

# Stacionární magnetické pole



# Stacionární magnetické pole

magnetické pole ve vakuu

$$\vec{F} = Q(\vec{v} \times \vec{B}) \quad F = QvB \sin \varphi$$

$\vec{B}$  magnetická indukce

Povrch neutronové hvězdy	$10^8$ T
Elektromagnet s kontinuálním mg. polem (2019)	45,5 T
Elektromagnet v ITER	11,6 T
CERN, urychlovač LHC	8 T
Magnety pro MRI v medicíně	3 T
Neodymový magnet	1 T
Blízko malého tyčového magnetu	$10^{-2}$ T
Na povrchu Země	$10^{-4}$ T
Nejnižší hodnota v magneticky stíněné místnosti	$10^{-14}$ T

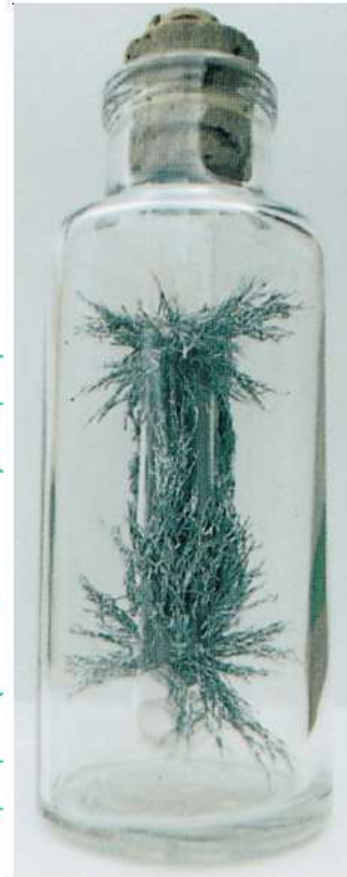
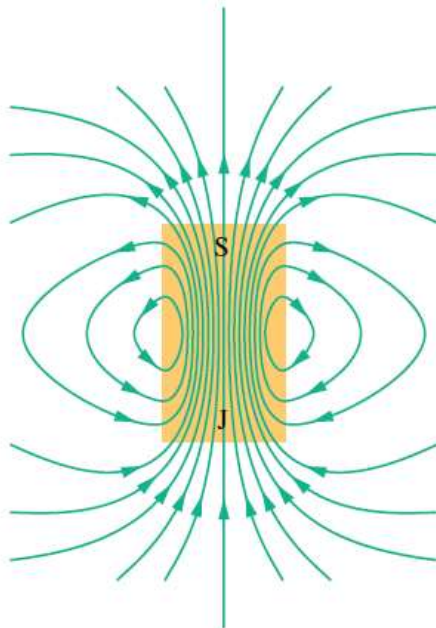


# Videa

$$A = \int \vec{F} \cdot d\vec{r} = 0$$

Stacionárním magnetickým polem nelze dodávat energii nabitým částicím.

Magnetické indukční čáry



$\vec{B}$  je v každém bodě tečnou

Velikost magnetické indukce lze vystihnout hustotou indukčních čar.

Magnetické indukční čáry jsou uzavřené křivky.

Halliday, Resnik, Walker:  
Fyzika, Prometheus, 2003

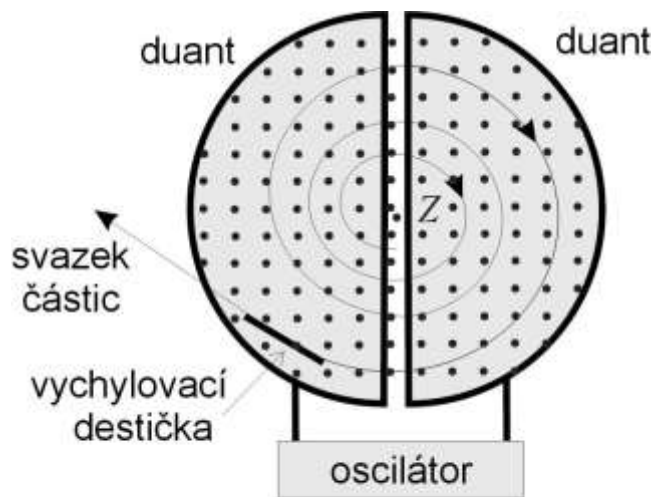
$$\vec{F} = Q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

Lorentzova síla

$$\vec{E} = 0 \quad \vec{F} = Q(\vec{v} \times \vec{B}) \quad \vec{v} \perp \vec{B}$$

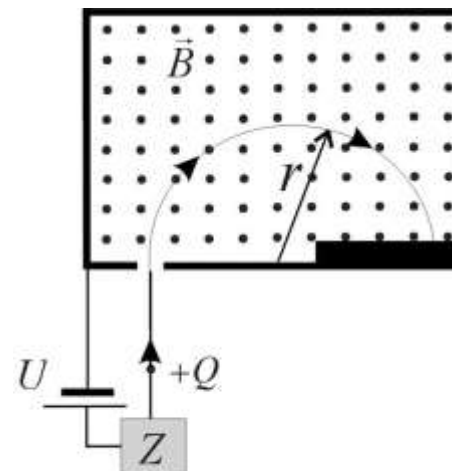
$$QvB = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv}{QB}, \quad \omega = \frac{QB}{m}$$

