

→ Nestacionární magnetické pole - mění se

→ vzniká v oblasti

- vodiče, kterým prochází časově proměnný proud
- pohybujícího se vodiče s proudem
- pohybujícího se magnetu

→ Elektromagnetická indukce

→ fyzičtí jev

Aždeky vzniká nest. pole

a) do svého zasouvaném magnet

b) rapanu obrácený → jádro cívky se magnetuje, ale chodí k námibávání ⇒ m. pole se mění (chování)

→ nestacionární m. pole je příčinou vzniku

induzovaného elektromagnetického napětí na

loních vodiče cívky a induzovaného elektrického proudu cívky

⇒ měří loniční cívky vzniklé induzované elektrické pole

→ magnetický indukční tok - $\Phi = \vec{\phi}$

→ fyzičtí veličina popisující elektromagnetickou indukci a nestacionární mag. pole

→ plocha S - ohrazená daným vodičem/kávitem

• n = normála = kolmice k ploše S

• α = úhel, který svírá n s mag. indukcí \vec{B}

⇒ $\Phi \sim$ množství m. i. čar, které protékají plochou S

$$\underline{\Phi = B \cdot S \cdot \cos(\alpha)} \quad [\Phi] = T \cdot m^2 = W_b = \text{Weber}$$

→ změna mag. ind. toku

$$\cos(180^\circ) = \sin(90^\circ - \alpha)$$

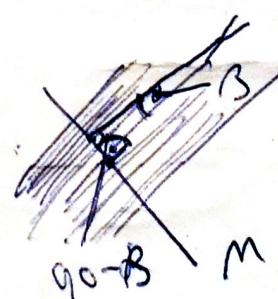
- při změně magnetické indukce

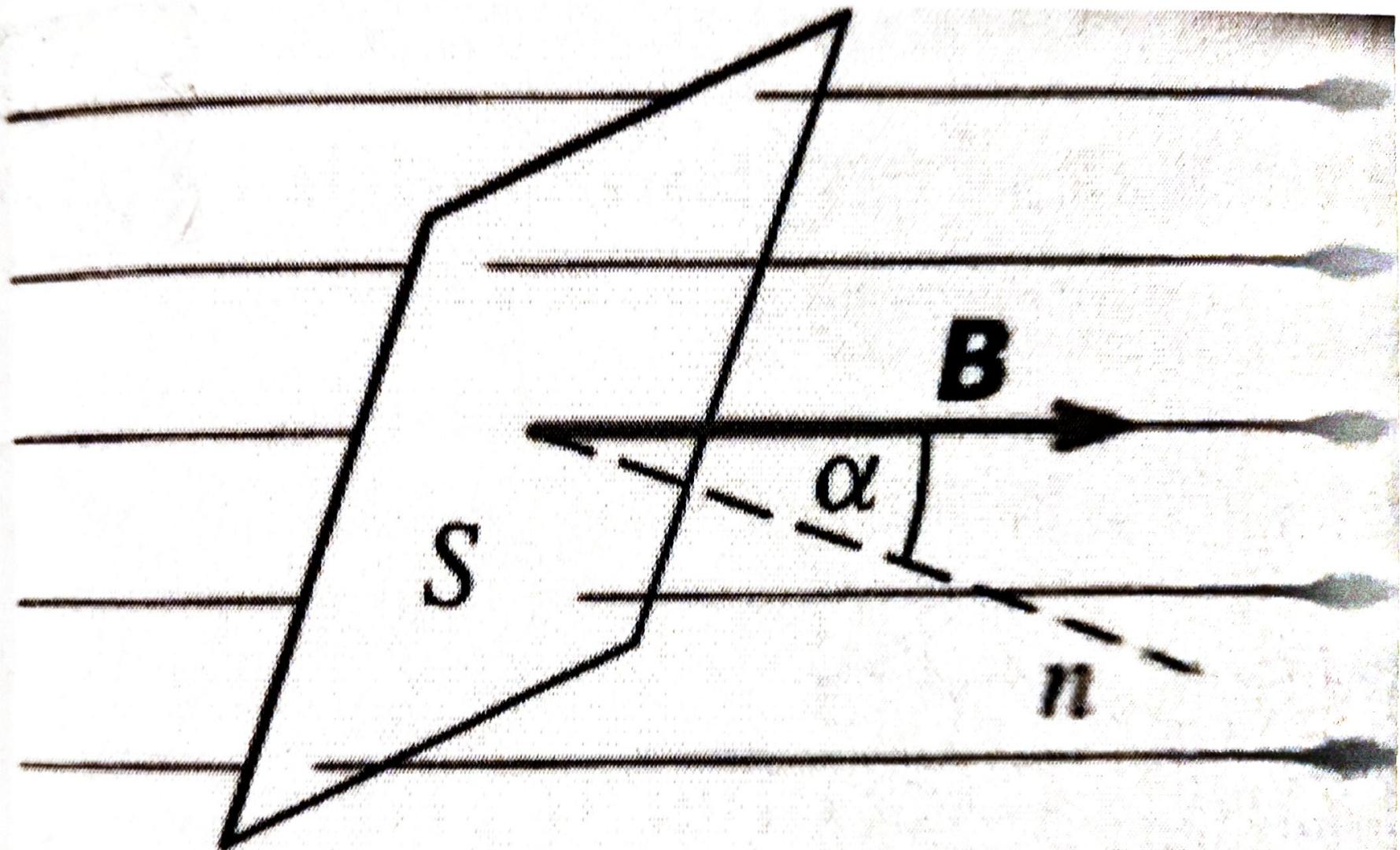
- při změně velikosti plochy

- při změně polohy plochy

$$\Phi = B \cdot S \cdot \sin \beta$$

↑ pokud $\beta = \text{úhel, který směr normály S s čarami}$





8-3 K výkladu pojmu magnetický
indukční tok

Farradajův zákon

