

ATOMOVÁ FYZIKA

Periodická soustava prvků

před „přidáním“ dalších e^-
(ke strukturální rotaci) je nutné

anať:

a) PRINCIP NEROZLIŠITELNOSTI ČÁSTIC

ČÁSTICE TĚHOŽE DRUHU JSOU
NEROZLIŠITELNÉ.

$$\begin{array}{l} \lfloor e^- \times e^- \\ p^+ \times p^+ \\ n \times n \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \lfloor e^- \times e^- \\ p^+ \times p^+ \\ n \times n \end{array}} \right\} \begin{array}{l} \text{odlišné} \\ (\text{elst., mg.}) \end{array}$$

„nelze e⁻ opřehrát“

↳ PAULIHO (VYLUČOVACÍ) PRINCIP

V DANÉM SYSTÉMU NEMOHOU SOUČASNĚ
EXISTOVAT Dvě ČÁSTICE S TĚMIŽ
KVANTOVÍMI ČÍSLY (V TĚMŽE KVANTOVÉM
STAVU).

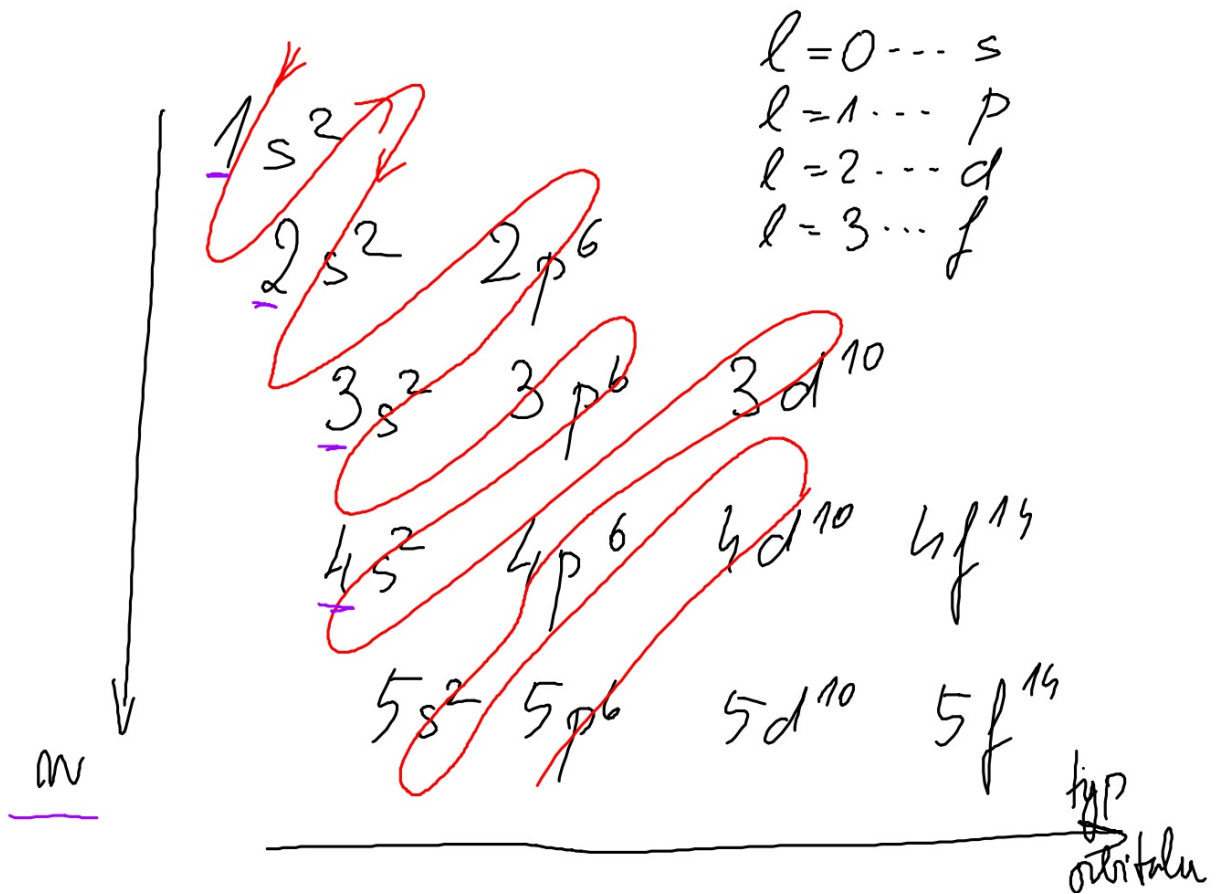
• FERMIONY

- částečné kvočky (e^- , p^+ , n , ...)
- PLATÍ PAULIHO PRINCIP
- poločíselný SPIN