## cyklotron

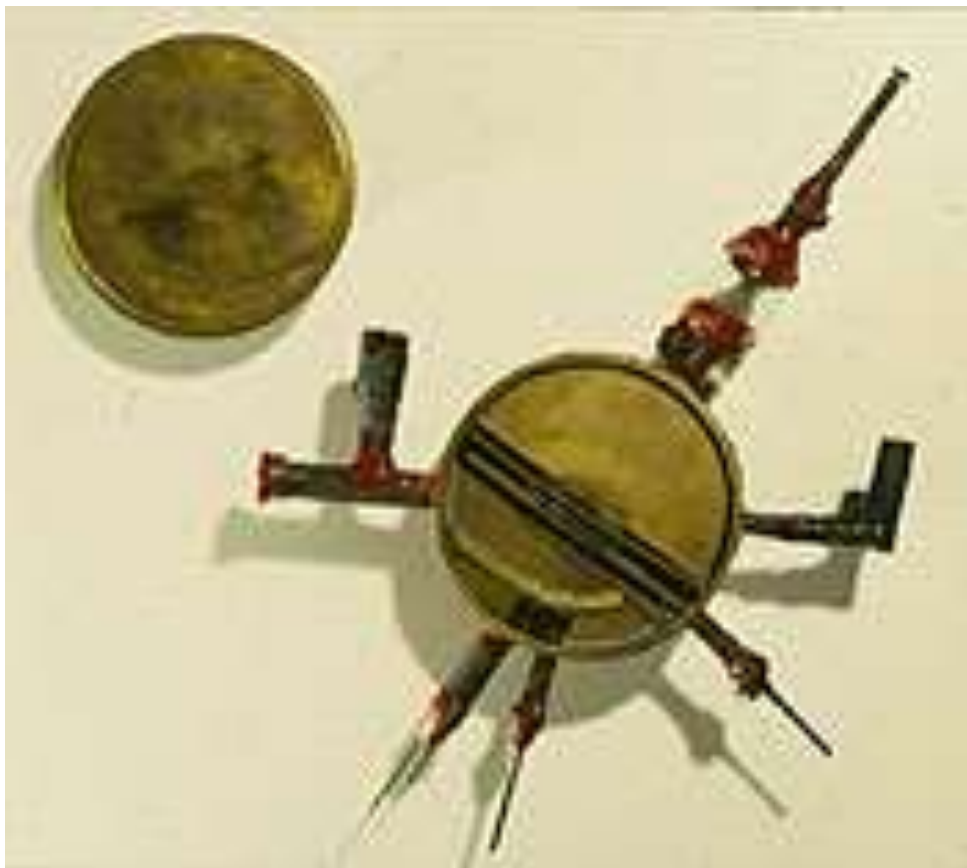


Obr. 2.2

## hmotnostní spektrometr



Obr. 2.3



<http://www.pbs.org/wgbh/aso/databank/entries/dp31cy.html>



[http://www.cez.cz/edee/co  
ntent/microsites/urychl/ka  
p4.htm](http://www.cez.cz/edee/content/microsites/urychl/ka<br/>p4.htm)