→ jestliže magnetický indukční lze plochou ohrazenou vodičem se za čas Δt změnit o $\Delta\phi$, poté se na koncích vodiče indukuje elektromagnetické napětí

$$U_i = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \rightarrow \Theta určuje orientaci$$

$$\Rightarrow velikost: |U_i| = \frac{|\Delta\phi|}{\Delta t}$$

→ průměrný vodič délky l v homogenném mag. poli s mag. indukcí B

→ když průměrný vodič se otočí do dvou rovnoběžných vodičů,

připojených k voltmetu a pohybuje se do prava rychlosťí v

→ pohybují se i volné elektrony ve vodiči \rightarrow kolmo k indukčním čaram

$$\Rightarrow F_m = B \cdot e \cdot v \quad \rightarrow \text{doprava}$$

VIZ OBRAZEK

→ směr F_m "adolu" - FPPR \Rightarrow vodič dlema má Θ náboj

→ podobně: vodič nahoru má "kladný" náboj

→ mezi vodiči se vytvorí elektrické pole

\Rightarrow intenzita elektrického pole $-E$

$$E = \frac{F_e}{Q} \wedge Q = \text{elektron} \Rightarrow E = \frac{F_e}{e} = \frac{F_m}{e}$$

$$U = E \cdot l = \frac{B \cdot e \cdot v}{e} \cdot l = B \cdot v \cdot l \Rightarrow v = \frac{\Delta l}{\Delta t} \rightarrow \begin{matrix} \text{dráha, kterou} \\ \text{vodič uzaří} \end{matrix}$$

$$U = B \cdot \frac{\Delta l}{\Delta t} = B \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t} \rightarrow \text{zde je plocha se zmenšíla} \quad \text{plocha ohrazená vodičem}$$

$$U = \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \rightarrow U \text{ je srozkové napětí}$$