• BOSONY

- částečné interakce (fotony, ...)
- NEPLATÍ PAULIHO PRINCIP
- celočíselný SPIN

C) PRINCIP MINIMA ENERGIE



$$4s \dots m+l = 4+0 = 4 \dots \text{dišine}$$

$$3d \dots m+l = 3+2 = 5 \dots \text{pazdiš'i}$$

$$4p \dots m+l = 4+1 = 5 \dots \text{dišine}$$

$$5s \dots m+l = 5+0 = 5 \dots \text{pazdiš'i}$$

LASER

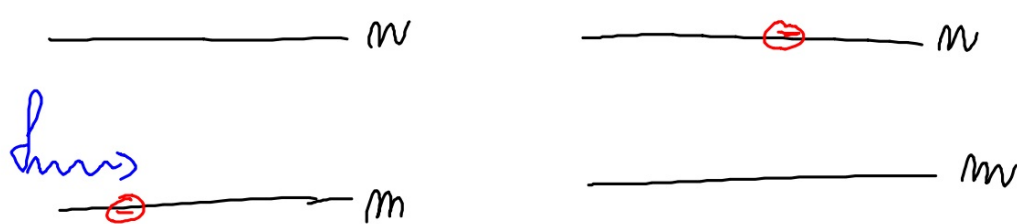
(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

(~ zesilovani svetla (za'ruu') stimulyrovani
luzi')

omeaseni': 2 hladny - 2 diody jednodu-
choti; In praxi: mikelodi'mere',
ale princip sustava'