## **izochronní cyklotron U-120M**

urychlovací komora o průměru 120 cm

částice energii až 40 MeV a rychlost  $\sim 10^7$  m·s<sup>-1</sup>

urychlovací napětí 34 kV

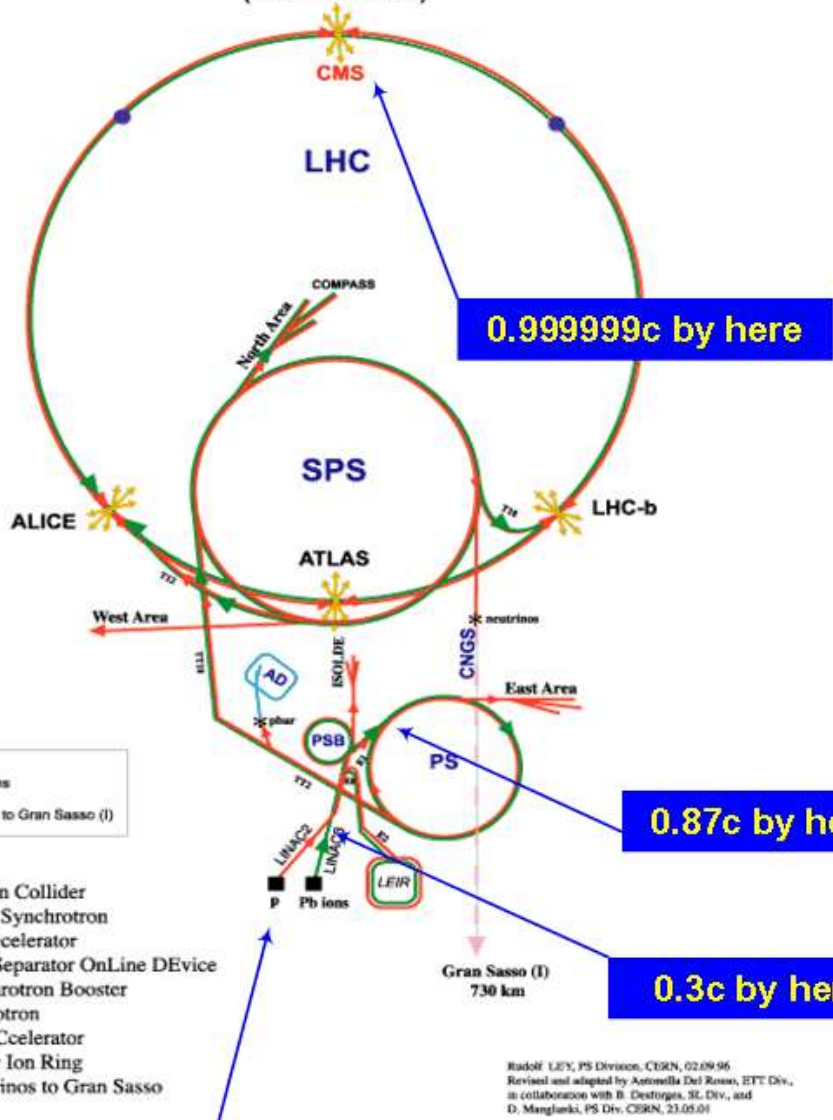


CERN

<http://forum.worldwindcentral.com/showthread.php?t=20452>



# CERN Accelerators (not to scale)

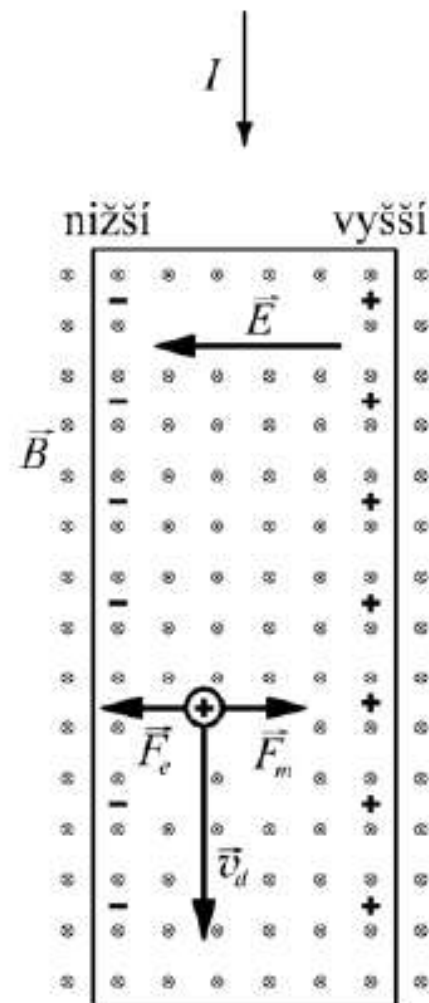
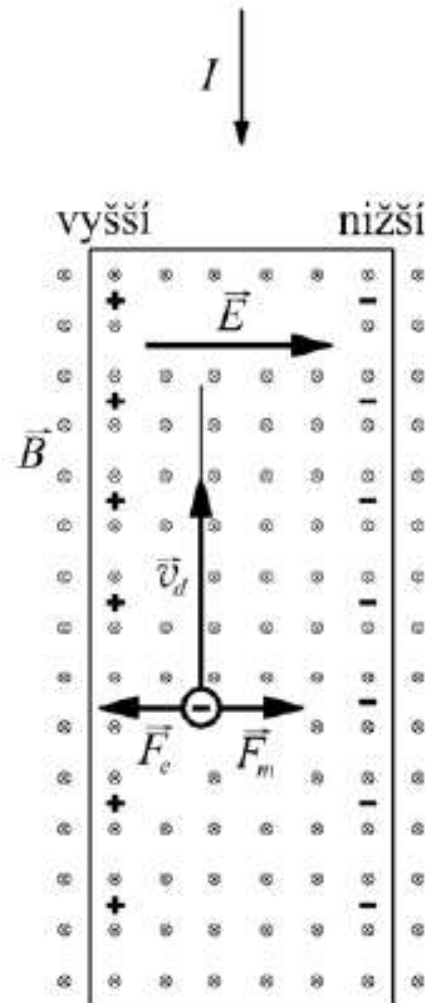
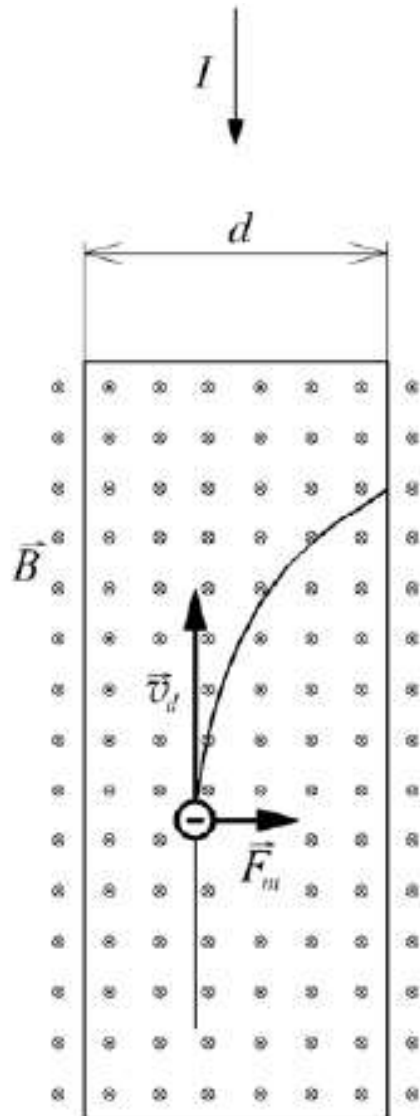