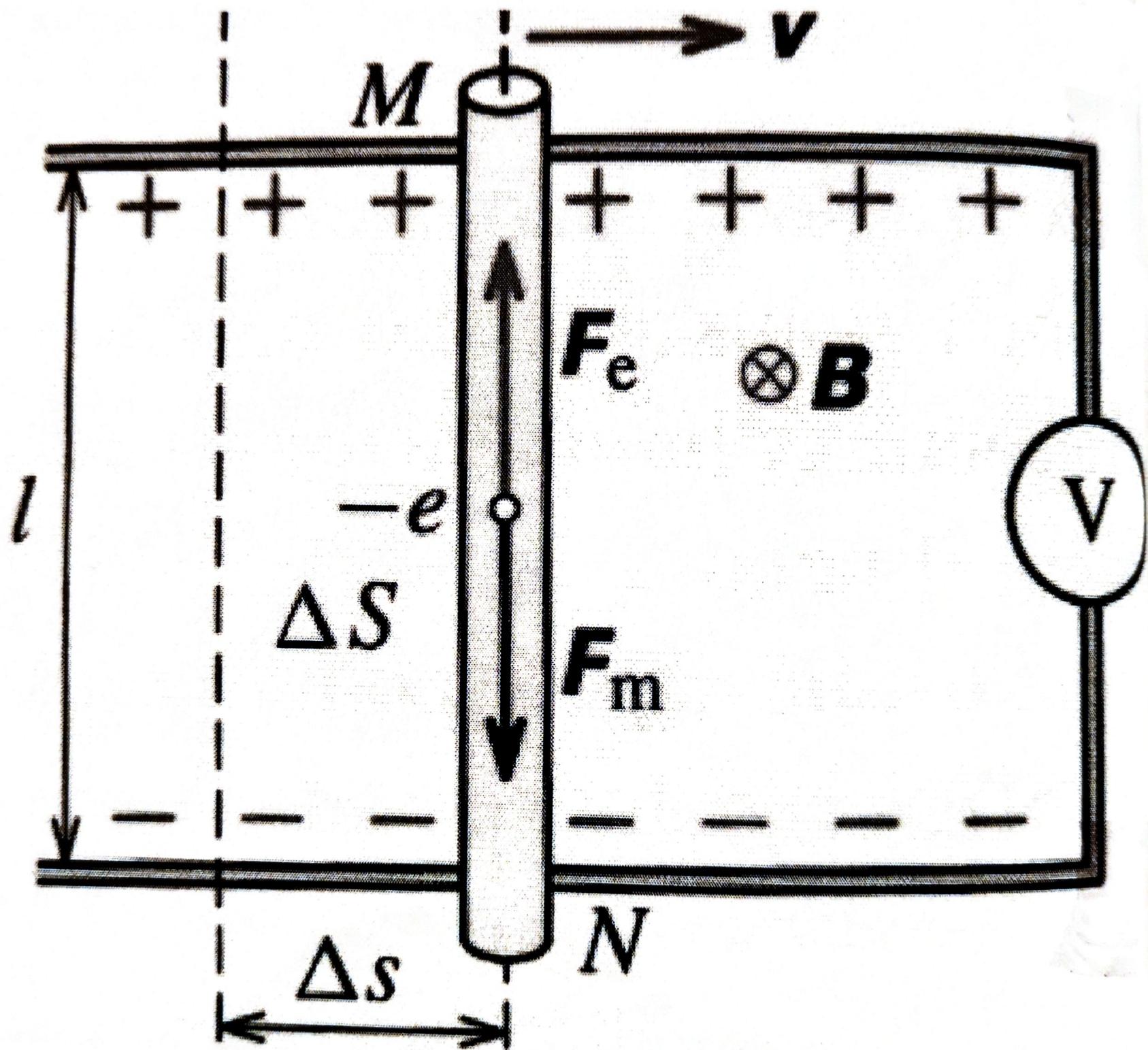
$\rightarrow U_i$ je elektromotorické napětí

\Rightarrow opačná orientace, stejná velikost

$$U_i = -U \wedge |U_i| = |U|$$

$$\boxed{|U_i| = B \cdot v \cdot l}$$

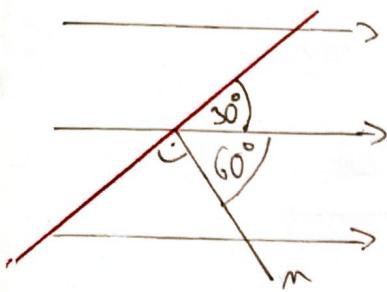
$$[U_i] = V$$



\rightarrow příklady

159) čáry snírají s rovinou úhel $30^\circ = \alpha'$

\Rightarrow s normálou snírají úhel $60^\circ = \alpha$



$$S = 50 \text{ cm}^2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\Delta t = 0,02 \text{ s}$$