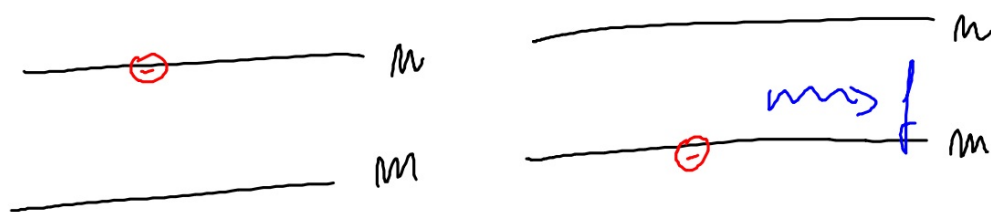
1) Emission x absorpce

a) absorpce

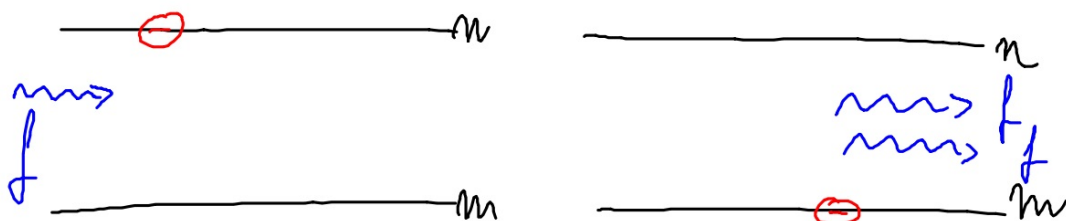


$$hf = E_n - E_m$$

b) SPONTANEA' (samovolna) emisje

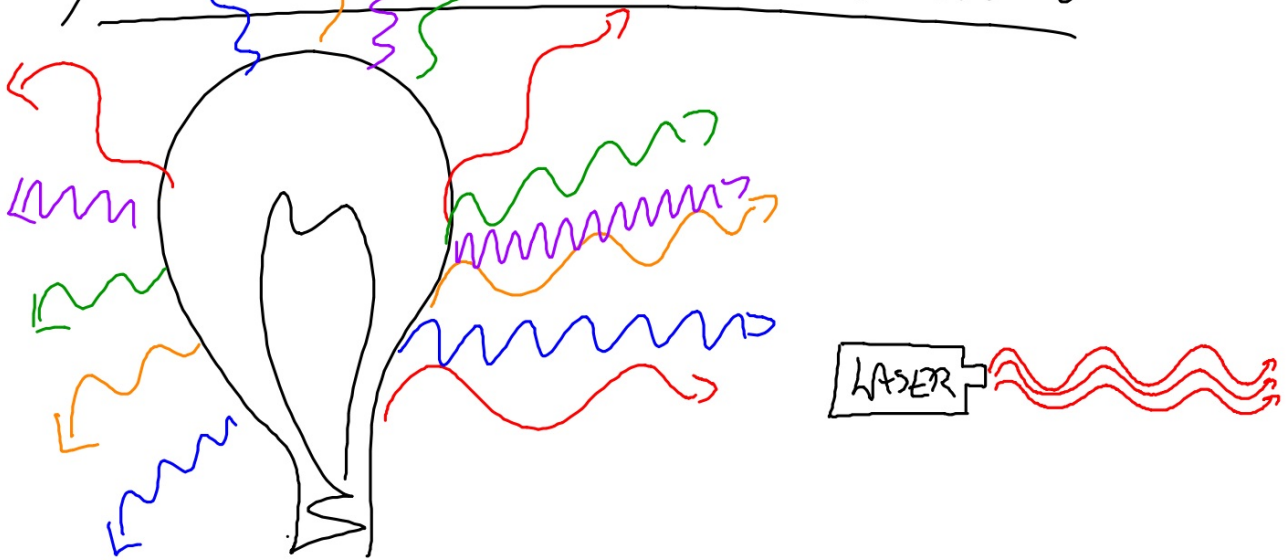


c) STIMULOVANÁ (symulovaná) lumina



tyto 2 fotony:
 - stejna frekvence
 - stejna polarizace

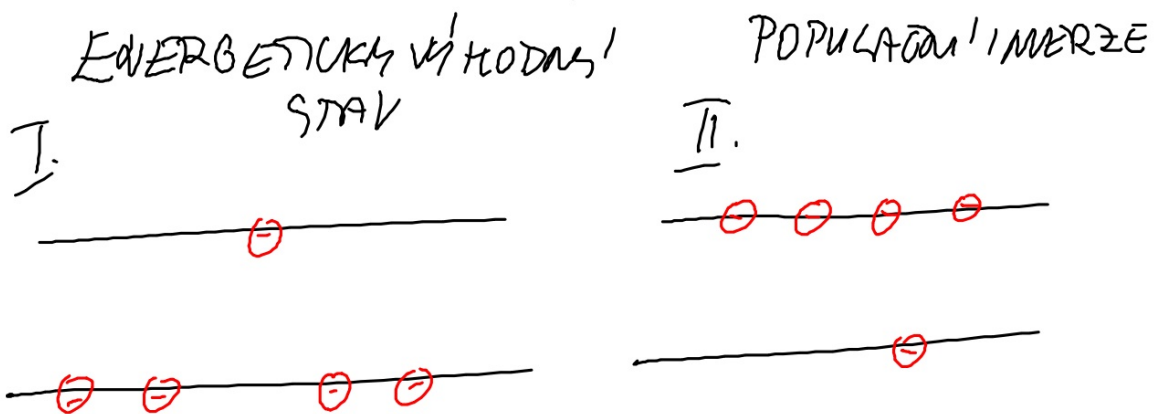
2, NEkohereční x kohereční záření



NEKOHARENTNÍ
ZDROJ

3) Populační inverze

počet e^- : na vyšších hladinách je více e^- než na nižších (ne shodě s Pauliho principem)



I. \Rightarrow II. : nutno dodat ENERGIU : ABSORPCE FOTON
(ČERPAŇÍ e^-)

4) Alidim' prostricel

vhodny' material :

- spravno' energeticky' hladiny
- populacni' inverze

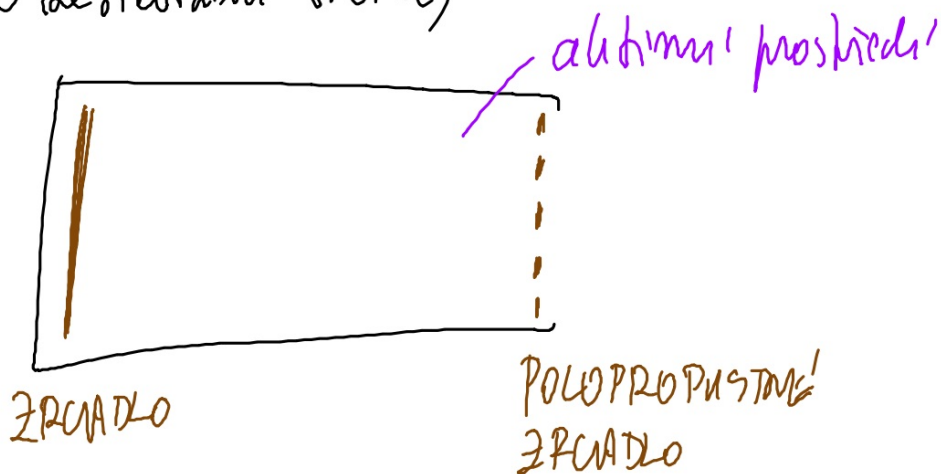
probita' :

- spon' j'inn' emise ... nem' o ni' za'pem

- apatny' foton mei' MA'HODAS' SHER
- - ' - MA'HODNODU FA'ZI

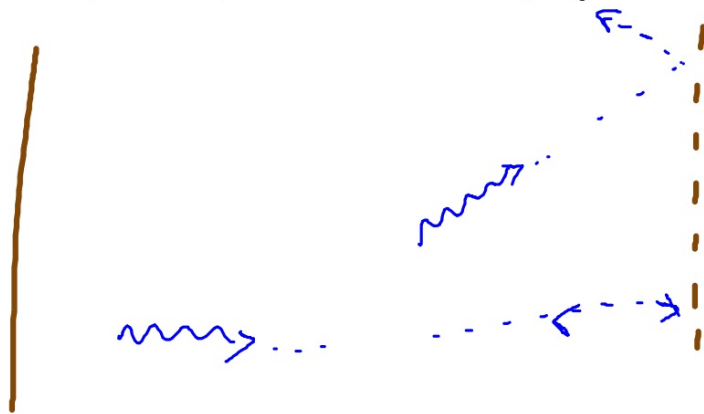
- stimulovaná emise ... je dělána:
 - generuje fotony stejné fre a fáze
- absorpce

5) Kladná a záporná rasba
(~ zesilování světla)



cíle zradel:

- zesílit intenzitu světla
(\sim zvednout počet fotonů)
- likvidace fotonů naměřených
samostatně emisí (které nemají
stejnou fázi a směr paprsků jako ostatní)



po uzyskaniu pulsu (kierując intensywność i czas
propagacji reakcji) se cel
proces opaluje („laser ze światła
nabit“)

6, Vlastnosti světla laseru

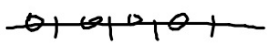
- pulsy
- monochromaticita
- koherenční
- malá rozšířenost
- má relativně velkou energii
- lze soustředit na malou plochu

7, Výnosit'

- CD x DVD mechaniky
- obrábění materiálů (velká energie na malou plochu)
- měření
- operace
- show
- abrané
- holografic

