow$ expe
"nejaký rezistor"

KONSTANTNÍHO
ODPORU

$$(*) \quad U = U_e - \underbrace{\text{konst.} \cdot I}$$

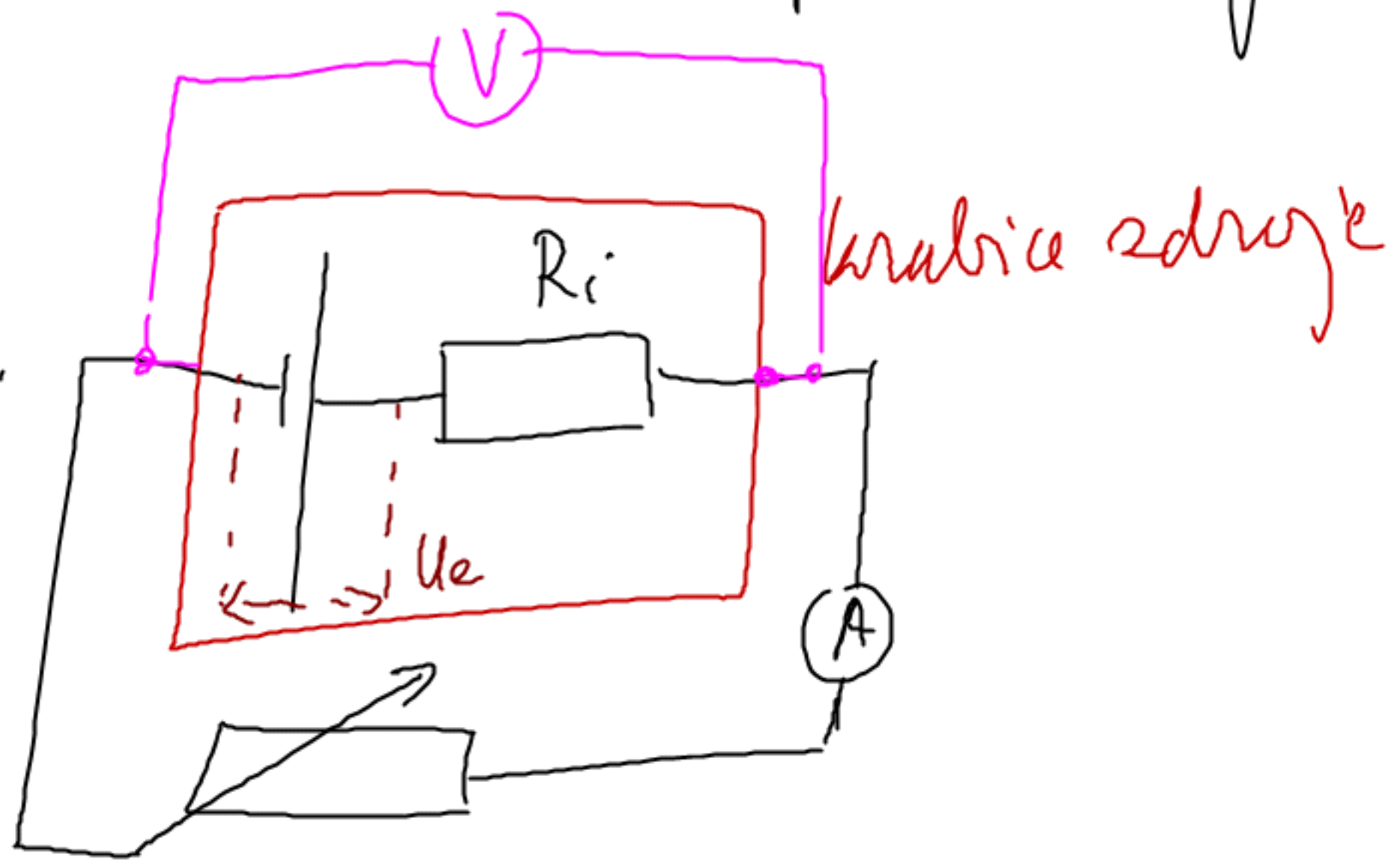
$\rightarrow$ napětí na rezistoru

$\Rightarrow$ zdroj lze charakterizovat takto



R_i - vnitřní
odpor zdroje

spínací schéma obvodu:



$U = U_e \dots R \rightarrow \infty \Rightarrow I = 0$ (ZAPOJENÍ MAPRAŽDNO)

I_k - akčný proud; $U=0 \Rightarrow R=0$
(spojenie svork
a drôty)

(*) $\Rightarrow$ $U = U_e - R_i I$ ($= U_{\text{spotrebič}}$)