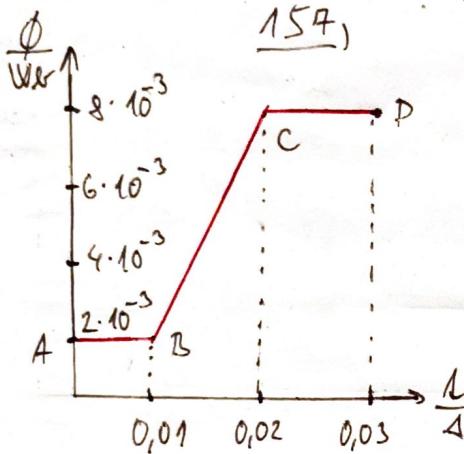
$$B_0 = 0,2 \text{ T}$$

$$B = 0 \text{ T}$$

$$U_i = ?$$

$$|U_i| = \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = S \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \cos \alpha$$

$$|U_i| = 5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,2 - 0,1}{0,02} \cdot \frac{1}{2} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ V} = 25 \text{ mV}$$



• A-B: $\phi = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$ - konstantní

$$\Rightarrow U_i = 0$$

• B-C: $\Delta \phi = 8 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$

$$\Rightarrow U_i = \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{0,01} = 0,6 \text{ V}$$

• C-D: $\phi = 8 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$ - konstantní

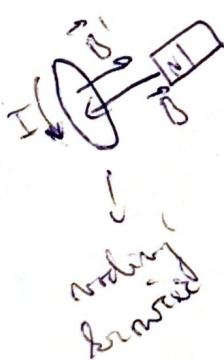
$$\Rightarrow U_i = 0$$

Cm \rightarrow Lenzův zákon

magnet \rightarrow směna mag. indukčního toku plochou ohraničenou hliníkovým provlékem vytváří v srovádce vznik indukovaného elektrického proudu I_i

pravidlo → směr proudu je takový, že svým magnetickým polem působí směrem proti směru změny indukčního toku $\Delta \phi$

a) $\Delta \phi > 0 \Rightarrow$ pokud směr I_i je takový, že \vec{B}' (vlastního indukovaného mag. pole) je opačný, než \vec{B} (pole permanentního magnetu) - $8 \cdot 10^{-3} \text{ A}$

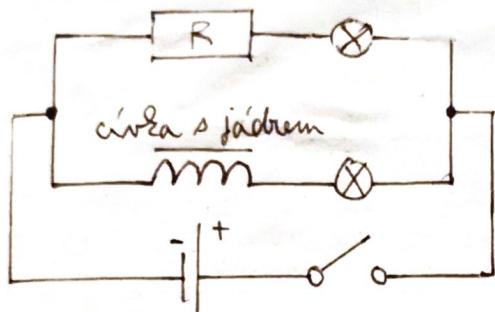


b) $\Delta \phi < 0 \Rightarrow \vec{B}'$ je souhlasného směru s $\vec{B} - 8 \cdot 10^{-3} \text{ A}$

$$\Rightarrow I_i = \frac{|U_{il}|}{R} \quad [I_i] = A$$

→ L.Z: Indukovaný el. proud I_i v mazaném obvodu má takový směr, že svým mag. polem působí proti směru magnetického indukčního pole, která je příčinou jeho vzniku

- Vlastní indukce - fyzičtí jev



- károvka u rezistoru se rozsvítí okamžitě
- károvka u cívky se rozsvítí později
⇒ příčina = vlastní indukce

→ mazaný obvod ⇒ proud obvodem postupně narůstá

⇒ mag. pole cívky s proudem je chvíli nestacionární

⇒ v cívce vzniká indukované el. pole

⇒ vzniká U_i opačné polarity než má zdroj obvodu

⇒ podle Lensova ráckona působí indukované el. pole

proti směru mag. pole cívky ⇒ vlastního mag. pole

⇒ cívka sama sobě brání v narůstání proudu cívky

= vlastní indukce

→ mag. indukční kolo cívky

$$\mathcal{E} = L \cdot I$$

I = proud cívky schopnost cívky
 dvojit m. pole

L = induktivnost cívky

$$[L] = \text{Wb} \cdot \text{A}^{-1} = \text{H} = \text{Henry}$$

↳ charakterizuje cívku

$$\Rightarrow U_i = -\frac{\Delta \mathcal{E}}{\Delta t} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow |U_i| = \frac{|L \cdot \Delta I|}{\Delta t} = L \cdot \frac{|I|}{\Delta t}$$