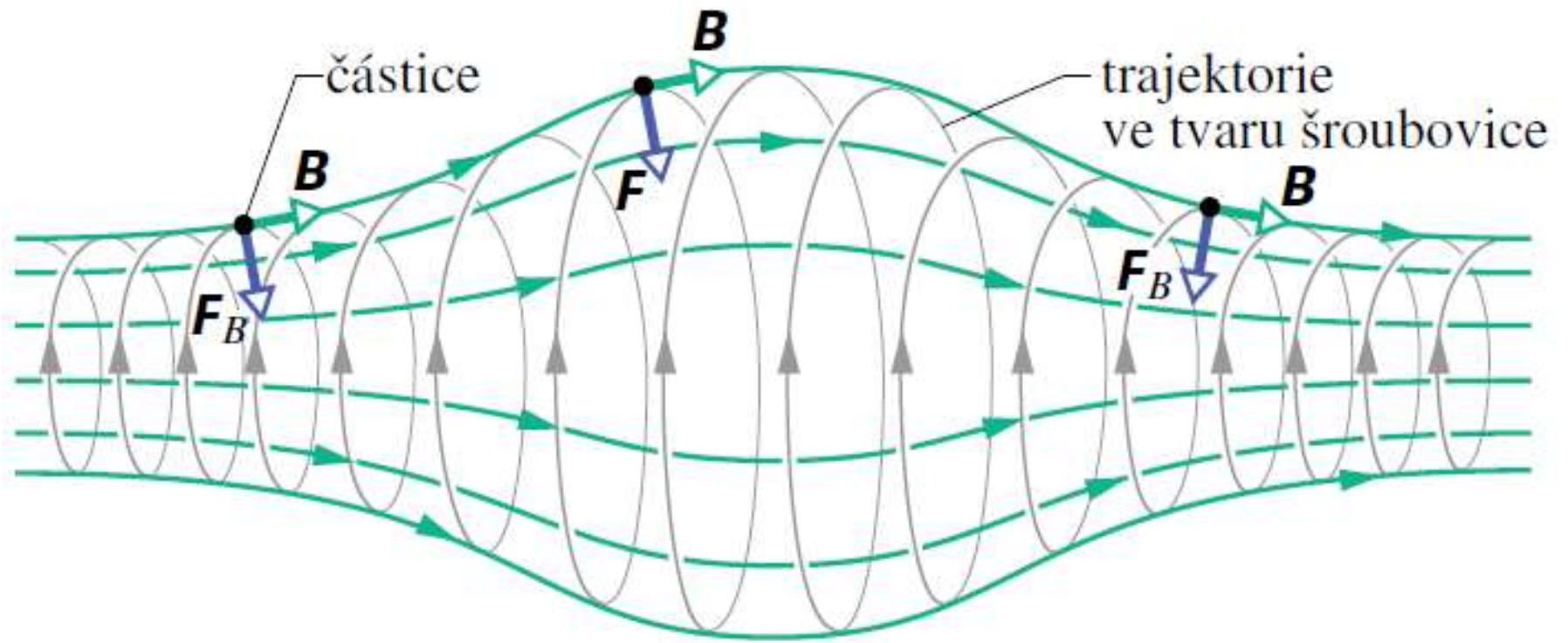
<http://lhc-machine-outreach.web.cern.ch/lhc-machine-outreach/images/complex/Cern-complex.gif>



