



FJFI ČVUT - Projekt FYS 2016

Částicový film

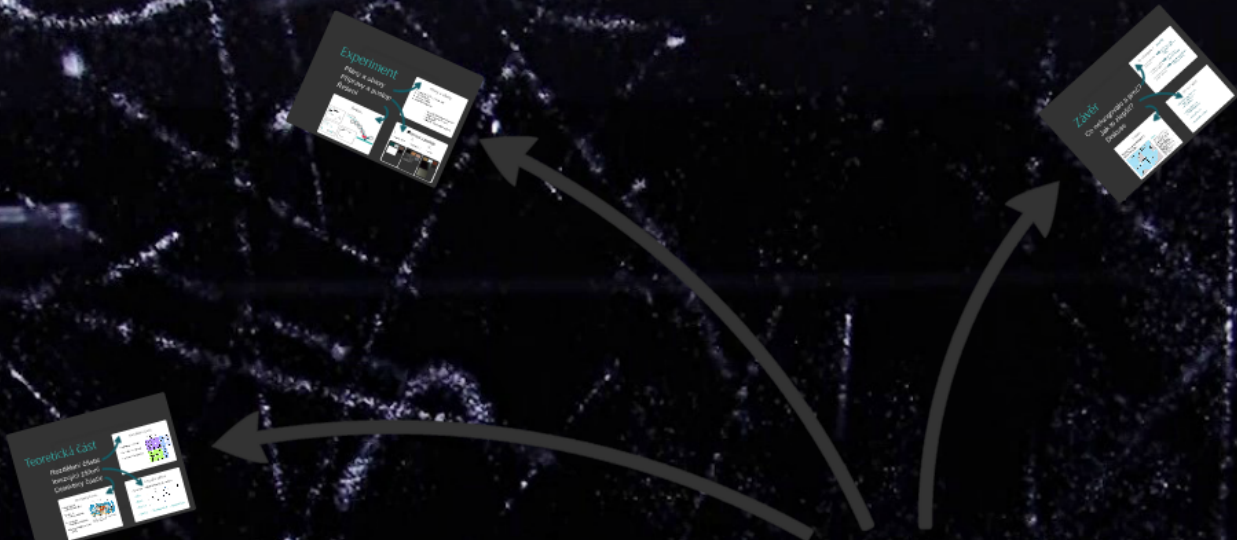
Tomáš Hrubý
Adéla Šolarová
Dominika Popelová

Odborná výpomoc: Ondřej Zajan
Mgr. Kamil Daňek, Ph.D.
RNDr. Radvan Hájek

Obsah

- Teoretická část
- Experiment
- Závěr





FJFI ČVUT - Projekt FYS 2016

Částicový film

Tomáš Hrubý
Adéla Šolarová
Dominika Popelová

Odborná výpomoc: Ondřej Zajan
Mgr. Kamil Daňek, Ph.D.
RNDr. Radvan Hájek

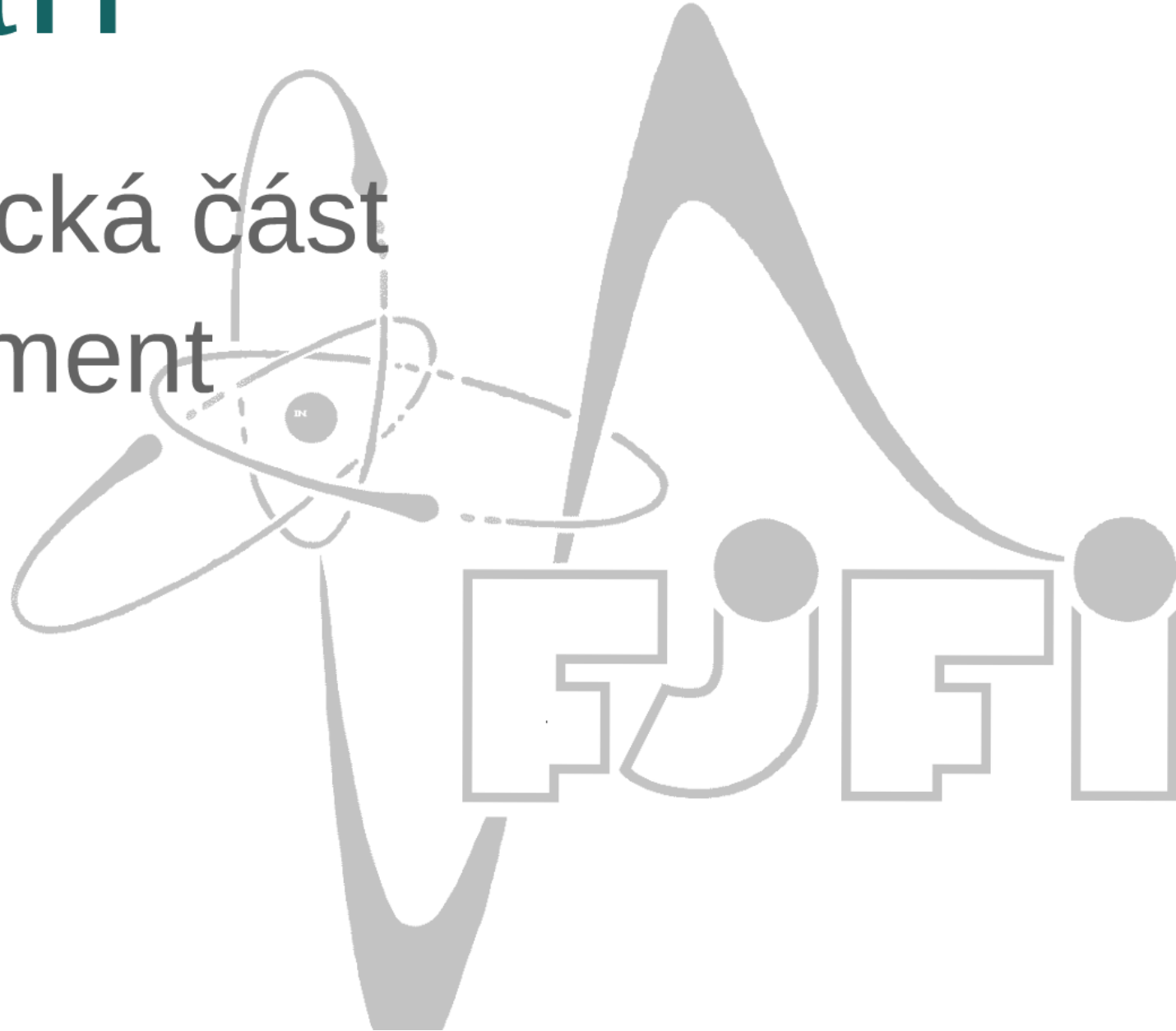
Obsah

- Teoretická část
- Experiment
- Závěr



Obsah

- Teoretická část
- Experiment
- Závěr



Teoretická část

Rozdělení částic Ionizující záření Detektory částic

Rozdělení částic

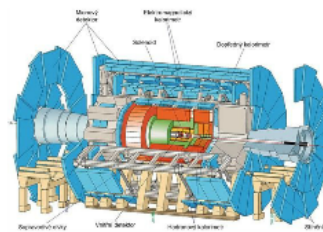
- fermiony - hmota
- k. + ak. - hadrony
- bosony - interakce

Three Generations of Matter (Formions)