1) Stimulovaná emise

2) Population inversion



3) Koherence



4a) foton \rightarrow \vec{A}

4b) koherence

$$e^{i(\vec{k}x - \omega t + \phi)}$$



JADERNA' FYZIKA

Jadro atomu

- objeveno E. Rutherfordem (1911)
- $r \sim (10^{-15}; 10^{-14}) \text{ m}$
 $r_{\text{Atom}} \sim 10^{-10} \text{ m}$
- $Q > 0$
- tvořeno PROTONY A NEUTRONY

$F_{\text{elst}} = ?$ mezi 2 protony v jádře

$$Q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$r = 10^{-15} \text{ m}$$

$$F = k \frac{Q_p^2}{r^2}$$

$$F_e = 9 \cdot 10^9 \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{(10^{-15})^2} \text{ N} =$$

$$F_e = 2,3 \cdot 10^2 \text{ N} = \underline{\underline{230 \text{ N}}} \quad \text{ODPU DI VA'}$$

• OVM' JADERNE' SILY :

- PŮSOBI' NA PROTONY A NEUTRONY
- PŘEKONÁVAJÍ' VELIKOST ELST. SILY
- PŘITAŽLIVÉ'
- KRA'TKODOBÁHOVÉ' ($\sim \mu$)
- PROJEVUJÍ' MĚSICEM'

• experimenty: $\rho = \sqrt[3]{A} \cdot 10^{-15} \text{ mV}$

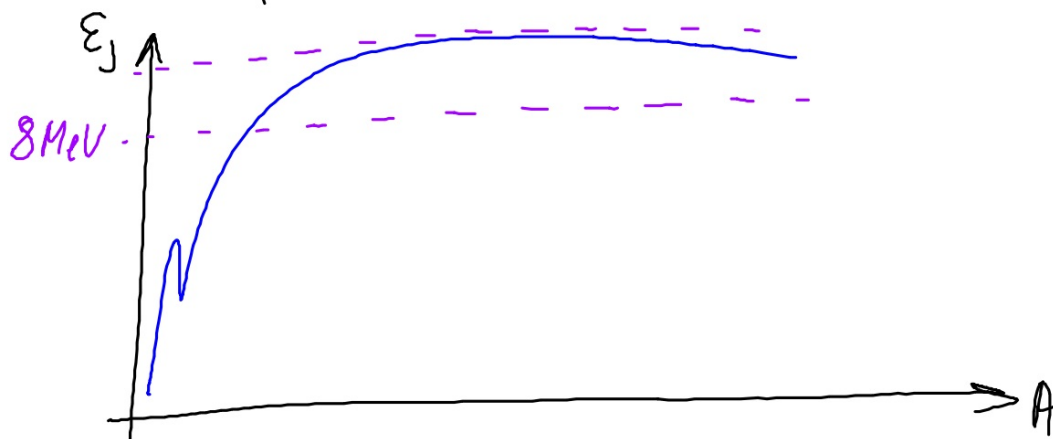
komle: $V = \frac{4}{3} \pi r^3 = k \cdot A$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{A \cdot m_m}{kA} = \text{konst.} \left(\sim 10^{18} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

- SEPARASI ENERGI - merupakan energi rata-rata per nukleon

$$\epsilon_j = \frac{E_r}{A}$$

$$E_r = (2m_p + (A-2)m_n - m_j)c^2$$



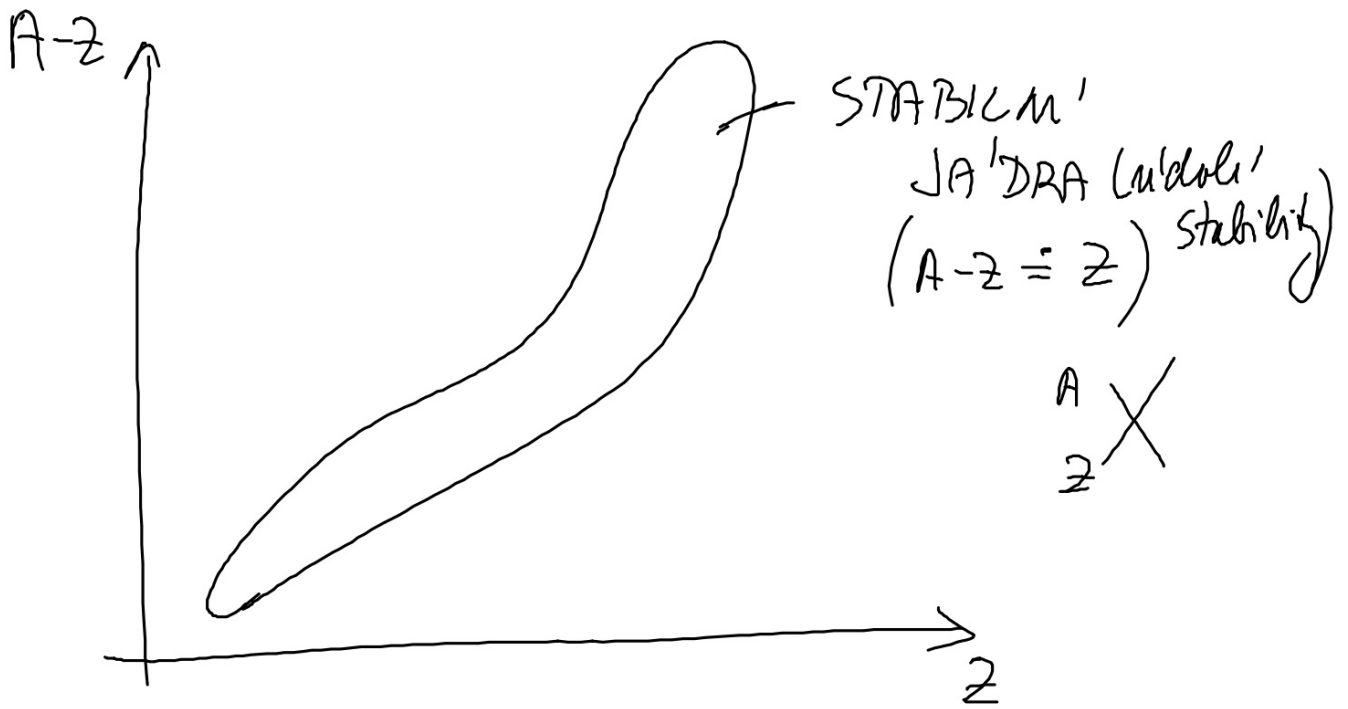
$E_V \sim 10^5$ krát větší, než energie e^-
v atomovém obalu