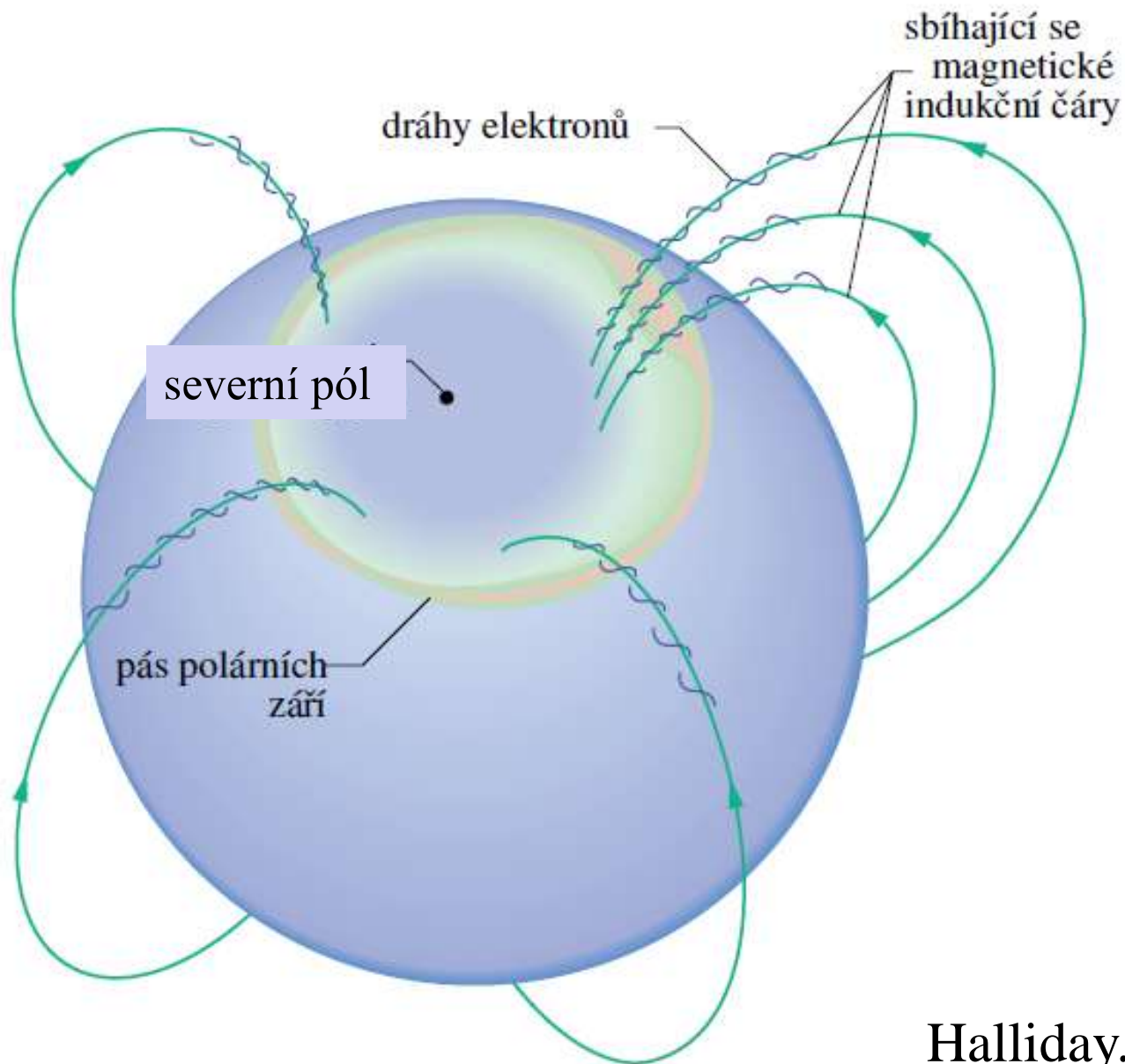
<http://cdsweb.cern.ch/record/905939>

# Hallův jev

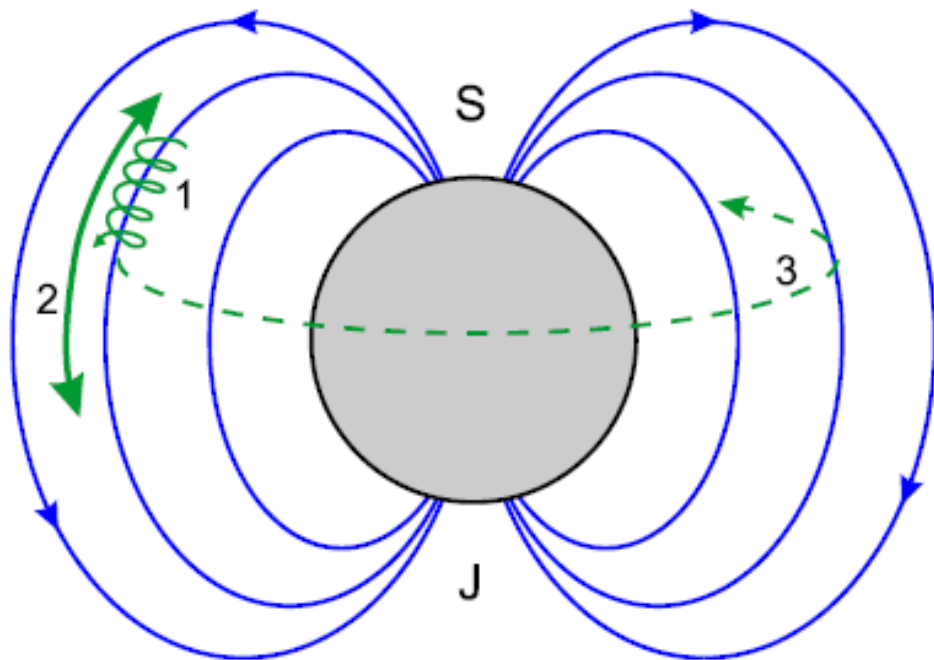




Halliday, Resnik, Walker: Fyzika, Prometheus, 2003

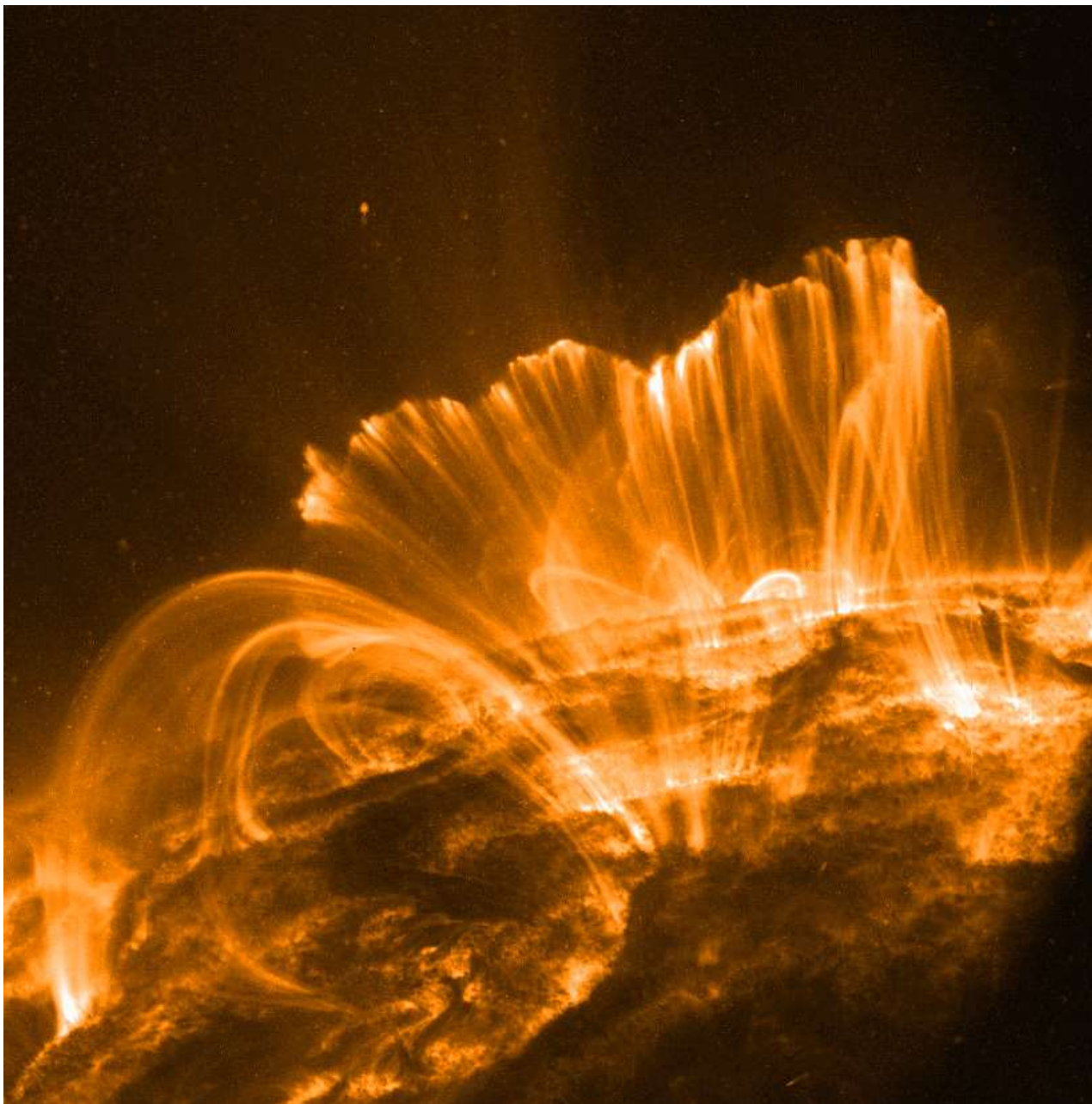