$R I = U_e - R_i I$

$U_e = (R + R_i) I$

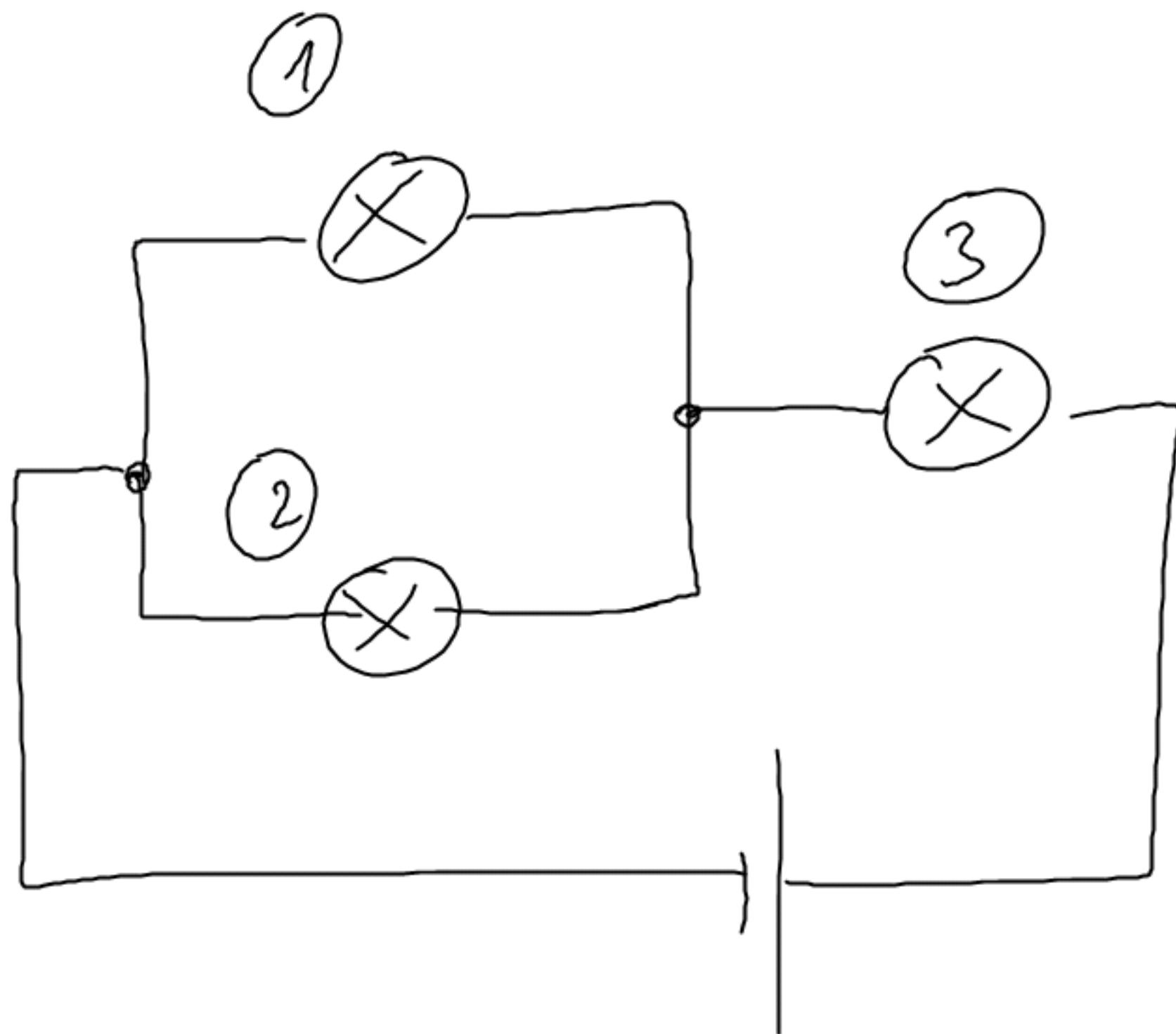
OHMŮV ZÁKON PRO
CELÝ OBVOD

pro zkratkou' proud platí: $0 = U_e - R_i I_k$

$$I_k = \frac{U_e}{R_i}$$

Запроса'м':

- 2 зă'воры се'и'орé
- 2 зă'воры паралелнè
- мѣ'рэм' ел. прондн
- мѣ'рэм' ел. мѣ'рѣ'
- мѣ'рэм' ел. мѣ'рѣ' на 1 се 2 паралелнè сопозем'ч
зă'ворч а та мѣ'рѣна' " се нѣ'сѣ'рѣ'рѣ'нн' а пѣ'и'е



1. krok - viz schéma

2. krok

- předpokládá

- experiment

①) usměrnovač -

- jak se změnila jas ②, ③?

1. krok:

①, ② - sni'hi stej'ne, me'ne než ③

$$R_{c1} = \frac{3}{2} R$$

$$I_1 = I_2 = \frac{1}{2} I_3$$

2. krok: $R_{c2} = 2R > R_{c1} \Rightarrow$ ③ leče MEŇSI' el. proud

$\Rightarrow$ ③ oprot. 1. kroku POHASNĚ

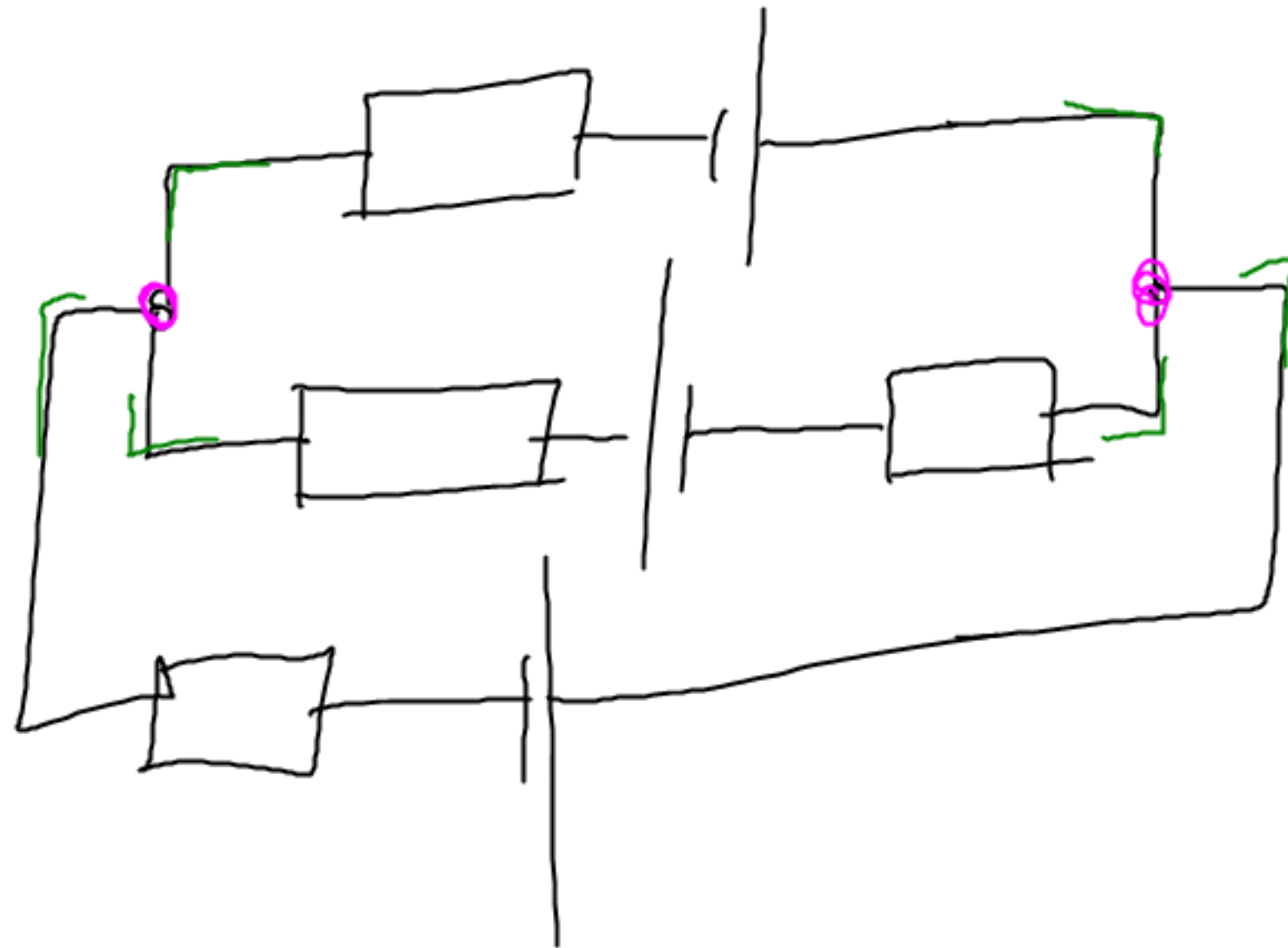
② sni'hi stej'ne jako ③ (š'ne're'zapojen') $\Rightarrow$ sni'hi
JASNĚJI, než v 1. kroku