malé $A \sim$ jádra se snadno slučují
m ale nucleus je dostatek k sobě i
přes odpovídající elekt. sílu

velké $A \sim$ jádra se snadno štěpí



n_n
 $!n_n$
.
<
,



Radioaktivita

• prírodné 4 typy:

- STABILNÉ NUKLIDY

- NESTABILNÉ NUKLIDY (RADIONUKLIDY) -
- je to energeticky nevyhodnejší stav

radioaktivita - proces, pri ktorom sa nestabilné nuklid obzvoje časť svojej energie vyžiarujú a tak sa s tým dojde do energeticky výhodnejšieho stavu

existujú 2 druhy radioaktivity:

- PRÍROZEMNÁ - radionuklid nachádzame v prírode
- UMELÁ - radionuklid je umelo pripravené v laboratórii

fraktálny a matematický popis obrazu typu
je SHODAS!

1896 - A. H. BECQUEREL (1852 - 1908)

- objev mikrorenn'radioaktivn'ity

Marie Curie SKŁODOWSKA

Pierre CURIE

3 druhy záření:

α

β

γ

existují neutronske záření

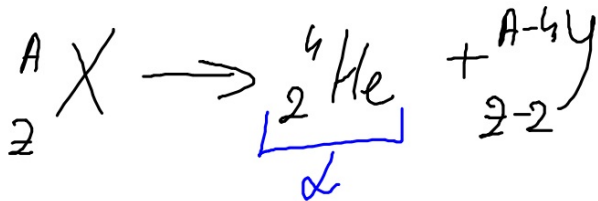
α -radiem'

• ${}^4_2\text{He}$; $Q_\alpha > 0$

α částečka: 2p + 2n v $1s^2$ konfiguraci
jako má ${}^4_2\text{He}$

• $E \sim 3 \text{ MeV}$

• ochrana: 4 cm vlnuch, list papíru, ...



• velká E_α a tu předstírá "oholí" \Rightarrow interakce převážně s e^-

predatím čístej energie elektrónu v
atome:

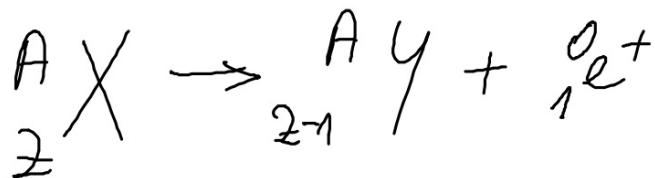
- e^- je odtržen od atómu
(atóm je chemicky reaktívnejší)
- e^- prechádza na vyššiu energetickú
hladinu (\approx excitácia atómu)

β radiem'

• $E \sim 300 \text{ keV}$

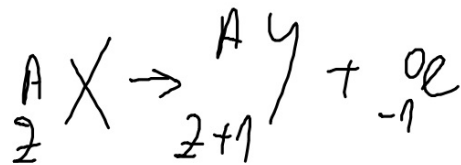
• β ... β^+ : POZITRONY — antichá'stice e^-