	I			II			III			Bosons (Forces)	
mass→	0.005 GeV	1.24 GeV	172.5 GeV	0	0	0	0	0	0	125.7 GeV	H
charge→	2/3	2/3	2/3	0	0	0	0	0	0	0	0
spin→	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	0	0
name→	u up	c charm	t top	γ photon							Higgs
	Quarks			Gluons			Weak Force		Graviton		
	0.005 GeV	0.14 GeV	4.2 GeV	0	0	0	0	0	0	0	0
	-1/3	-1/3	-1/3	0	0	0	0	0	0	0	0
	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1
	d down	s strange	b bottom	g gluon							Graviton
	0.0005 GeV	<0.18 MeV	<18.2 MeV	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1
	ν _e electron neutrino	ν _μ muon neutrino	ν _τ tau neutrino	Z ⁰ weak force							
	0.001 MeV	105 MeV	1.78 GeV	80.4 GeV							
	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1
	e electron	μ muon	τ tau	W [±] weak force							
	Leptons			Weak Force		Weak Force		Weak Force		Weak Force	

Detektory částic

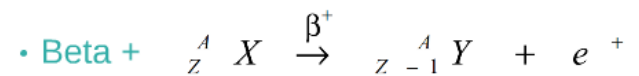
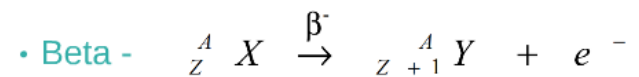
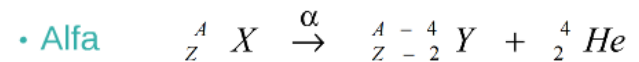
- Polovodičové
 - elektronová díra
- Scintilační
 - ionizace molekul
- Kalorimetry
 - energie zastavením
- Wilsonova mlžná komora
 - dráhy



(ATLAS, CERN - informace o částicích vzniklých při srážce)

Ionizující záření

- ionizace - odtržení elektronů z obalu



- Gama
- Rentgenové
- Neutronové

Rozdělení částic

- fermiony - hmota
- k. + ak. - hadrony
- bosony - interakce

Three Generations of Matter (Fermions)

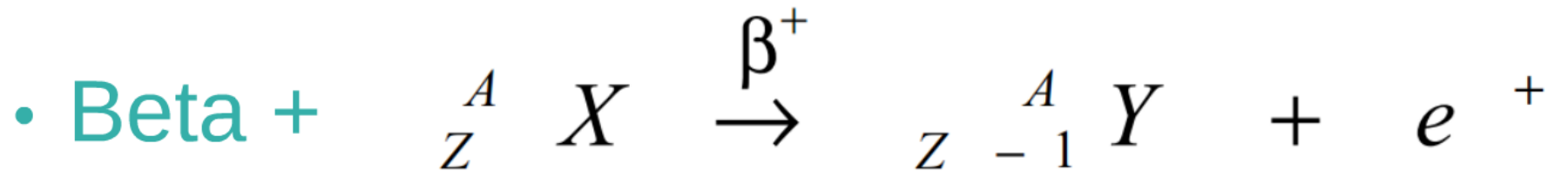
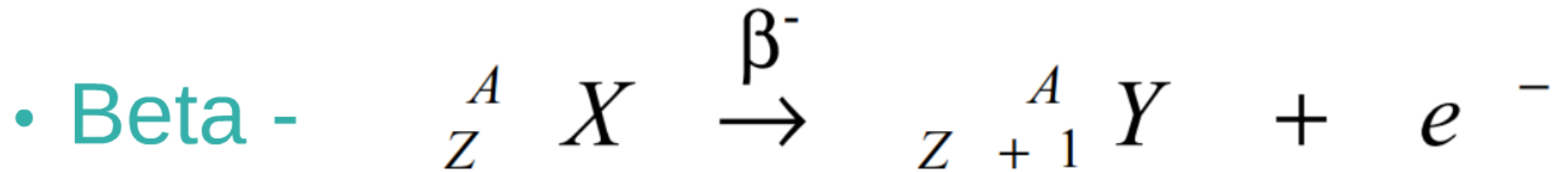
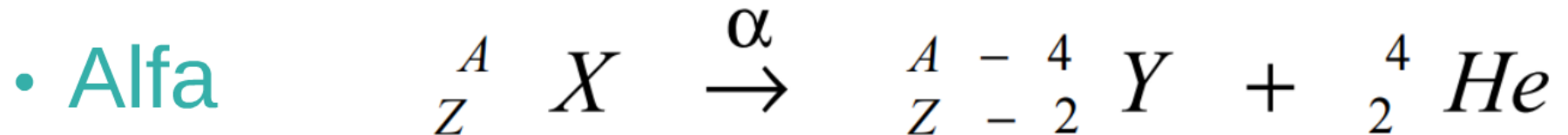
	I	II	III		
mass→	3 MeV	1.24 GeV	172.5 GeV	0	125.7 GeV
charge→	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
spin→	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
name→	u up	c charm	t top	γ photon	H Higgs
	6 MeV	95 MeV	4.2 GeV	0	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	2
Quarks	d down	s strange	b bottom	g gluon	G Graviton
	<2 eV	<0.19 MeV	<18.2 MeV	90.2 GeV	
	0	0	0	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	Z⁰ weak force	
	0.511 MeV	106 MeV	1.78 GeV	80.4 GeV	
	-1	-1	-1	±1	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
Leptons	e electron	μ muon	τ tau	W[±] weak force	

Bosons (Forces)



Ionizující záření

- ionizace - odtržení elektronů z obalu



- Gama
- Rentgenové
- Neutronové

Detektory částic

Polovodičové

- elektronová díra

Scintilační

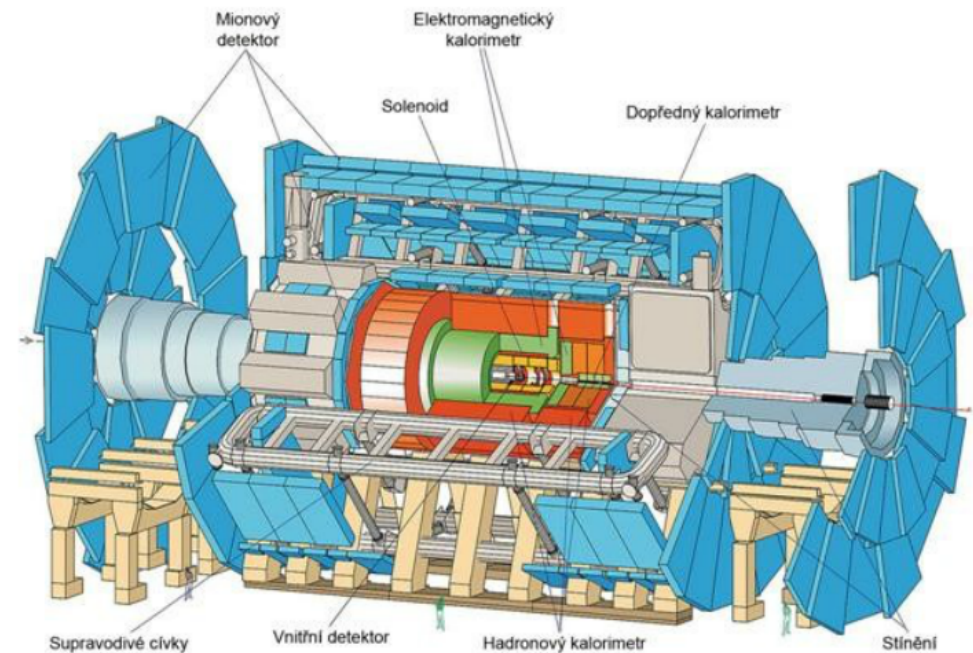
- ionizace molekul

Kalorimetry

- energie zastavením

Wilsonova mlžná komora

- dráhy



(ATLAS, CERN - informace o částicích vzniklých při srážce)