Přechodný čej

- obvod ve sloučení je cívek s indukčností L
- spínací sepně ⇒ vzniká napětí obvodem
⇒ na cívce se indukuje U_i , sloučení má opačnou polaritu, než elektromotorické napětí zdroje U_e
- proud narůstá nejdříve rychle, pak pomaleji a po dosažené hodnoty I_0 se už nemění ← pak $U_i = 0$
- s počesem vzniku směny proudu sleduje velikost U_i
 $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \text{rychlosť změny } I \rightarrow U_i = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow \Delta I = 0 \Rightarrow U_i = 0$
- rozloží se obvod ⇒ $\Delta I < 0 \Rightarrow U_i > 0 \wedge U_e = 0 \Rightarrow I = \frac{U_i}{R}$
⇒ U_i rychle roste a pak klesá sleda

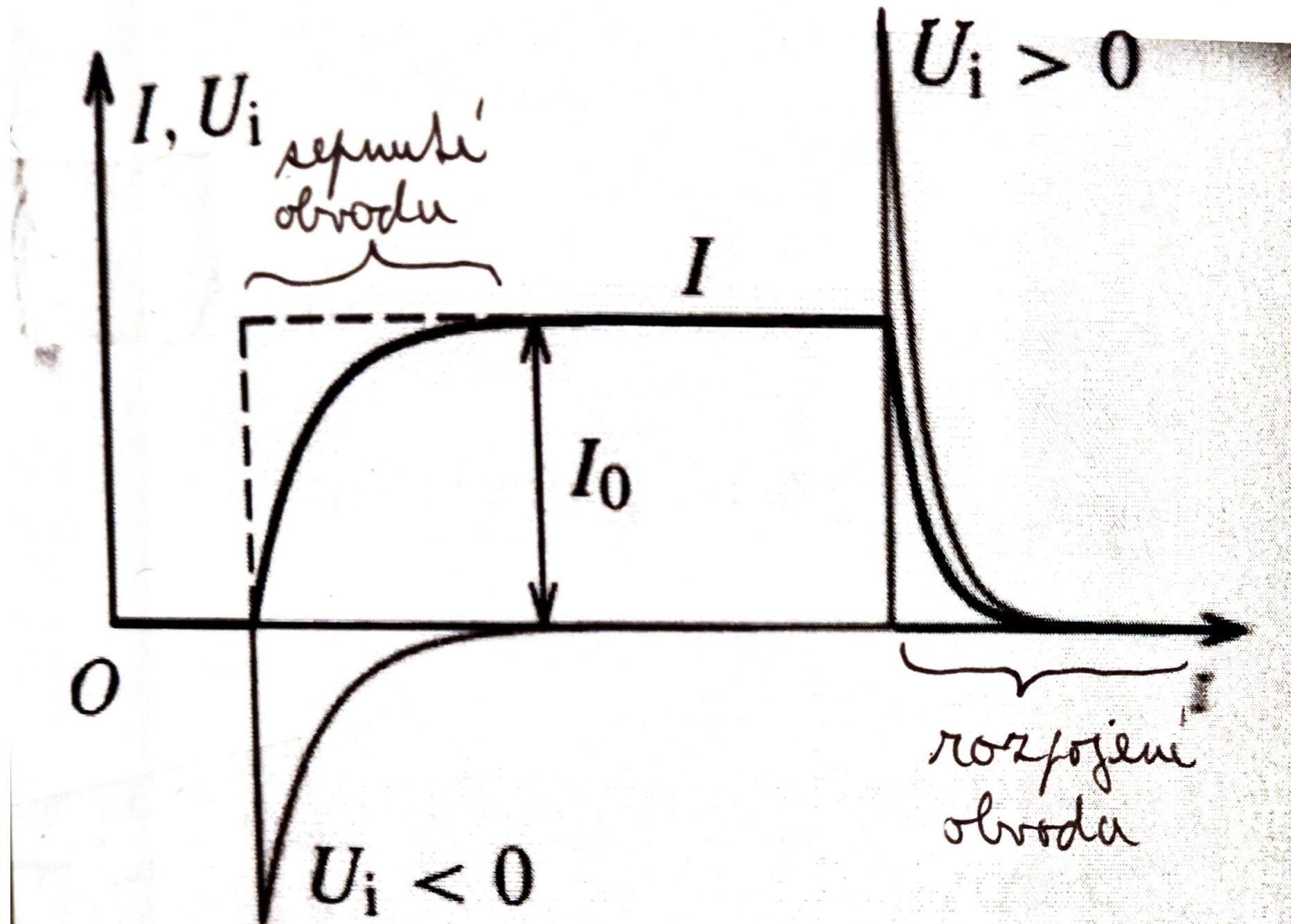
$$I = \frac{U_e + U_i}{R} = \frac{U_e - L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}}{R} \rightarrow \text{řešice to popisuje}$$