Halliday, Resnik, Walker:  
Fyzika, Prometheus, 2003

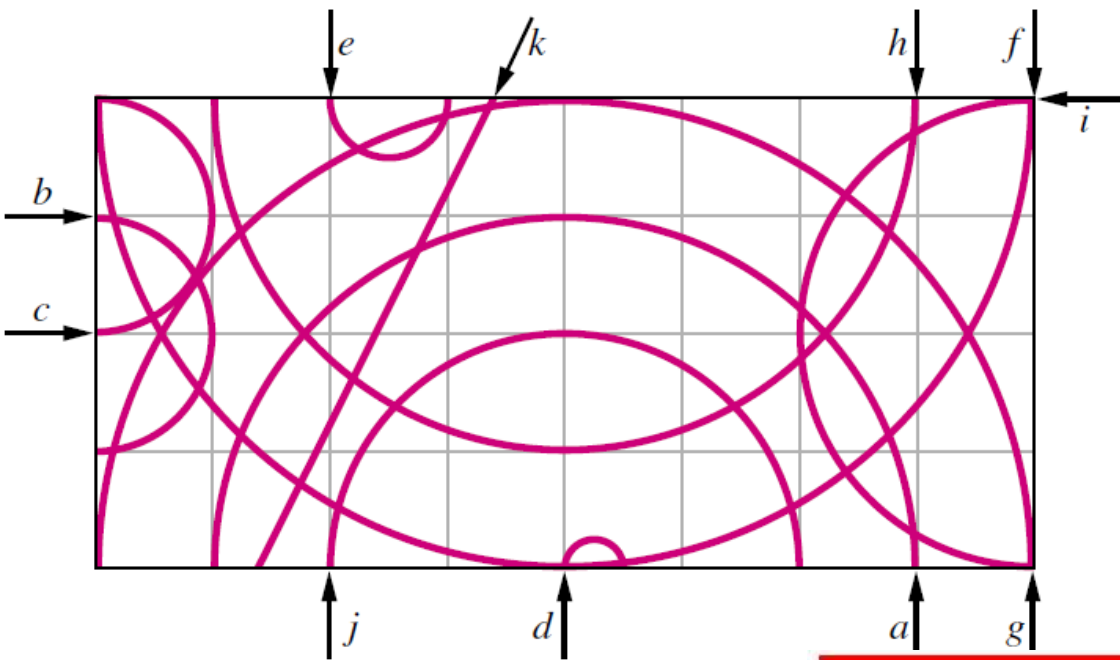


částice	1 – gyrace	2 – pohyb mezi zrcadly	3 – drift
elektron 1 keV	$10^{-4}$ s	4 s	180 h
proton 1 keV	0,14 s	170 s	180 h