Experiment

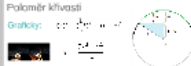
Plány a obavy
Přípravy a postup
Řešení

Plány a obavy

1. zobrazit částice v mag. poli
2. zakřivit dráhu
3. obrázek (kruh)
4. pohyblivá smyčka

- špatná viditelnost v komoře
- slabé magnetické pole
- slabý zářič
- rušivost kosmického záření

Řešení

Potoměr křivosti
Grafiky: 
Z Lorenzovy sily: $F = qvB$
křivosti = $R = \frac{mv}{qB}$

Indukce
Blat-Savartův zákon: $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^3} dV$
Modifikace pro kruhovou smyčku:
 $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$

Trajektorie Pohybová rovnice:

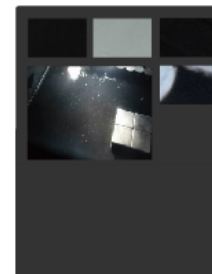


Poslední poznámky
1. Úhel zůstává konstantní vzhledem ke směru magnetického pole.
2. Průměr kruhové dráhy: $r = \frac{mv}{qB}$

Přípravy a postup

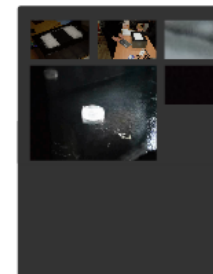
I.

- magnety uvnitř



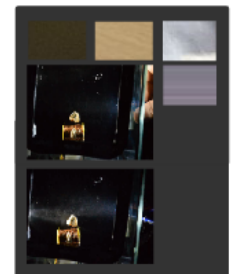
II.

- magnety pod



III.

- cívka





Plány a obavy

1. zobrazit částice v mag. poli
2. zakřivit dráhu
3. obrázek (kruh)
4. pohyblivá smyčka

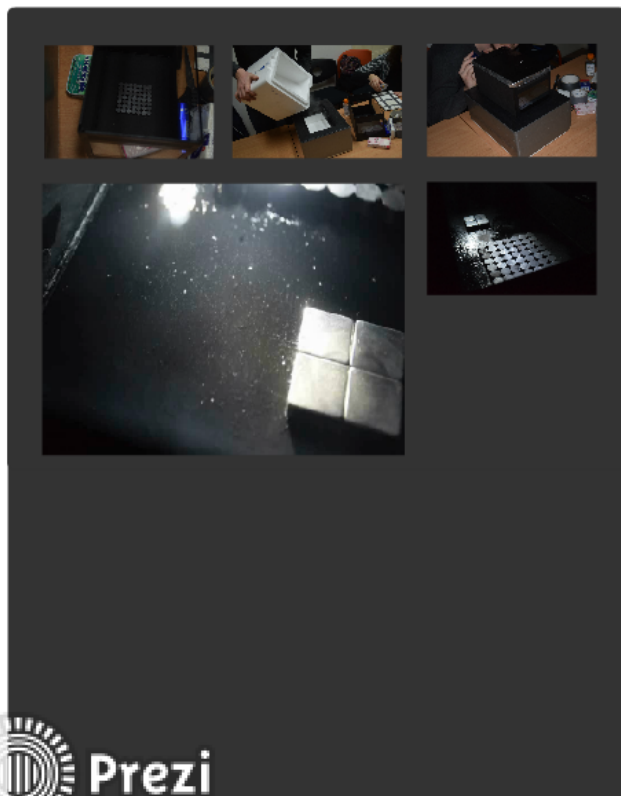
- špatná viditelnost v komoře
- slabé magnetické pole
- slabý zářič
- rušivost kosmického záření



Přípravy a postup

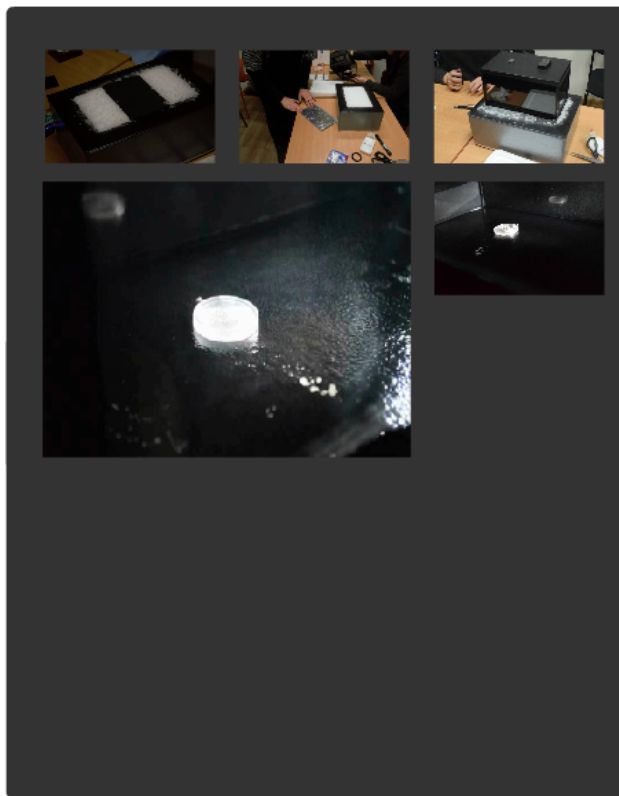
I.

- magnety uvnitř



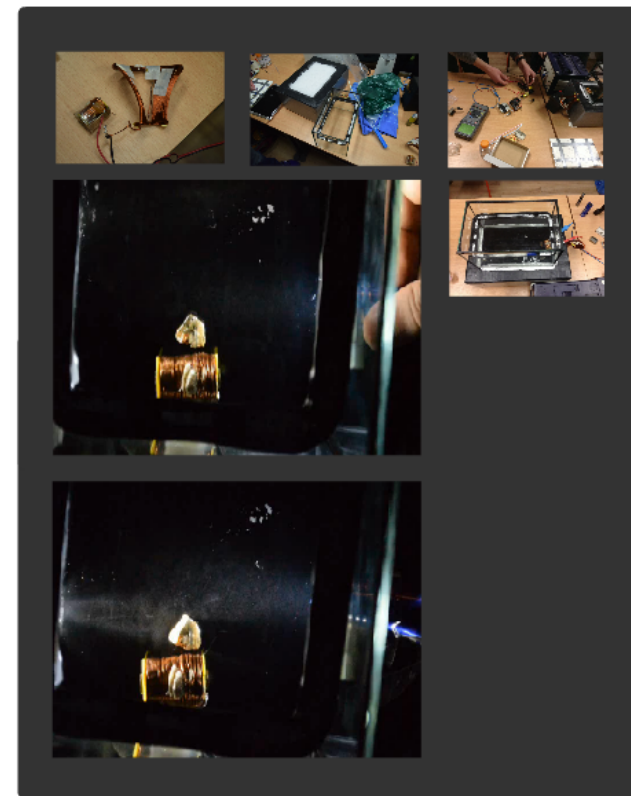
II.

- magnety pod

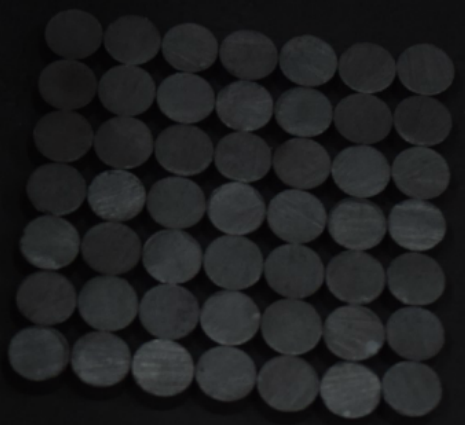


III.