$$p \rightarrow n + e^+ + \nu$$



β^- : ELEKTROMY

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$$



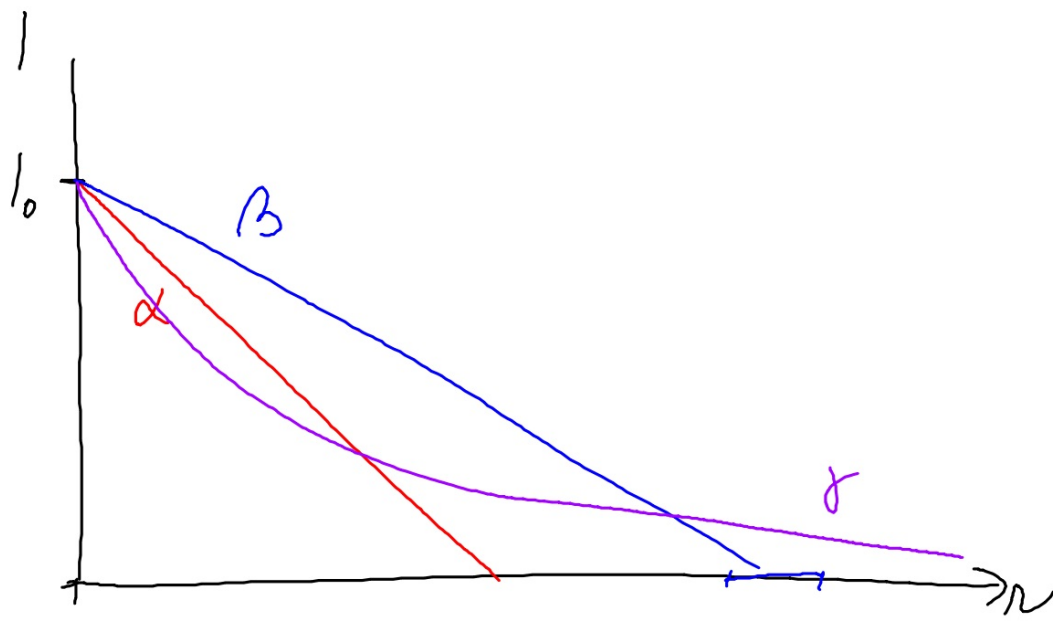
ν - neutrino; predpovezeno K. Paulim
(1931); skromnal β rozpad a neydrizel
 $ZZE \Rightarrow$ expe neutrino; $m_0 = 0$

podleji detekora'no, ale ma'j' ma'j'
u'otna' PRU'ZEZ ("ma'j' p'ic'my' p'ir'iz")

β interaguje s la'teou podobne' jako α , ale
d'le'j' men's'i' m a namenu'm me' α predava'
energi' o'le'j' pomaleji' \Rightarrow do zos'tareni' ma'j' DE'Z'i'
DRA'ku (v'cluh: 2,5m)

γ záření

- $E \sim 10 \text{ keV}$
- vysokofrekvenční fotony
 $E \sim 10^4 E_{\text{světla}} \Rightarrow \lambda \sim 50 \text{ pm}$
- malé zářivé bezpečná vzdálenost, na které by intenzita záření klesla na nulu
- $${}^A_Z X^* \rightarrow \gamma + {}^A_Z X$$



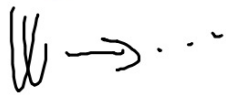
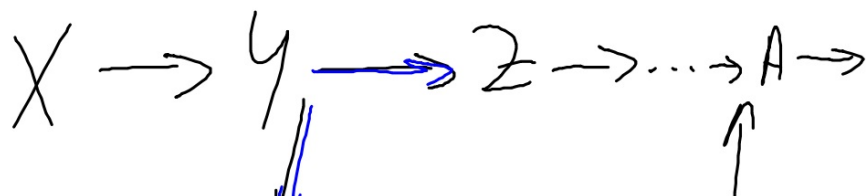
Neutronové záření

- tvořeno neutrony
- NEJAKÝ PŘÍROZNÝ PŮVOD \Rightarrow radioaktivita je nucená přeměnit uměle
- předávkami energie - srážkami s jádrem (větší podobnost interakce než s e^-):
 - průchod ... předání energie je malé
 - nepřímé ... m se stane ionizující částicí

Rozpadové řady

radionuklid (nestabilní nuklid) se NEROZPADÁ
neřímon na STABILNÍ nuklid, ale jen
na STABILNĚJŠÍ, který se rozpadá dále

s menší energií



↙ neúspěšný proces; α nebo β

Aktivita zářiče a rozpadový zákon

- manželé Curie

AKTIVITA ZÁŘIČE - udává počet rozpadů
za 1s; A ; $[A] = \text{Bq}$ (becquerel)
 $= \text{s}^{-1}$

experiment: aktivita, počet nerovných jader,
časová konstanta nerovných jader KLESA tab,
že za dobu T se naplní STATISTICKY
polovina dosud nerovných jader

a) $dN = -\lambda N dt$... diferenciálna rovnica;
 lze použiť SEPARACI PROMĚNNÝCH