Kulhánek, P.: Teorie plazmatu  
[http://www.aldebaran.cz/index\\_08.html](http://www.aldebaran.cz/index_08.html)



[http://trace.lmsal.com/POD/images/arcade\\_9\\_nov\\_2000.gif](http://trace.lmsal.com/POD/images/arcade_9_nov_2000.gif)



ČÁSTICE	HMOTNOST	NÁBOJ	RYCHLOST
1	$2m$	$Q$	$v$
2	$m$	$2Q$	$v$
3	$m/2$	$Q$	$2v$
4	$3m$	$3Q$	$3v$
5	$2m$	$Q$	$2v$
6	$m$	$-Q$	$2v$
7	$m$	$-4Q$	$v$
8	$m$	$-Q$	$v$
9	$2m$	$-2Q$	$3v$
10	$m$	$-2Q$	$8v$
11	$3m$	$0$	$3v$

Halliday, Resnik, Walker:  
Fyzika, Prometheus, 2003



<http://fyzweb.cz/materialy/videopokusy/POKUSY/VODICVMGPOLI/INDEX.HTM>

## Síla na vodič protékaný elektrickým proudem

$$\vec{F} = -Ne\vec{v}_d \times \vec{B} = nSev_d \vec{l} \times \vec{B}$$

$$i = nev_d, \quad Si = I$$

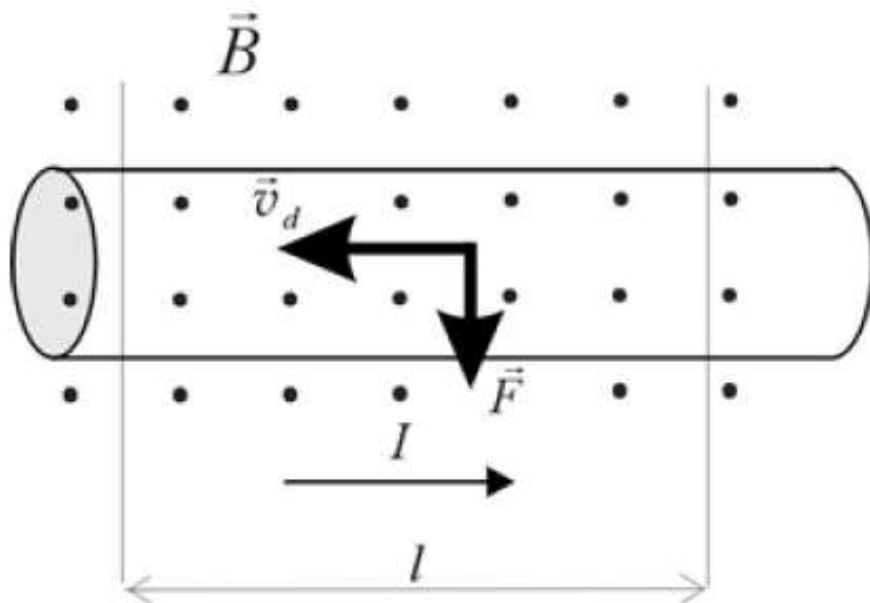
$$\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$$