Kirchhoffovy zákony

G.R. Kirchhoff

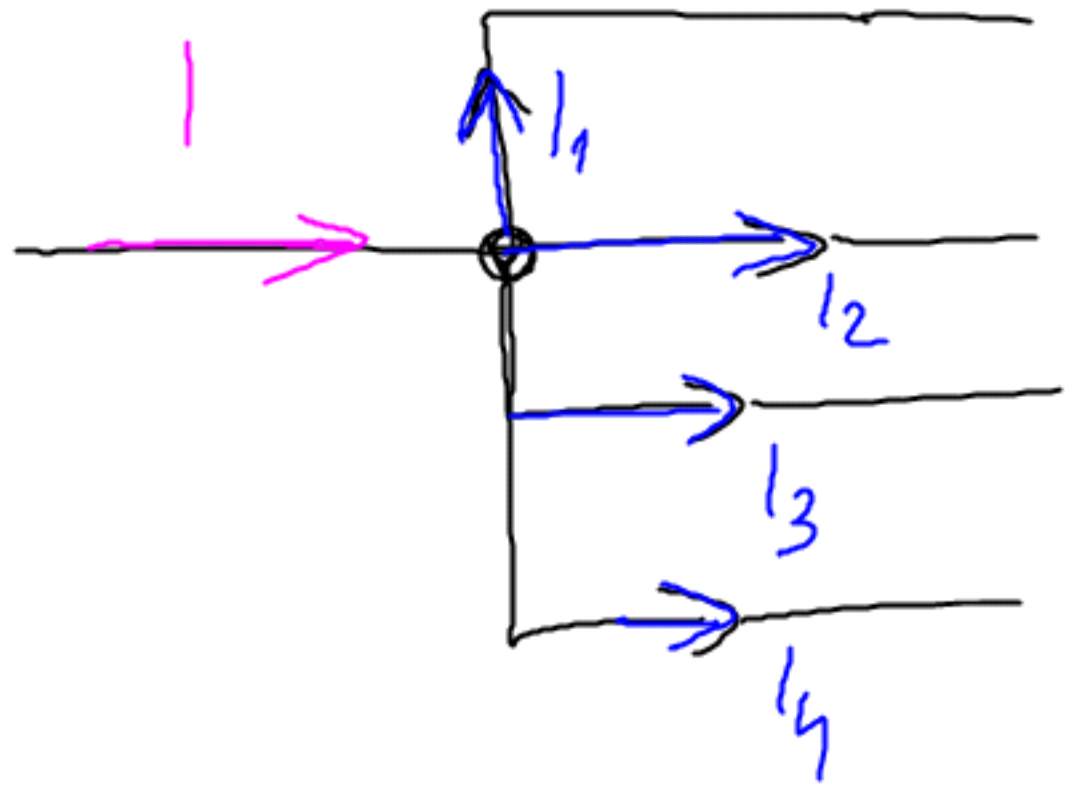
pojmy : UZEL - vodičů spojených a více vodičů

VĚTVĚ - část obvodu mezi 2 uzly



3 větve

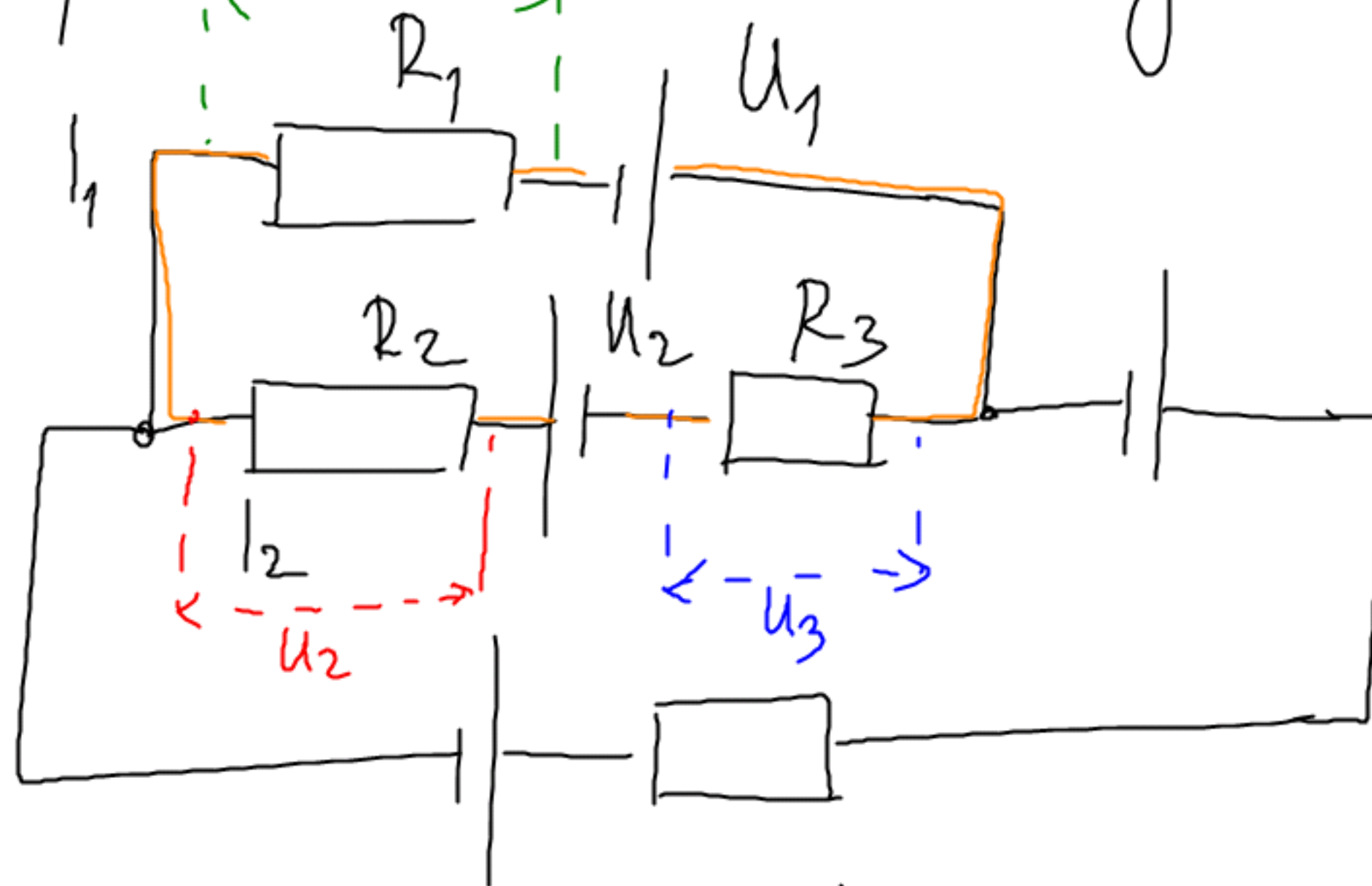
1. KZ : el. pond v walu (~ 220)