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

$$\int \frac{dN}{N} = -\lambda \int dt$$

$$\ln|N| = -\lambda t + C$$

$$N = e^{-\lambda t + C} = e^{-\lambda t} \cdot e^C = K e^{-\lambda t}$$

$$\log_R x = y$$

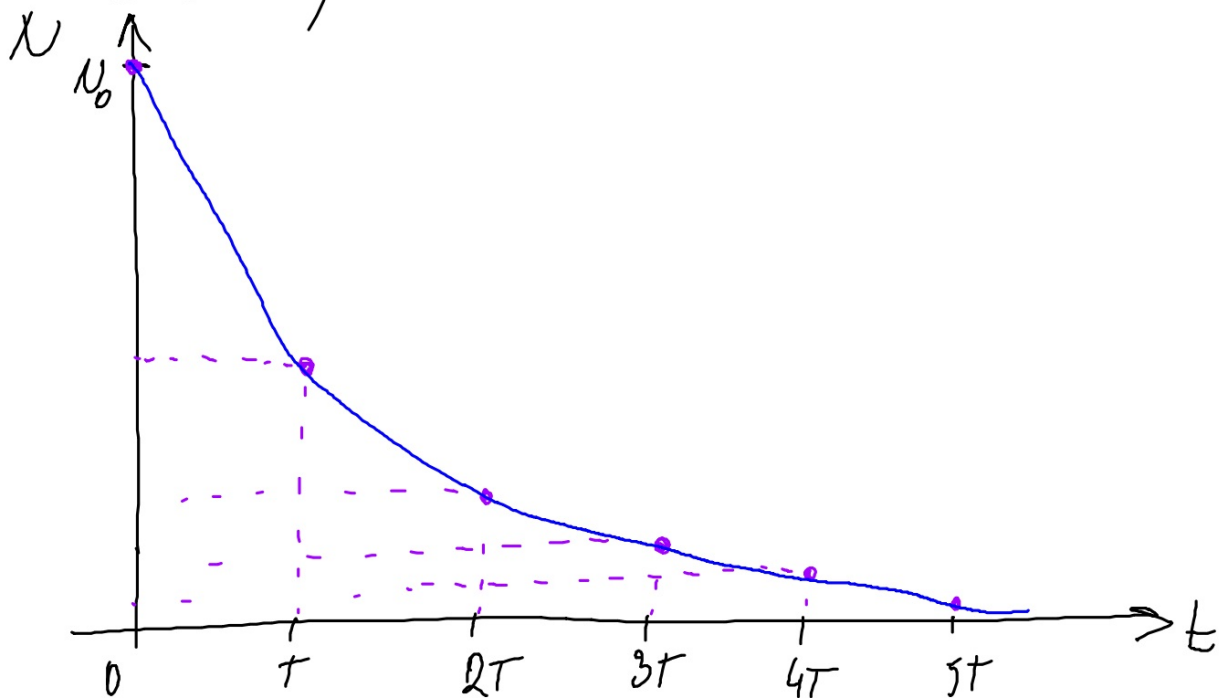
$$e^y = x$$

poč. podmínky: $N(0) = N_0$
 $N_0 = K \cdot e^{-\lambda \cdot 0} \Rightarrow K = N_0$

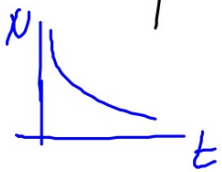
$$\left. \begin{array}{l} N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \\ \hline (1) \end{array} \right\}$$

λ - priemerná (rozpadová) konštanta; $[\lambda] = s^{-1}$

b) Graf závislosti $N(t)$ na t (predm-
inová strana)



N -počet (rahím) nerovných částic



$$\underline{N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \quad (2)}$$

$$(2) \rightarrow (1): a^b = e^{b \ln a}$$

$$(2): N = N_0 \cdot e^{\frac{t}{T} \ln \frac{1}{2}} = N_0 e^{\frac{t}{T} \ln 2^{-1}} =$$

$$= N_0 e^{-\frac{t}{T} \ln 2} = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\underline{\lambda = \frac{\ln 2}{T}}$$

T - poločas rozpadu; $[T] = s$

c) Experiment's minimum:

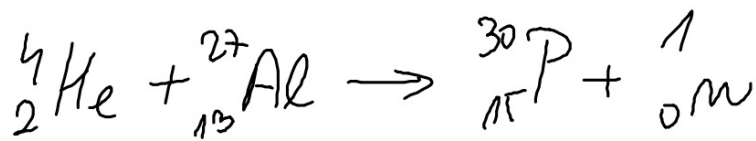
$$T = 1 \text{ hod}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{\ln 2}{1} = 0,693$$

fit a Mathematicy: 0,750

Ummälca' radioaktivita

olqes: he'ne (1897-1936) Joliot Curie
Fre'de'ric (1900-1958)



pi'pava n laboratorii
lax upobit i mulhidz, khere' n pi'mode' nej'son
(g'iz x rapodly)

Jaderne' reakce

1, Zahledeni vlastnosti

- realne jader - jadra nuro' f, t, pi pravena''

- plat': ZZ E

ZZ H

ZZ Q

ZZ nuzny'ch c'isel, kteru' jaderu a c'islicu
popisuj'

- problemy:

• já'dra jsou souhlasně nabita \Rightarrow
 \rightarrow odpuzují se \Rightarrow musno konat
PRAČI, aby se dostala k sobě

• d'itimy' p'ires - „plocha, kterou
jádro A vidí a jádro B, když letí
k němu“

$$\sigma; [\sigma] = \text{barm} = 10^{-28} \text{ m}^2$$

„retseu“: nelhe' m'uzst' cu'sh'e

— Ra'jem li'dstva: realce molnuy'ca' energii

$$E_J = E_{nj'stup} - E_{rostup} > 0$$

2) Jaderna' stepeni'

— tip'icha' mo k'ozha' pa'dra

— pri'beti:



E. FERMI

O. HAHN

~ 30. léta 20. st.

F. STRASSMANN

L. MEITNEROVÁ



podstatné:

neutron mále do jádra uranu a namíšen
2 střední trojky a neutron \Rightarrow lze pomáti CYKLICKY
(ŘETĚZOVĚ)