- cívka



VITAMINOVÉ TABLETY
energit
antioxidant
proti škodlivým
vlivům prostředí
vitaminů C, E
s příchutí
ZELÉHO
JABLKA

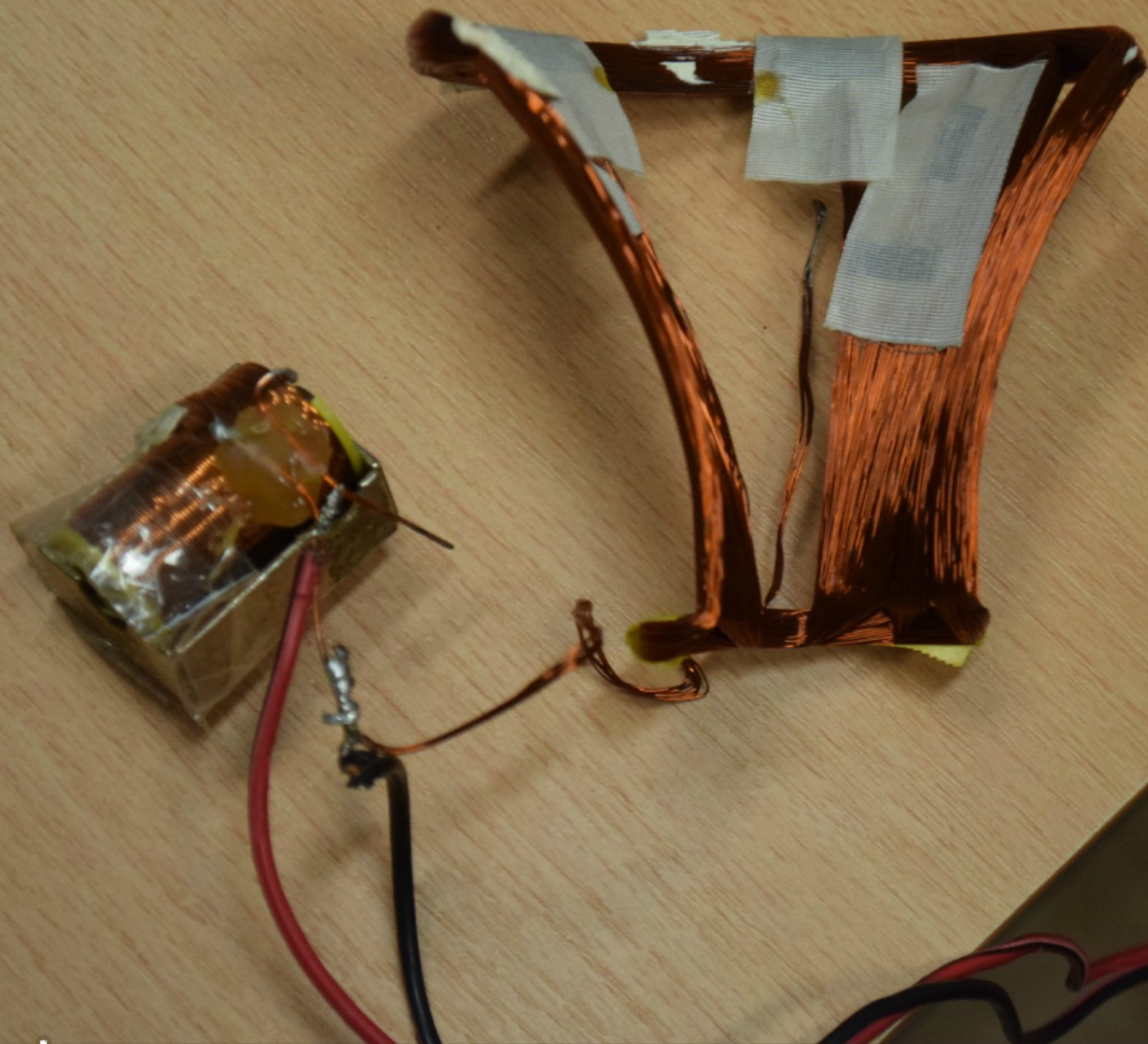


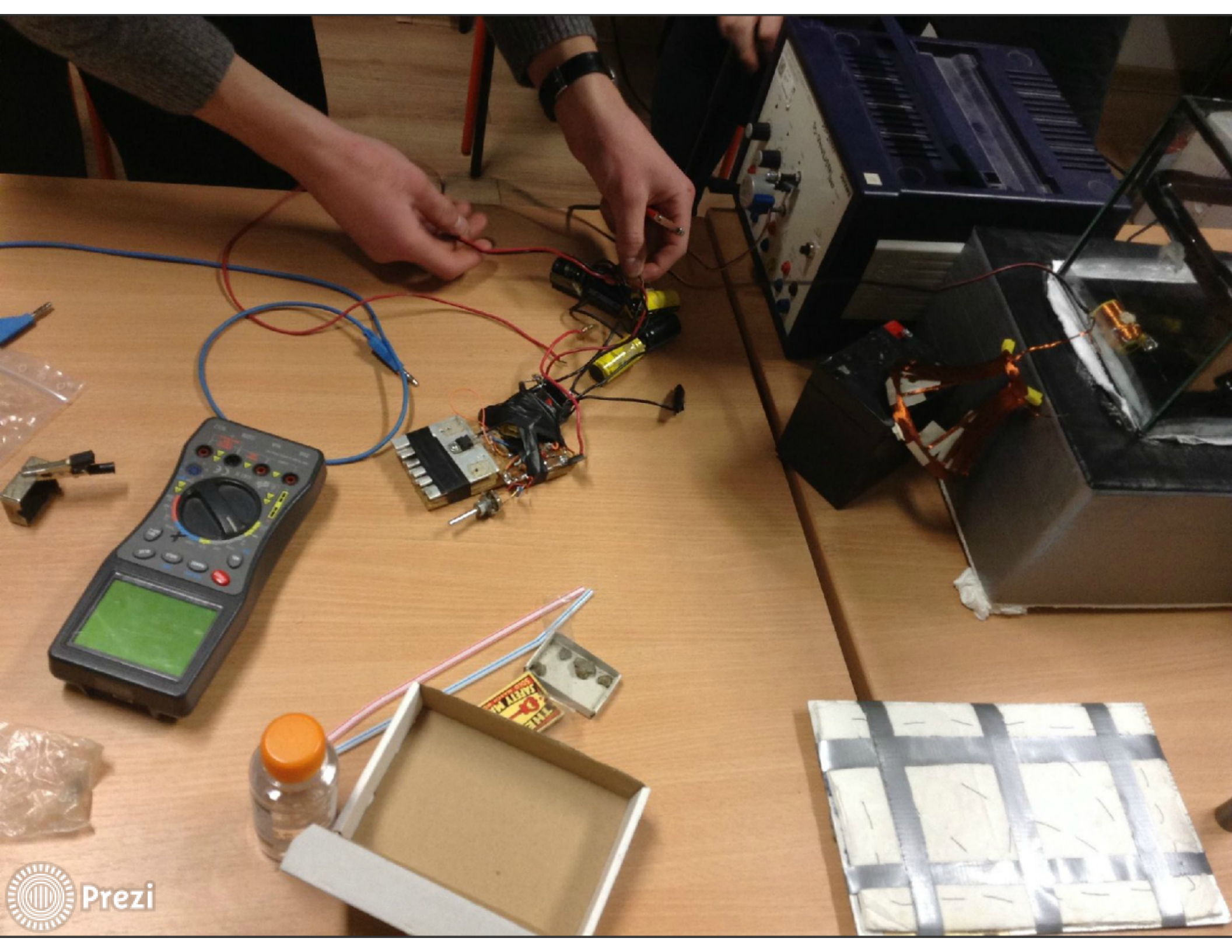










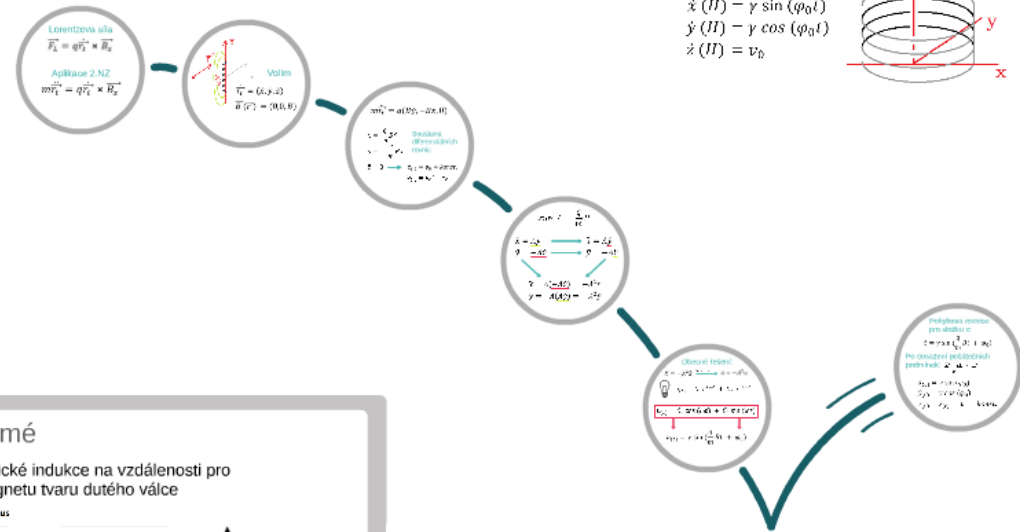




Řešení

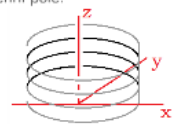


Trajektorie Pohybová rovnice:



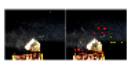
Výsledek pro homogenní pole:

$$\begin{aligned} x(t) &= r \sin(\omega_0 t) \\ y(t) &= r \cos(\omega_0 t) \\ z(t) &= v_0 t \end{aligned}$$

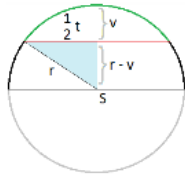


Poloměr křivosti

Graficky: $(r)^2 = (\frac{1}{2}t)^2 + (r-v)^2$



$$r = \frac{\frac{1}{4}t^2 + v^2}{2v}$$



Z Lorentzovy síly:

dotředivá = Lorentzova

$$r = \frac{mv}{qB}$$



$$\begin{aligned} m\omega v &= qvB \\ \frac{v^2}{r} &= qvB \end{aligned}$$

m, v, q ... hmotnost, rychlost a náboj částice
 B ... mag. indukce
 r ... poloměr křivosti

Indukce

Biot-Savartův zákon: $B(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} I \oint \frac{d\vec{s} \times \vec{r}}{r^3}$

vztah mezi indukcí, proudem a geometrickým uspořádáním vodiče v prostoru

Modifikace pro kruhovou smyčku:

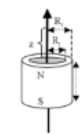
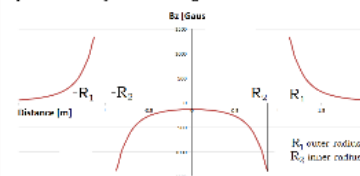