$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

resp. $I - I_1 - I_2 - I_3 - I_4 = 0$

2. KZ: napětí v uzavřené smyčce ($\sim 2ZE$)



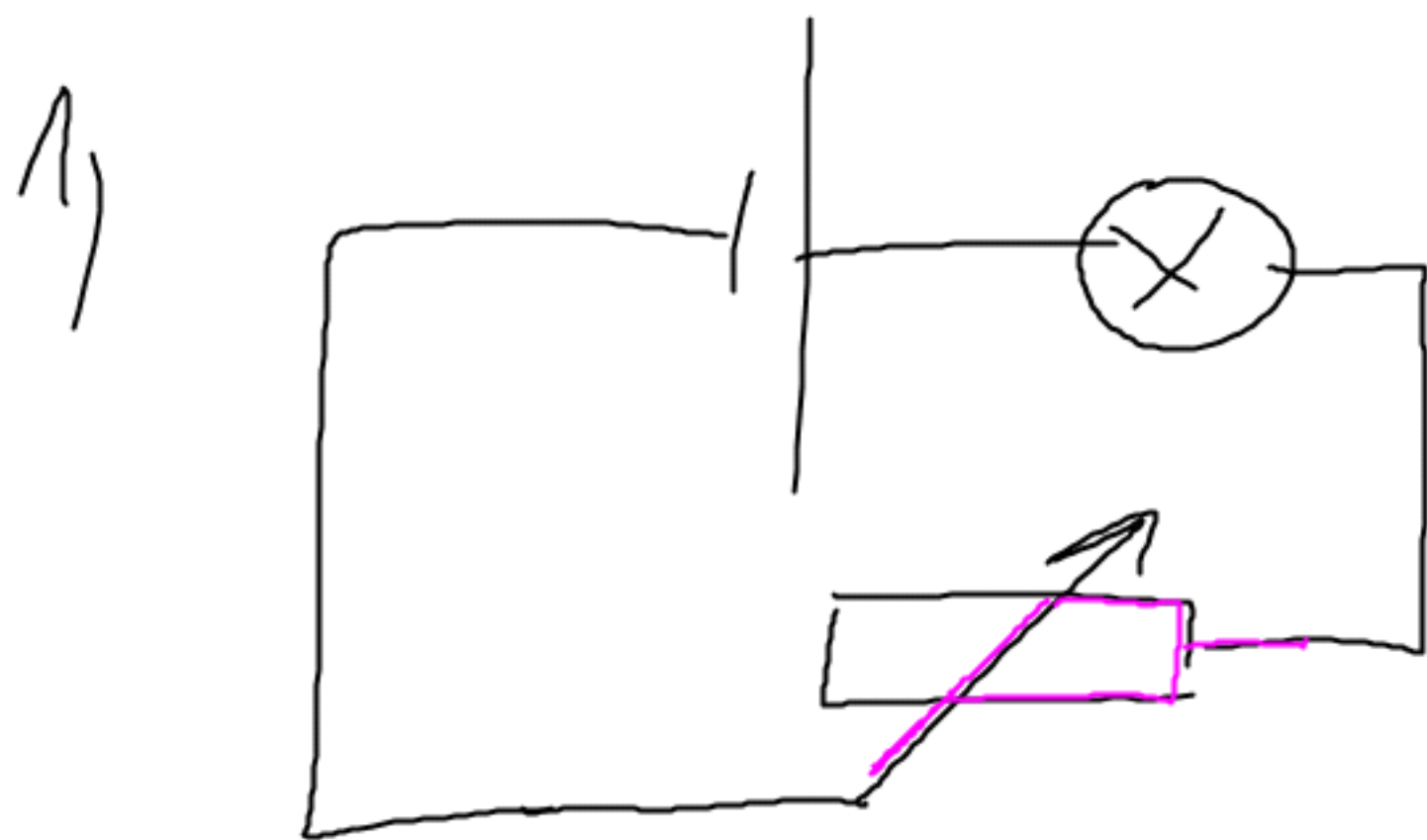
3 smyčky

$$U_1 + U_2 = R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_3 I_2$$

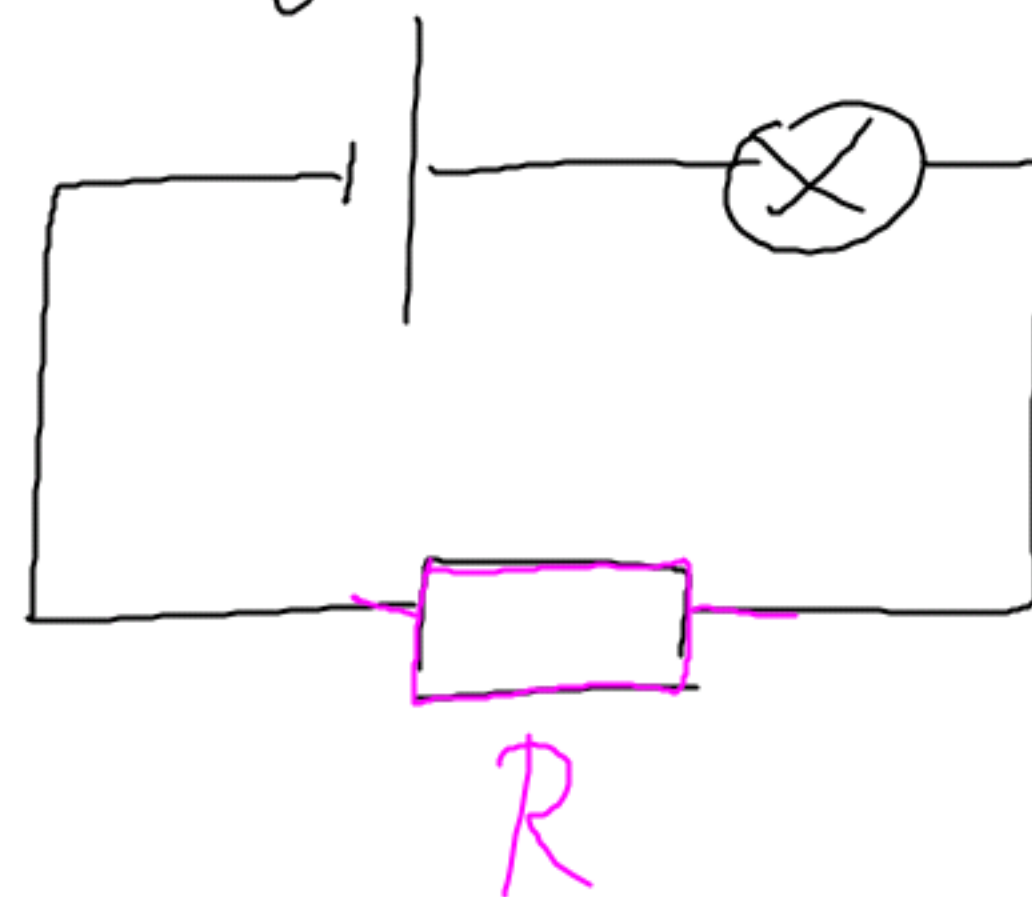
Součet napětí zdrojů ve smyčce je roven součtu
(s výtkou) napětí měřených na jednotlivých rezistorech
smyčky.