Energie magnetického pole cívky

$$E_m = \frac{1}{2} L \cdot I^2 \quad - I = \text{pruž obvodem}$$

Víkoly

- pruž se změní jen když se něco rovnalo / změnilo
⇒ pohybem s pravítom
- pruž jen když se něco nejde změnit
⇒ zajímá něj jen velikost



8-14 Časový diagram přechodného děje

18 - Elektromagnetická indukce

- 1) V homogenním magnetickém poli se kolmo k indukčním čárám pohybuje přímý vodič délky 1,8 m rychlostí 6 m.s^{-1} . Na koncích vodiče je indukováno napětí 1,44 V. Vypočítej magnetickou indukci pole.
- 2) Rovnoměrnou změnou proudu v cívce o 2 A za čtvrt sekundy se na koncích cívky indukovalo napětí 20 mV. Jaká je indukčnost cívky?
- 3) Půlkruhová vodivá smyčka o poloměru 20 cm o elektrickém odporu 2Ω se nachází v homogenním magnetickém poli. Vektor magnetické indukce je kolmý na rovinu smyčky a jeho velikost se zmenšuje každou sekundu o 50 mT.

Vypočítej:

- a) elektrické napětí indukované ve smyčce
- b) velikost indukovaného proudu
- c) množství Joulova tepla uvolněného za 5 s.

ELEKTROMAGNETICKÁ INDUKCE

1) $l = 1,8 \text{ m}$ $V_i = \frac{W}{q} = \frac{F_m \cdot l}{q} = \frac{q \cdot N \cdot B \cdot l}{q} = N \cdot B \cdot l$
 $N = 6 \text{ m/s}$

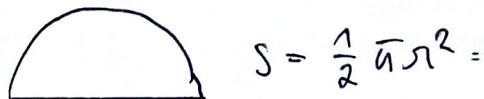
$\frac{V_i = 1,44 \text{ V}}{B = ?}$

 $B = \frac{V_i}{Nl} = \frac{1,44}{6 \cdot 1,8} \text{ T} = \underline{\underline{0,25 \text{ mT}}}$

2) $\Delta I = 2 \text{ A}$ $\phi = L \cdot I \Rightarrow L = \frac{\Delta \phi}{\Delta I} = \frac{V_i \cdot \Delta I}{\Delta I}$
 $\Delta I = 0,25 \text{ A}$
 $\frac{V_i = 2 \cdot 10^{-2} \text{ V}}{L = ?}$

$L = \frac{2 \cdot 10^{-2} \cdot 0,25}{2} \text{ H} = \underline{\underline{0,25 \text{ mH}}}$

3) $r = 0,2 \text{ m}$



$S = \frac{1}{2} \pi r^2 =$

a) $V_i = -\frac{\Delta \phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B \cdot S}{\Delta t} = 50 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{2} \pi \cdot 0,2^2 \text{ V}$
 $= 25 \pi \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{25} \text{ V} = \underline{\underline{\pi \text{ mV}}}$

a) $V_i = ?$

b) $I_i = ?$

c) $A = 5 \text{ A}, Q_j = ?$

b) $V = RI \Rightarrow I = \frac{V_i}{R} = \frac{\pi}{2} \text{ mA}$

c) $Q_j = W = Q \cdot U = I \cdot V \cdot A$

$Q_j = \frac{\pi}{2} \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot 10^{-3} \cdot 5 \text{ J} = \underline{\underline{25 \mu \text{J}}}$