$$B(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int_0^{2\pi} \frac{(r \cos\phi d\phi, -r \sin\phi d\phi, 0) \times \vec{r}}{r^3}$$

$$\rightarrow r = \frac{mv}{qB(\vec{r})}$$



Poslední neznámé

1. Graf závislosti magnetické indukce na vzdálenosti pro zjednodušený model magnetu tvaru dutého válce



H_0 vnější vodiče
 H_1 uvnitř vodiče

2. Proud naměřená hodnota:
 $I = 480 \text{ mA}$

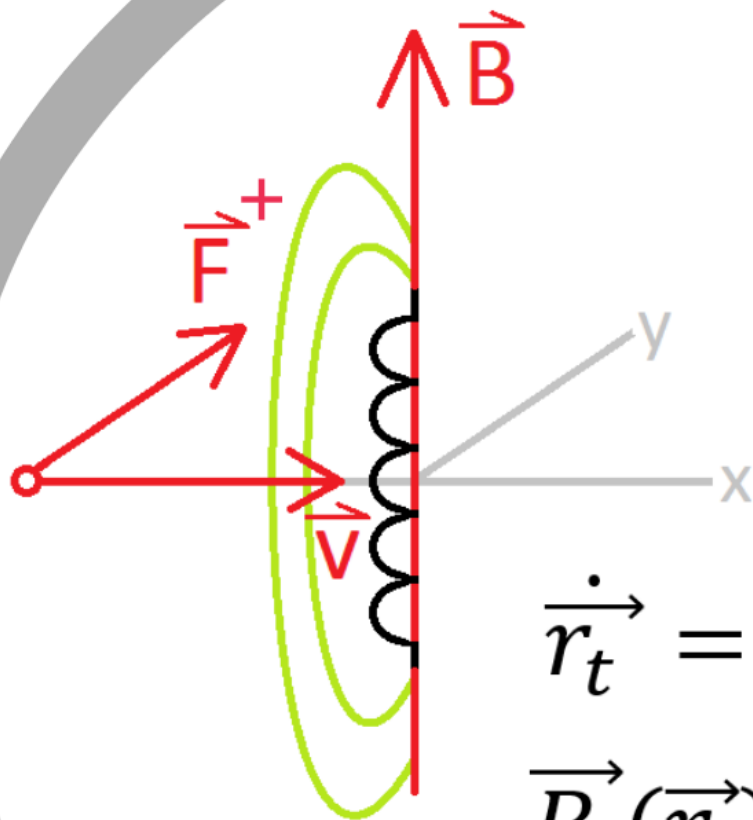


Lorentzova síla

$$\vec{F}_L = q\dot{\vec{r}}_t \times \vec{B}_x$$

Aplikace 2.NZ

$$m\ddot{\vec{r}}_t = q\dot{\vec{r}}_t \times \vec{B}_x$$



Volím

$$\dot{\vec{r}}_t = (\dot{x}, \dot{y}, \dot{z})$$

$$\vec{B}(\vec{r}) = (0, 0, B)$$

$$m\ddot{\vec{r}}_t = q(B\dot{y}, -B\dot{x}, 0)$$

$$\ddot{x} = \frac{q}{m} B\dot{y}$$

$$\ddot{y} = -\frac{q}{m} B\dot{x}$$

$$\ddot{z} = 0 \longrightarrow \dot{z}_{(t)} = v_0 = \textit{konst.}$$

$$z_{(t)} = v_0 t + z_0$$

Soustava
diferenciálních
rovníc

$$\text{sub: } A = \frac{q}{m} B$$

$$\ddot{x} = \underline{A\dot{y}}$$



$$\ddot{x} = \underline{A\ddot{y}}$$

$$\dot{y} = \underline{-A\dot{x}}$$



$$\dot{y} = -A\underline{\ddot{x}}$$



$$\ddot{x} = A(\underline{-A\dot{x}}) = -A^2\dot{x}$$



$$\dot{y} = -A(\underline{A\dot{y}}) = -A^2\dot{y}$$

Obecné řešení:

$$\ddot{x} = -A^2 \dot{x} \xrightarrow{\text{sub: } \dot{x} = u} \ddot{u} = -A^2 u$$



$$u(t) = C_1 e^{i \omega t} + C_2 e^{-i \omega t}$$

$$u(t) = C_1 \cos(\omega t) + C_2 \sin(\omega t)$$

$$u(t) = \gamma \sin\left(\frac{q}{m} B t + \varphi_0\right)$$

Pohybová rovnice
pro složku x:

$$\dot{x} = \gamma \sin \left(\frac{q}{m} Bt + \varphi_0 \right)$$

Po dosazení počátečních
podmínek: $\vec{\dot{x}}_0 = (\dot{x}_0, \dot{y}_0, \dot{z}_0)$
 $t = 0$

$$\dot{x}_{(0)} = \gamma \sin (\varphi_0)$$

$$\dot{y}_{(0)} = \gamma \cos (\varphi_0)$$

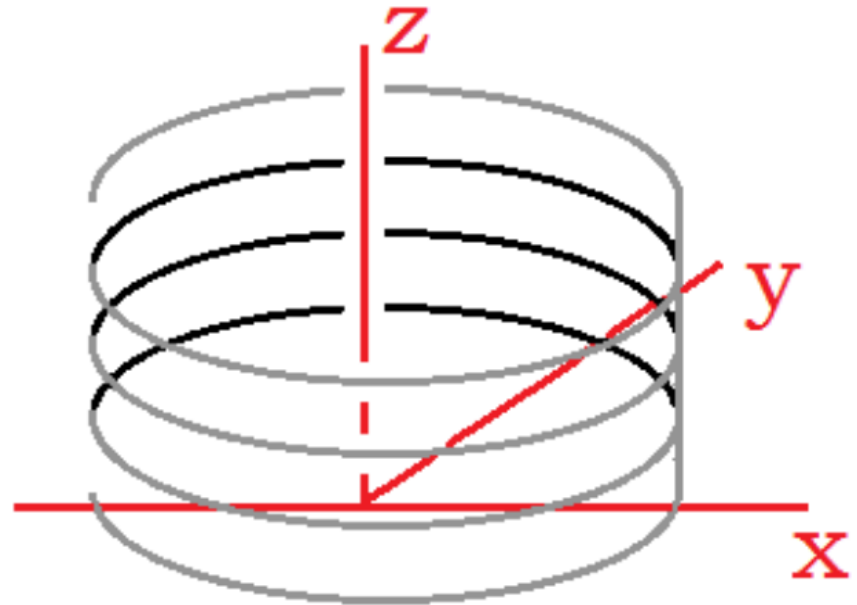
$$\dot{z}_{(0)} = \dot{z}_{(t)} = v_0 = \textit{konst.}$$

Výsledek pro homogenní pole:

$$\dot{x}(H) = \gamma \sin(\varphi_0 t)$$

$$\dot{y}(H) = \gamma \cos(\varphi_0 t)$$

$$\dot{z}(H) = v_0$$



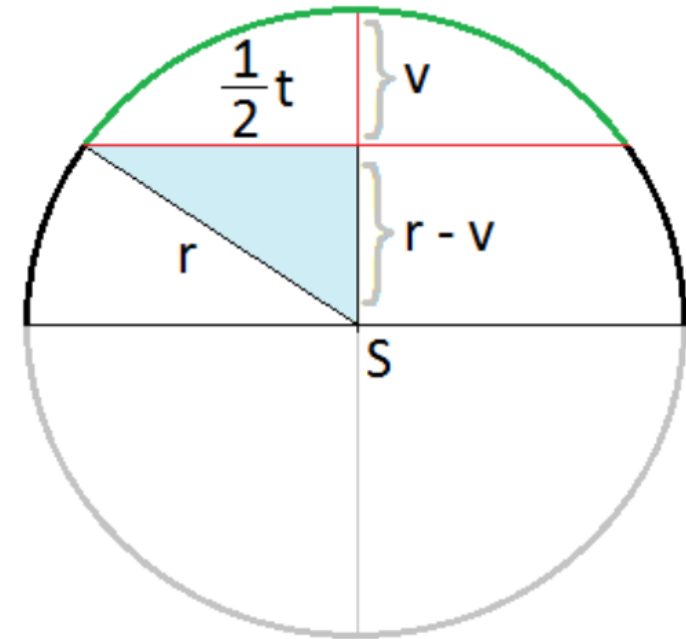
Poloměr křivosti

Graficky:

$$(r)^2 = \left(\frac{1}{2}t\right)^2 + (r - v)^2$$



$$r = \frac{\frac{1}{4}t^2 + v^2}{2v}$$



Z Lorentzovy síly:

dostředivá = Lorentzova

$$m\omega v = qvB$$

$$m \frac{v^2}{r} = qvB$$

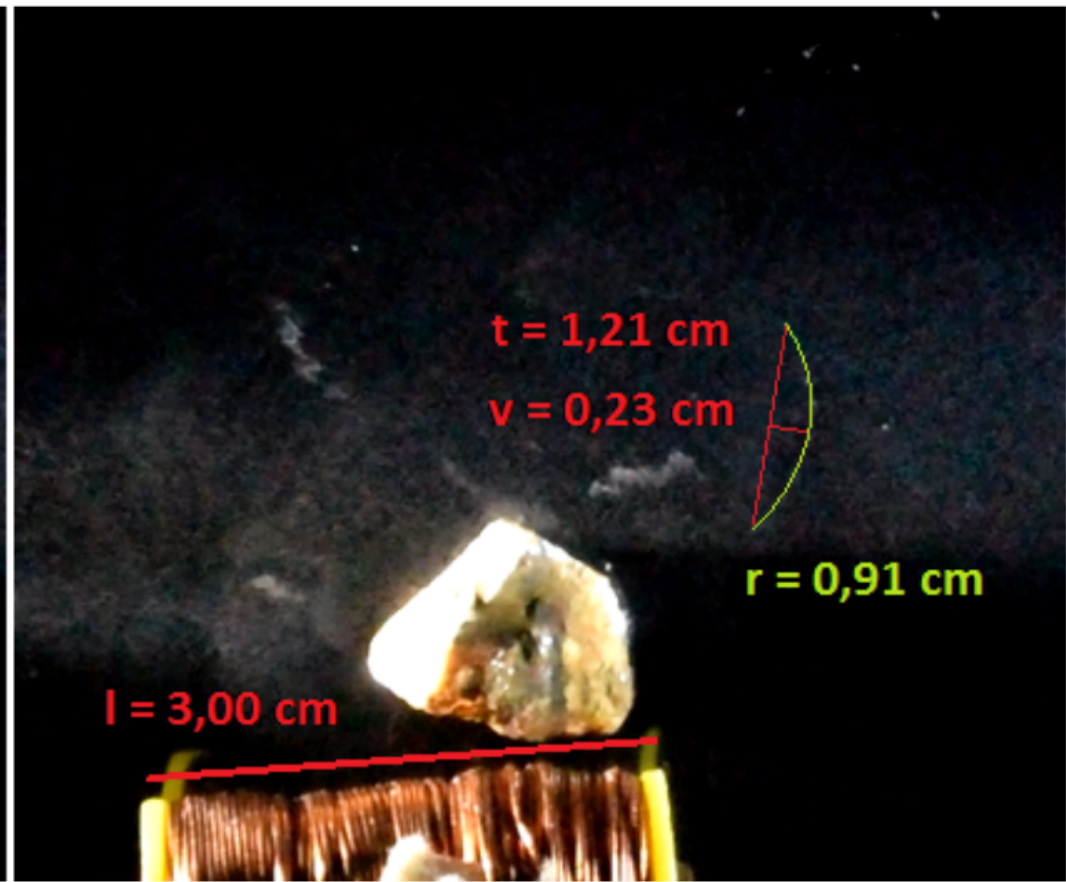
$$r = \frac{mv}{qB}$$



m, v, q ... hmotnost, rychlost
a náboj částice

B ... mag. indukce

r ... poloměr křivosti

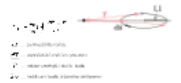


Indukce

Biot-Savartův zákon:

$$B(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} I \oint \frac{d\vec{s} \times \vec{r}}{r^3}$$

vztah mezi indukcí, proudem
a geometrickým uspořádáním vodiče v prostoru



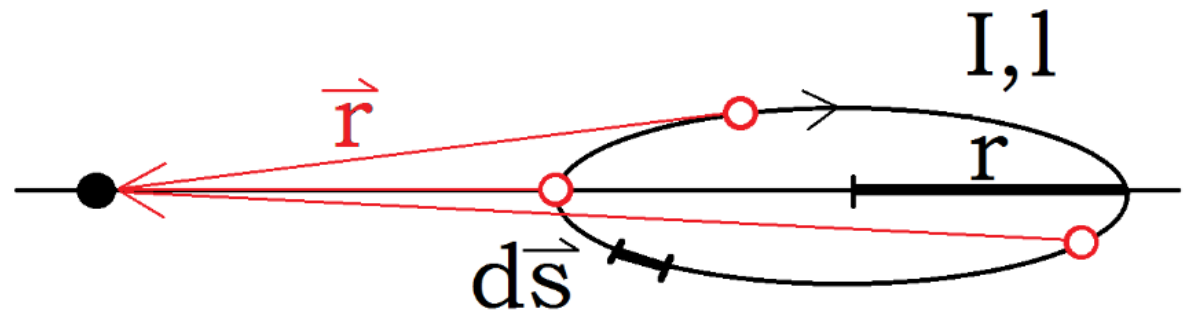
Modifikace pro kruhovou smyčku:

$$B(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int_0^{2\pi} \frac{(r \cos\varphi d\varphi, -r \sin\varphi d\varphi, 0) \times \vec{r}}{r^3}$$

$\rightarrow r = \frac{mv}{qB(\vec{r})}$

 \rightarrow 

$$B(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} I \oint \frac{d\vec{s} \times \vec{r}}{r^3}$$



μ_0 ... permeabilita vakua

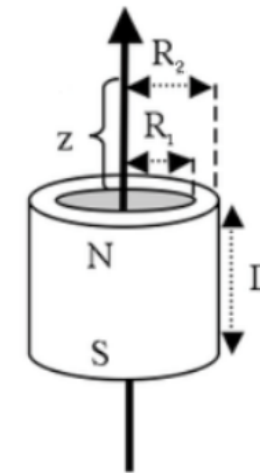
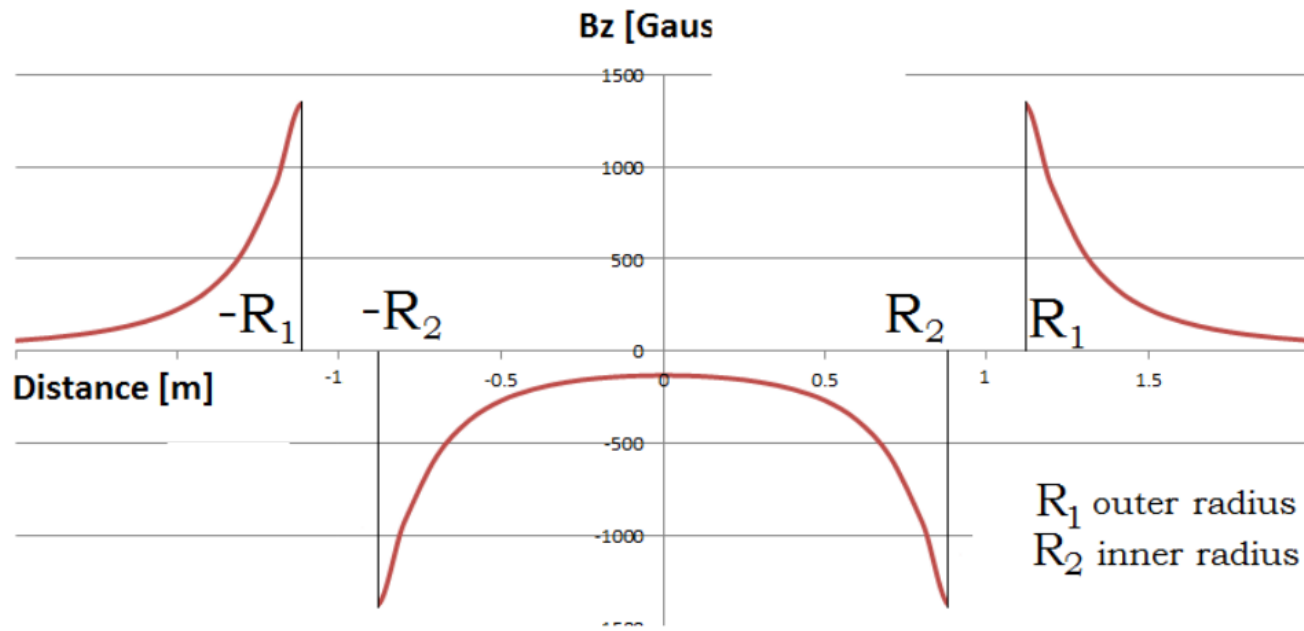
$d\vec{s}$... uspořádnání vodiče v prostoru

\vec{r} ... vektor směřující do lib. bodu

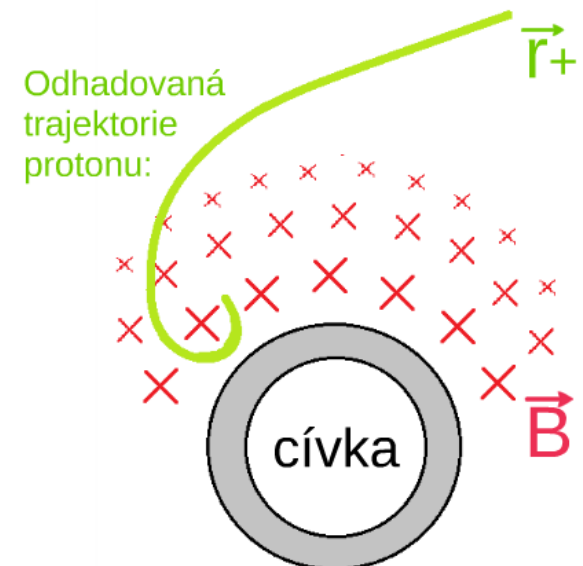
$B(\vec{r})$... indukce v bodě určeného vektorem r

Poslední neznámé

1. Graf závislosti magnetické indukce na vzdálenosti pro zjednodušený model magnetu tvaru dutého válce



2. Proud
naměřená hodnota:
 $I = 480 \text{ mA}$



Závěr

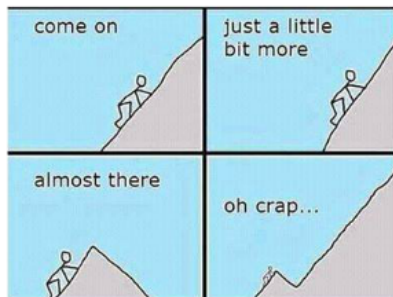
Co nefungovalo a proč? Jak to zlepšit? Diskuse

Co nefungovalo a proč?