Zapojování: regulace jasu žárovky
2 způsobů

pomůcky: žárovka, reostat, zdroj napětí

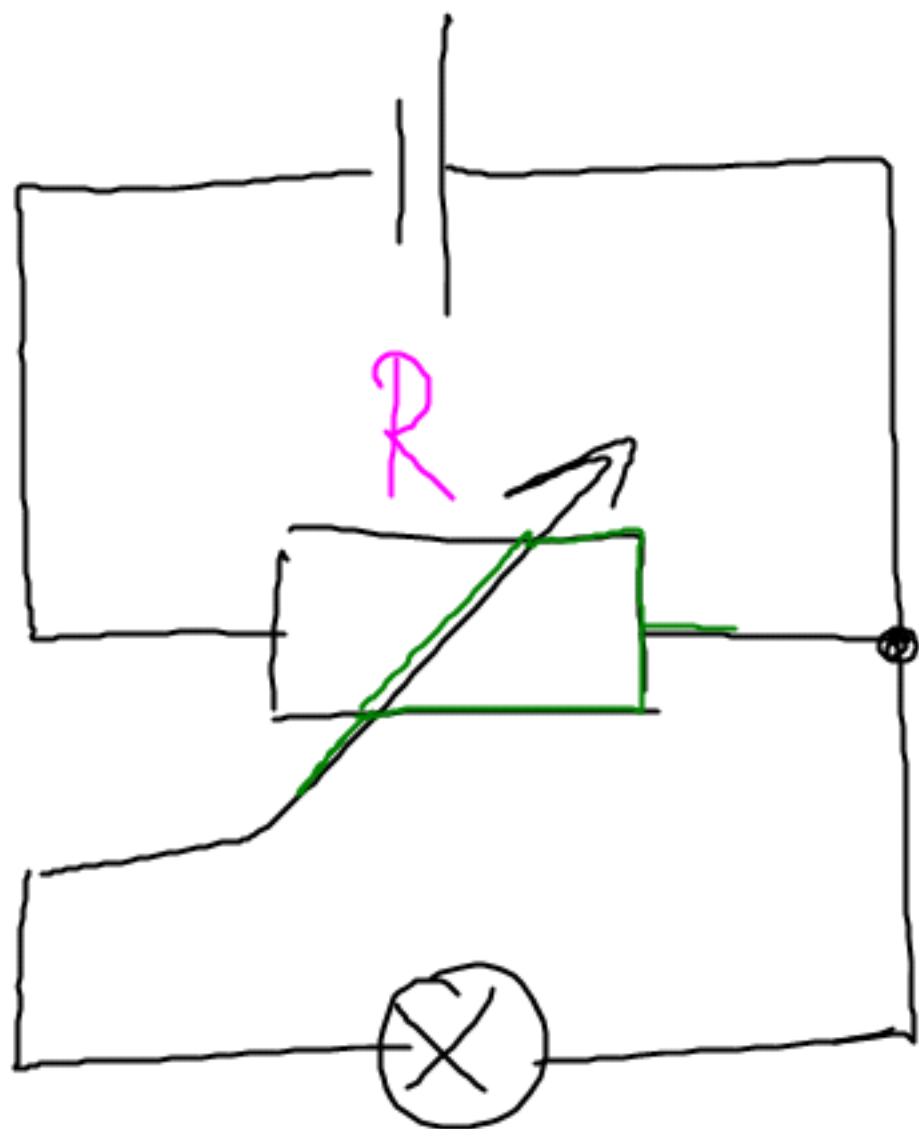


$\Leftrightarrow$

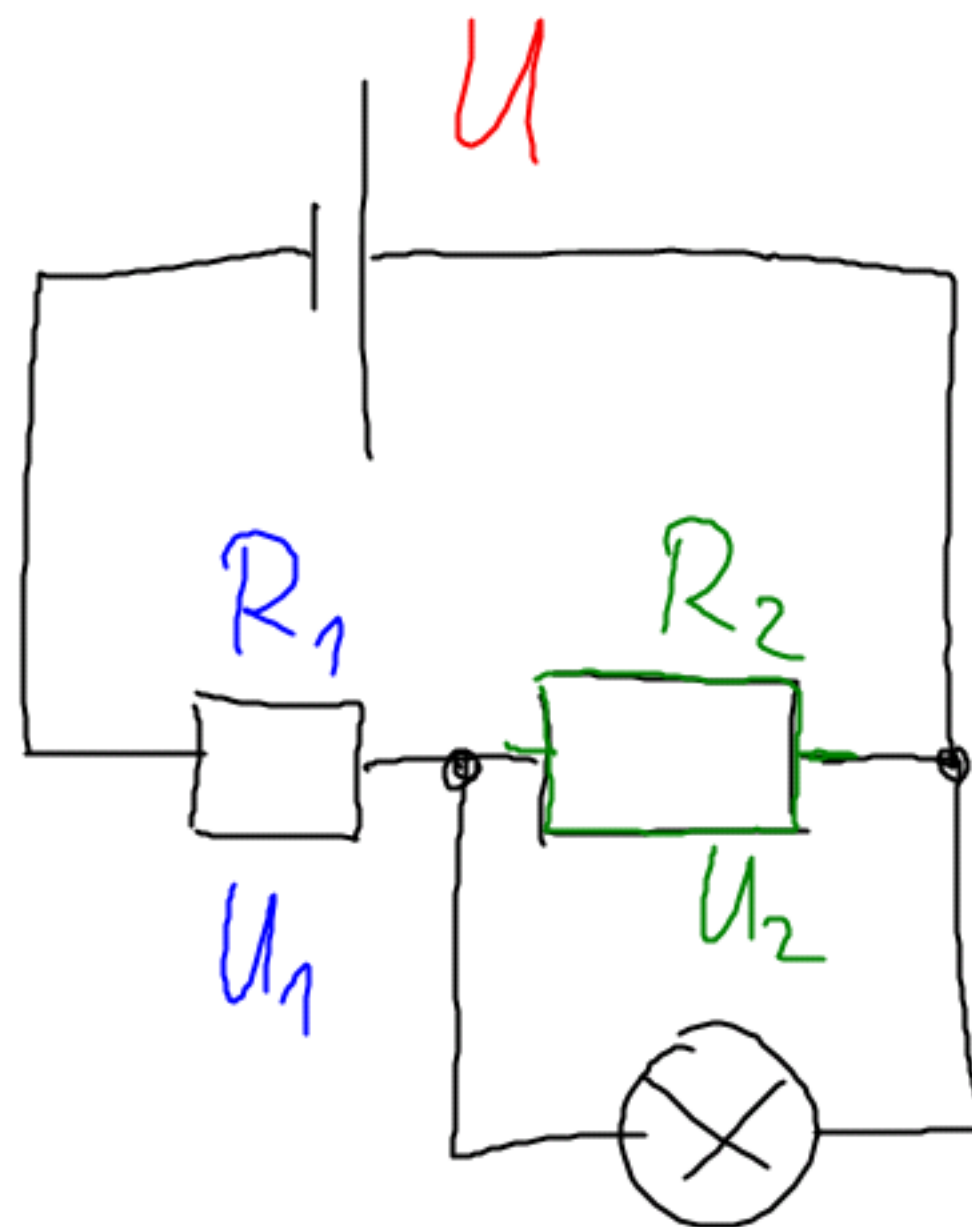


regulace proudu

2,



$\Leftrightarrow$



regulace el. napětí

DĚLIC NAPĚTÍ