$$F = IlB \sin \varphi$$

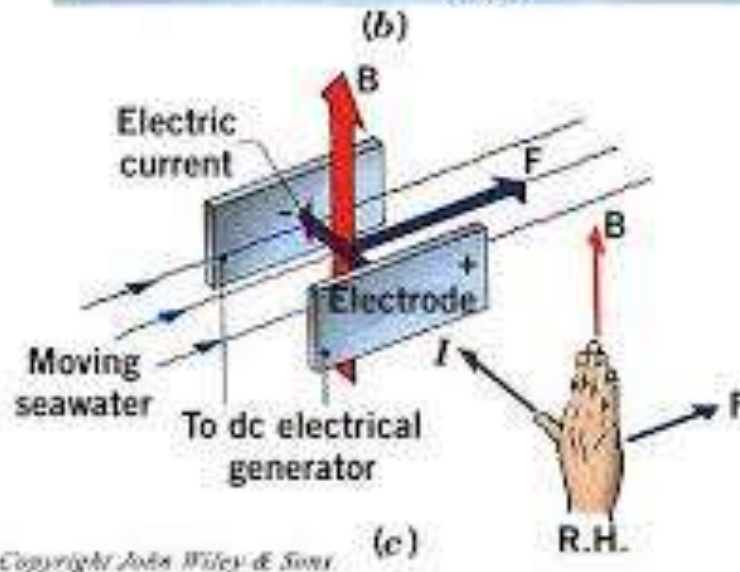
nehomogenní magnetické pole

$$d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = \int_l d\vec{F}$$

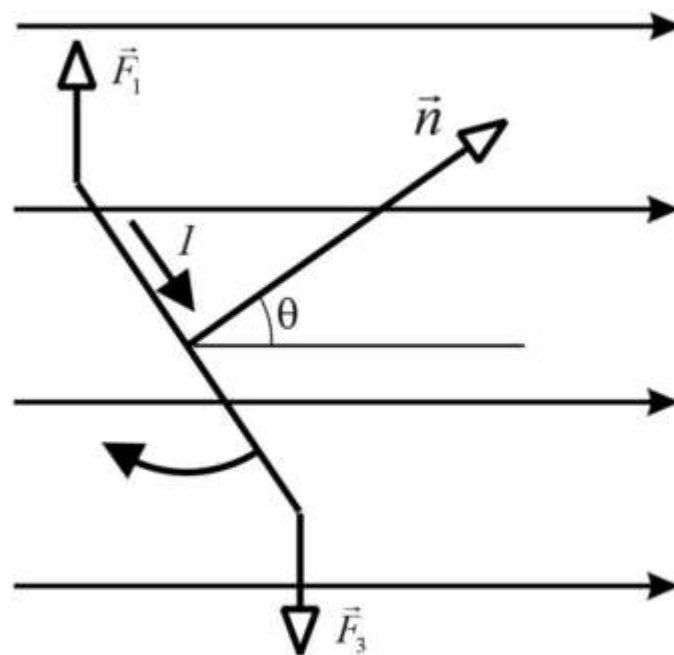
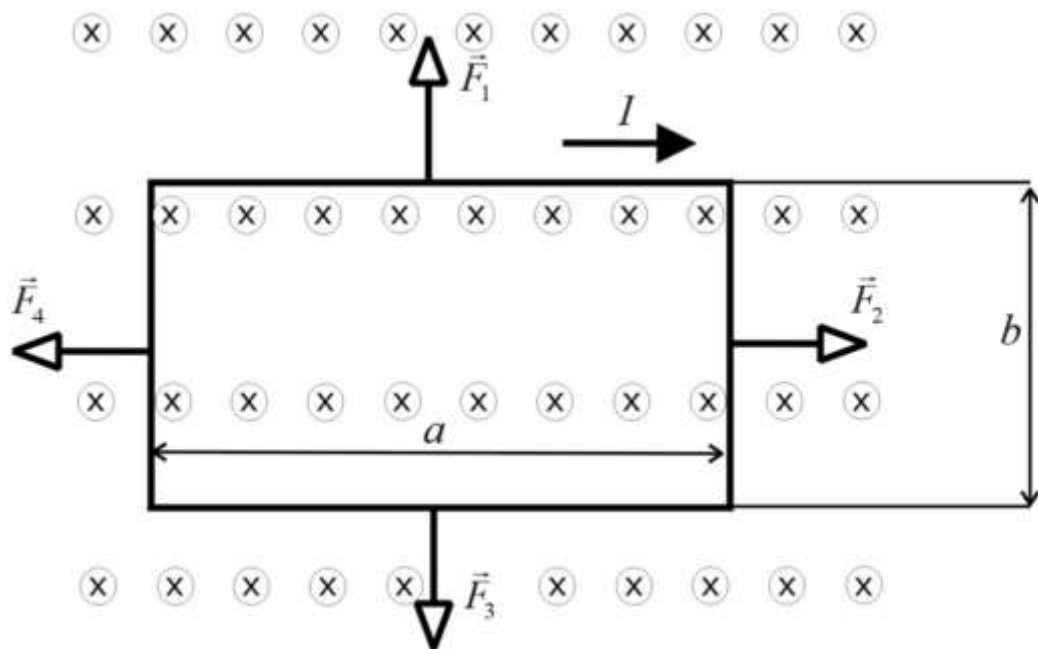


# Magnetohydrodynamický generátor a pohon - MHD



<https://youtu.be/nFsiydplCtw>

# Proudová smyčka v homogenním magnetickém poli



$$M = bF_1 \sin \theta$$

$$F_1 = IaB, \quad (\sin \varphi = 1)$$

$$M = IabB \sin \theta$$

$$\vec{M} = I\vec{S} \times \vec{B}$$

$$\vec{M} = NIS \times \vec{B}$$

moment síly: na smyčku o  $N$  závitech

$$\vec{M} = \vec{p} \times \vec{E}, \quad \vec{p} = Q\vec{l}$$

moment síly: na elektrický dipól

$$\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$$

$$\vec{m} = I\vec{S}$$

magnetický moment

$$W_p = -\vec{m} \cdot \vec{B}$$

$$m = NIS$$

magnetický moment elektronu

$$m = IS = \frac{e}{T} \pi r^2 = \frac{e}{\frac{2\pi r}{v}} \pi r^2 = \frac{1}{2} e v r = \frac{1}{2} e \frac{L}{m_e}$$

$$m = \frac{e}{2m_e} L$$

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

$$\vec{m} = -\frac{e}{2m_e} \vec{L}$$

$$L = rp = rm_e v$$