- nepozorovatelné zakřivení → • slabé mag. pole
• nevhodné umístění cívky
- neschopnost určit přesnou trajektorii → • příliš složité magnetické pole
- neschopnost určit příčinu zakřivení → • velké množství částic s různou energií

Diskuse

Trying to solve problems in physics like...

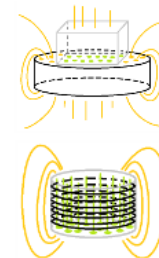


Zdroje:

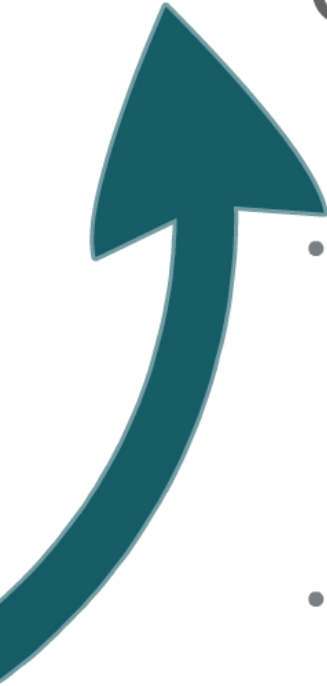
1. G. Gruber, 2007. The Art of Physics. Springer. 2007. 350 pages. ISBN: 978-0-387-70900-0.
2. D. Hestenes, 1999. The Art of Mathematics. Springer. 1999. 300 pages. ISBN: 978-0-387-70900-0.
3. J. D. Jackson, 1975. Classical Electrodynamics. Wiley. 1975. 414 pages. ISBN: 978-0-471-32101-9.
4. R. Feynman, 1962. The Feynman Lectures on Physics. Addison-Wesley. 1962. 954 pages. ISBN: 978-0-201-50623-6.
5. J. Schwichtenberg, 2014. Quantum Field Theory for the Gifted Amateur. Cambridge University Press. 2014. 340 pages. ISBN: 978-0-521-87622-3.
6. S. Weinberg, 1995. The Quantum Theory of Fields. Cambridge University Press. 1995. 544 pages. ISBN: 978-0-521-63975-4.
7. M. T. H. Chi, 1981. Expertise in Problem Solving. Harvard University Press. 1981. 211 pages. ISBN: 978-0-674-13023-7.
8. A. A. Michard, 2013. The Art of Physics. Springer. 2013. 350 pages. ISBN: 978-1-4419-9381-9.
9. D. Hestenes, 1999. The Art of Mathematics. Springer. 1999. 300 pages. ISBN: 978-0-387-70900-0.
10. J. D. Jackson, 1975. Classical Electrodynamics. Wiley. 1975. 414 pages. ISBN: 978-0-471-32101-9.
11. R. Feynman, 1962. The Feynman Lectures on Physics. Addison-Wesley. 1962. 954 pages. ISBN: 978-0-201-50623-6.
12. J. Schwichtenberg, 2014. Quantum Field Theory for the Gifted Amateur. Cambridge University Press. 2014. 340 pages. ISBN: 978-0-521-87622-3.
13. S. Weinberg, 1995. The Quantum Theory of Fields. Cambridge University Press. 1995. 544 pages. ISBN: 978-0-521-63975-4.
14. M. T. H. Chi, 1981. Expertise in Problem Solving. Harvard University Press. 1981. 211 pages. ISBN: 978-0-674-13023-7.
15. A. A. Michard, 2013. The Art of Physics. Springer. 2013. 350 pages. ISBN: 978-1-4419-9381-9.

Jak to zlepšit?

- velká cívka pod komorou
• homogenní pole
• větší proud
- kruhová komora a drát kolem stěn
- lepší chlazení
- numerické řešení



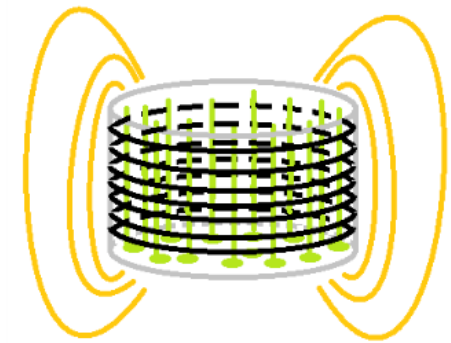
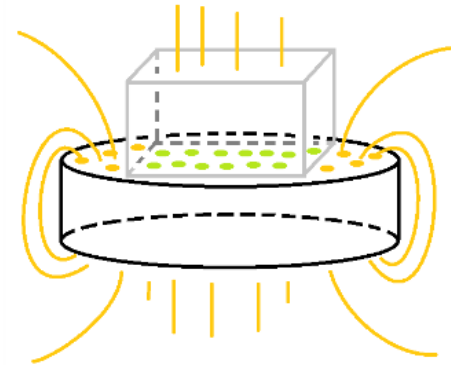
Co nefungovalo a proč?

- 
- nepozorovatelné zakřivení →
 - slabé mag. pole
 - nevhodné umístění cívky
 - neschopnost určit přesnou trajektorii →
 - příliš složité magnetické pole
 - neschopnost určit příčinu zakřivení →
 - velké množství částic s různou energií



Jak to zlepšit?

- velká cívka pod komoru
 - homogenní pole
 - větší proud
- kruhová komora a drát kolem stěn
- lepší chlazení
- numerické řešení



Diskuse

Trying to solve problems
in physics like...



Zdroje:

I.S.Gradsteyn, I.M.Ryzhik. Table of Integrals, Series and Products. vyd.: Academic Press, 2007. 1200 s. ISBN: 978-0-12-294760-5.

Daniel Zwillinger. Standart Mathematical Tables and Formulae. vyd.: CRC Press, 2011. 833 s. Advances in Applied Mathematics 32. ISBN 9781439835487.

<http://www.osel.cz/3457-jak-se-vyznat-ve-vsemoznych-casticich.html>
<http://oasiscare.com/category/physics/electricity-and-magnetism/>
<https://www.physicsforums.com/threads/field-bz-inside-axially-magnetized-permanent-ring-magnet.867355/>
<https://www.cez.cz/edee/content/microsites/nuklearni/k22.htm>
http://www.wikiskripta.eu/index.php/Ionizuj%C3%ADc%C3%AD_z%C3%A1%C5%99en%C3%AD
<http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika6.htm>
https://en.wikipedia.org/wiki/Biot%E2%80%93Savart_law
<http://fyzika.jreichl.com/main/article/view/285-stacionarni-magneticke-pole>
<http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/interakce/particles.html>
https://cs.wikipedia.org/wiki/Neutronov%C3%A9_z%C3%A1%C5%99en%C3%AD
<http://fyzika.jreichl.com/main/article/view/870-detektory-v-urychlovacich>
<http://fyzika.jreichl.com/main/article/view/846-detektory-castic>
<https://inspirehep.net/record/1297394/plots>
<http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/fyzika/prof/Svadenkova/Alfa.beta.gama%20zareni.pdf>
<http://www.stereophile.com/reference/1106hot/#AWdbiUDD8KGEBq8r.97>
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Mion>
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Proton>
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektron>
<http://fyzika.jreichl.com/main/article/view/290-magneticke-pole-civky>
<http://reseneulohy.cz/31/letici-elektron-v-homogennim-poli>
<http://fyzika.jreichl.com/main/article/view/293-castice-s-nabojem-v-magnetickem-poli>
<https://www.nebulo.cz/en/cloud-chambers/>