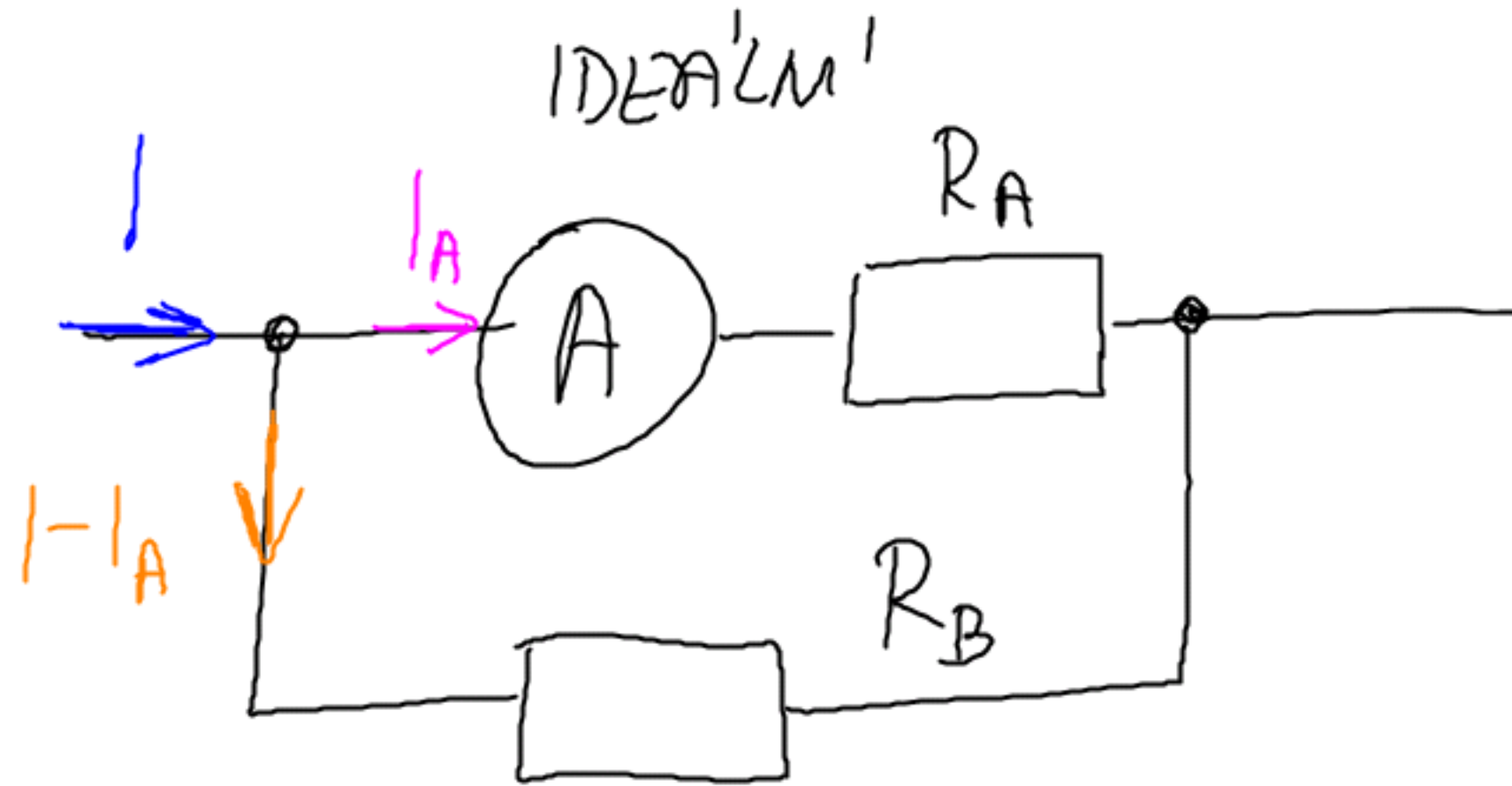
$$U = U_1 + U_2$$

$$R = R_1 + R_2$$

Konstrukce ampermetra

danó: I ; $\textcircled{A}$: I_A --- maximální
 R_A

cíl: $I > I_A$



R_B - vodič

$$U_A = U_B$$

$$R_A I_A = R_B (1 - I_A)$$

$$R_B = R_A \frac{I_A}{1 - I_A}$$

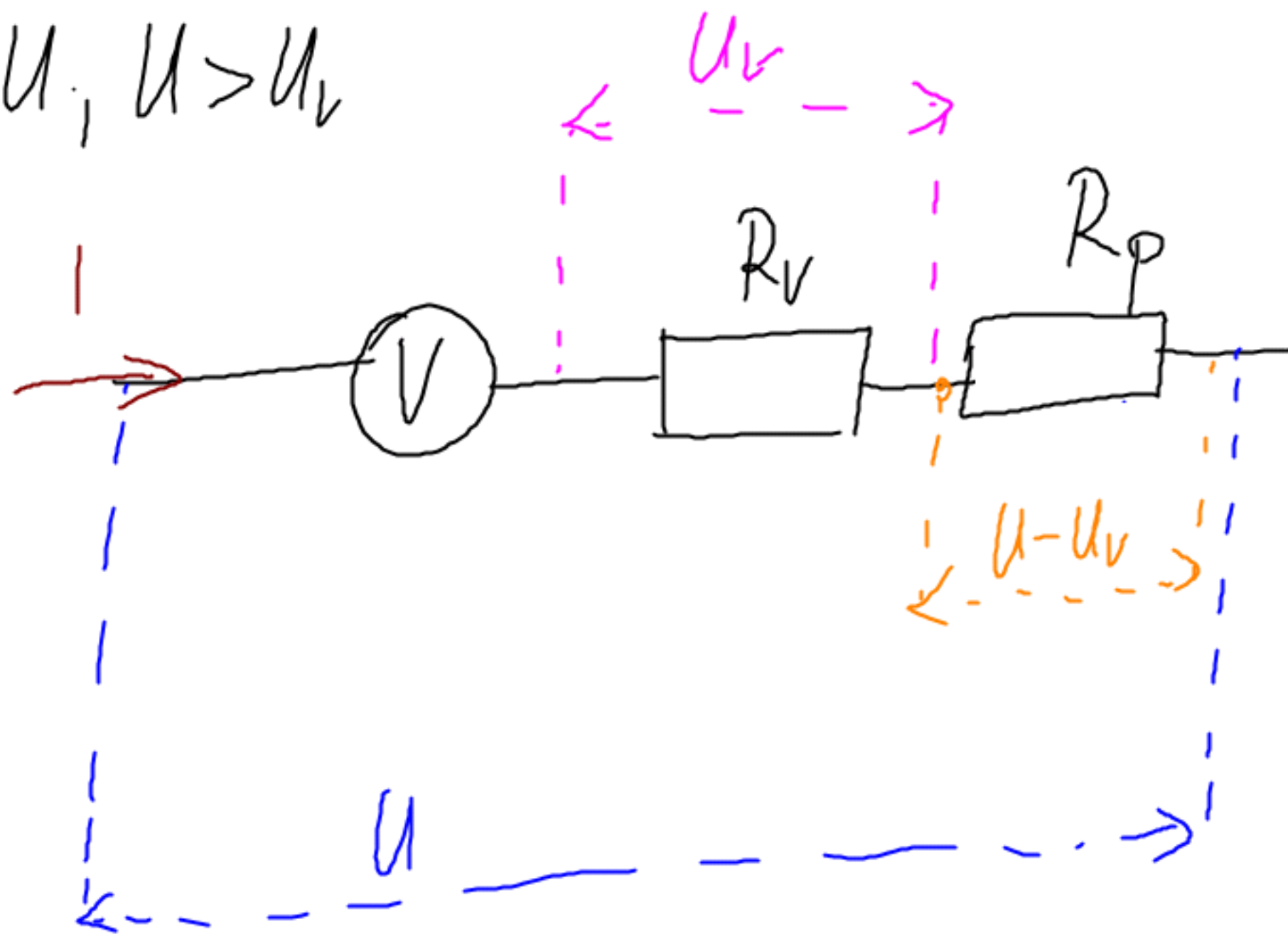
$$R_B \sim m\Omega$$

praxe: dra'lek

Konstrukce voltmetru

dané: V ; U_V --- maximální
 R_V

cíl: měřit U ; $U > U_V$



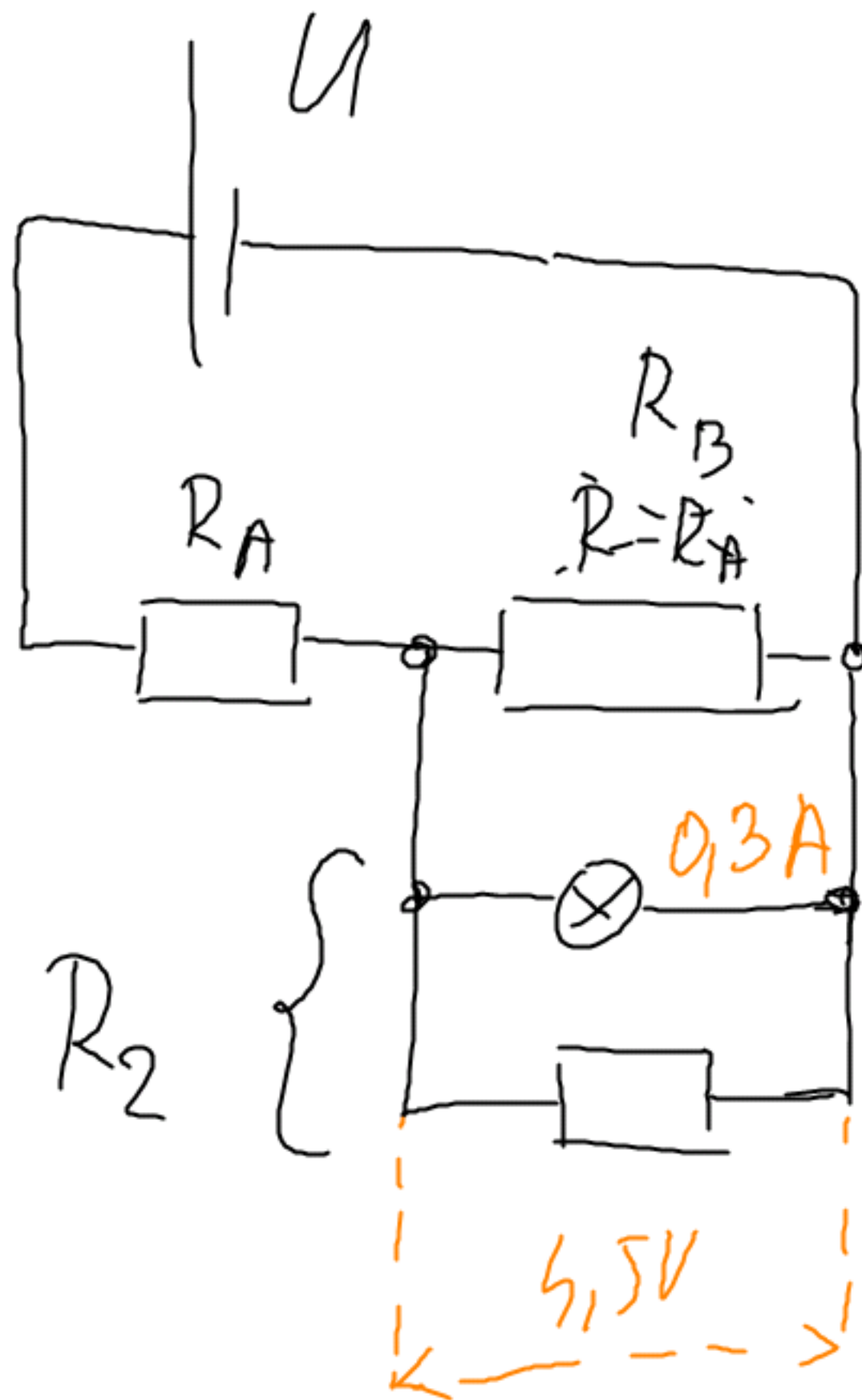
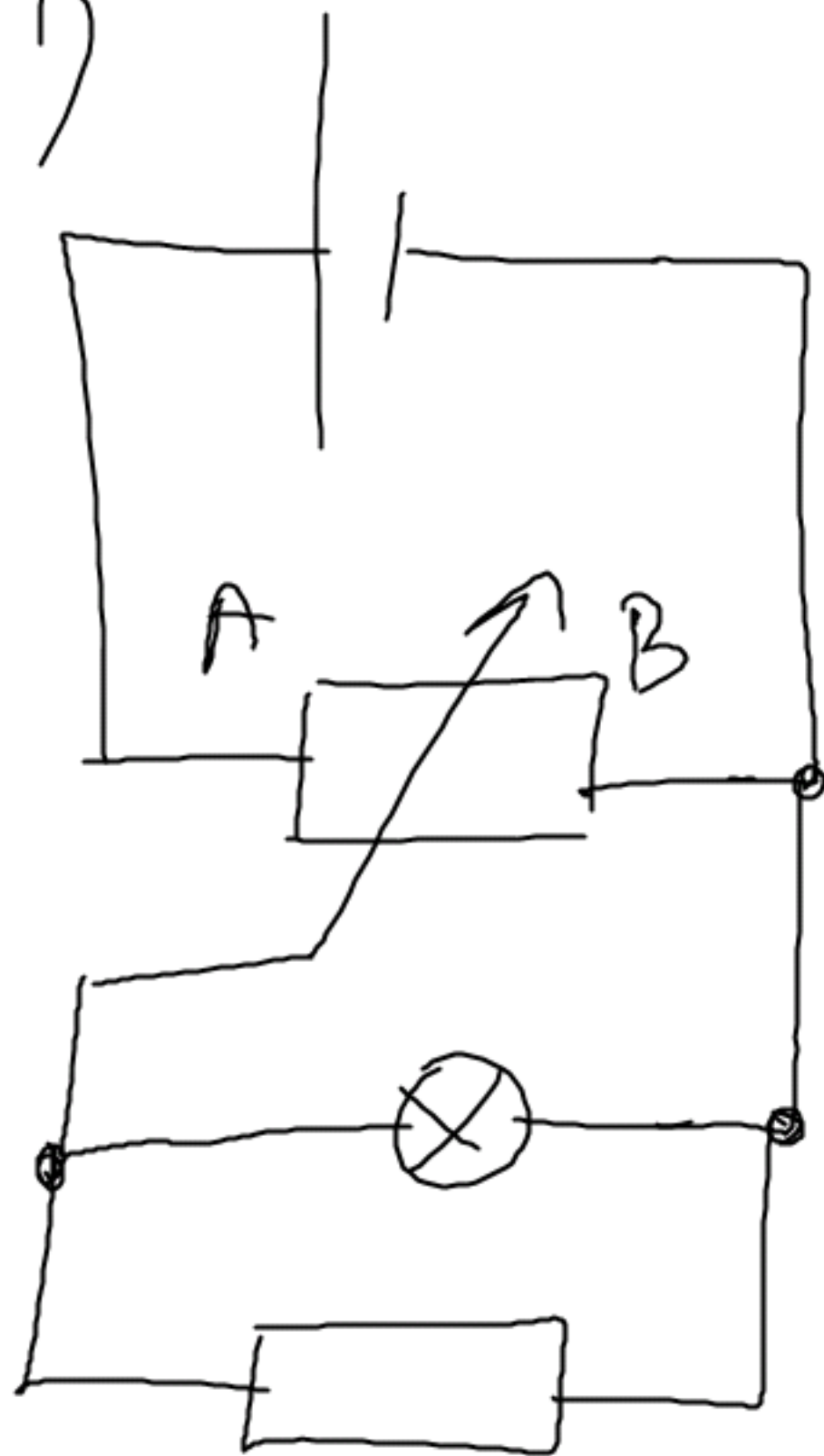
R_P - PŘEDŘADNÝ
ODPOR

$$I_v = I_p$$

$$\frac{U_v}{R_v} = \frac{U - U_v}{R_p}$$

$$R_p = R_v \frac{U - U_v}{U_v}$$

29,



$$R_2 = \frac{4,5}{0,3} \Omega$$

$$R_2 = 7,5 \Omega \quad \dots \quad 0,6 A$$

$$R_{2B} = \frac{R_2 R_B}{R_2 + R_B} \quad U = (R_A + R_{2B}) I$$

Práce a y'kon

experiment + НЕБЕЗПЕЧАТ' !!!

om'it'm' sh'iev p'ak'm (jabl'ka)

experiment s termohannerson a sadon
rezistori

$$W = Q \cdot U$$

$$Q = I \cdot t$$

$$U = R I$$

$$W = U I t$$

$$= I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$$

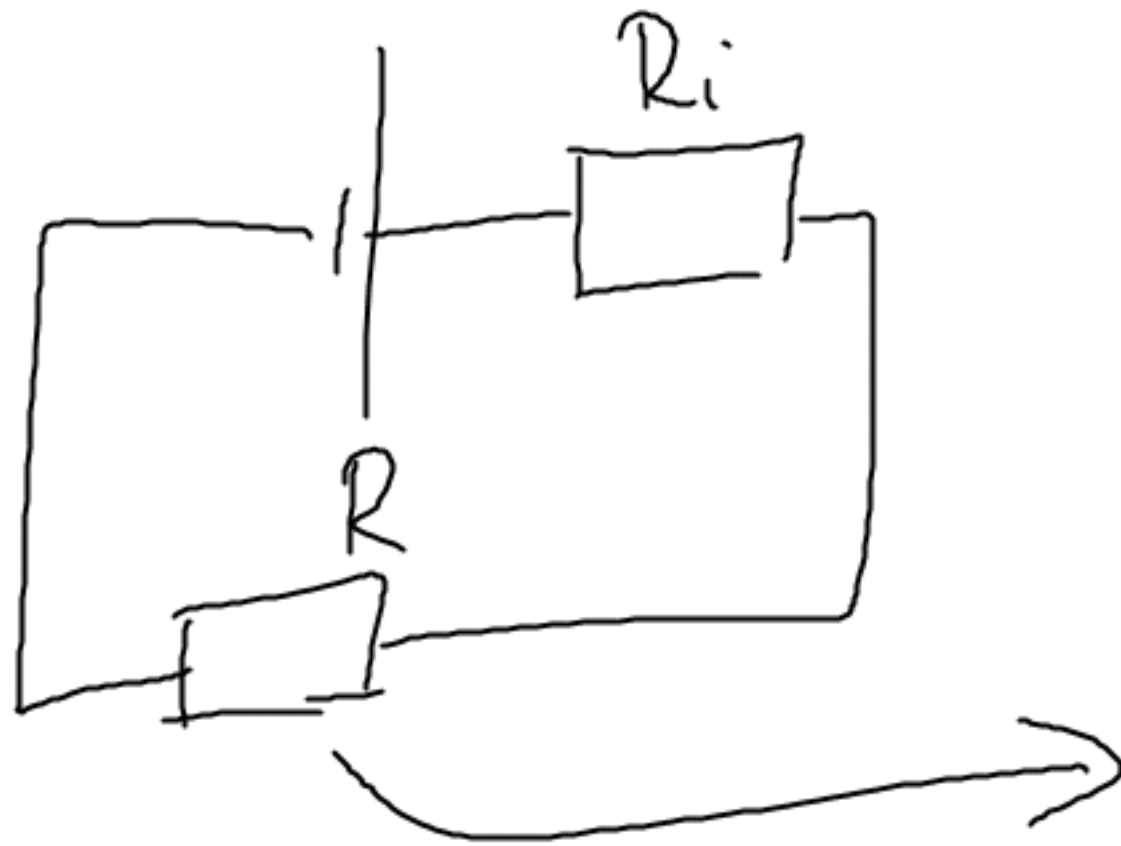
tato práca, ktorou koná elektr. sila, sa ne nazýva
o odporom R máme v JOULEOVOM TEPLE

praxe: vyhrievaním konvice, železa, ...

rykhon el. prondn: $P = \frac{W}{t}$

$$P = UI$$

U - savor kove' noped'; $U = U_e - R_i I$



$$P = (U_e - R_i I) I$$

kompromis: max rykhon $\times$ m'ot'mnost