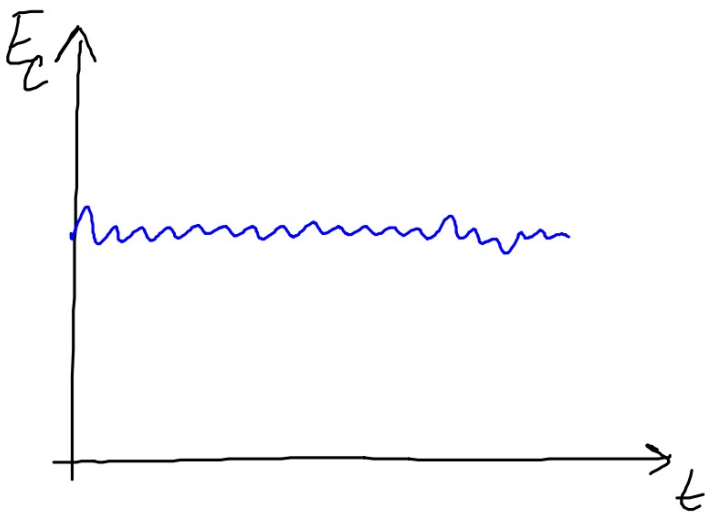
neutron je pomaly' - je destruktivnejši
(stane se sončaršči jadrna)

energie reakcie: 200 MeV

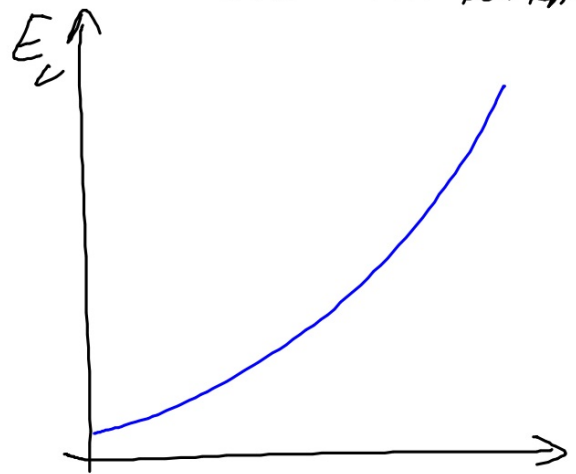
$$E = (m_{\text{Ba}} + m_{\text{Kr}} + 3m_{\text{n}} - m_{\text{u}} - m_{\text{m}})c^2$$

štepne' trosky: 80% uvoľnenej energie; tato
energie se dále využíva' (občas voda)

TERMOVÍŤN



JADERNÁ ZOVŤA



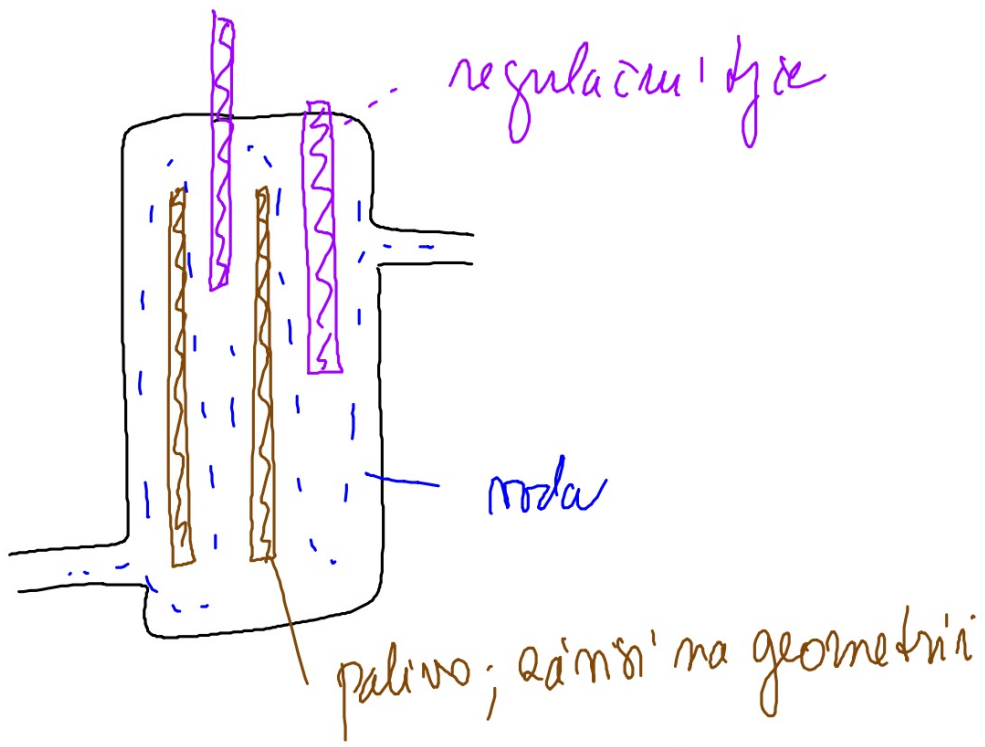
$E_1 = 200 \text{ MeV} \dots$ 1 reakcia \sim 1 jadro URANU
($\sim 3 \cdot 10^{-11} \text{ J}$)

$N \sim N_A \Rightarrow E_{\text{celkova}} \sim 2 \cdot 10^{13} \text{ J}$

Jaderný reaktor

na účel nejednodušší: PRAKOVINA'

- OCELOVÁ NÁDOBA
- PALIVOVÉ TROJICE - ${}^{235}_{92}\text{U}$; $\sim 3\text{m}$; porukosa' s prvou bránu' a naponštém' se ostu'
- REGULACE (BEZPEČNOST) - lehke' prvky \leftarrow pohlcují' neutrony; snižuje' \Rightarrow pa'd vlnem F_G
- VODA: chladič
moderátor - zpomaluje neutrony



SKORA

x	x	
	x	
		x

x	x	
x	x	

reaktor ~ tepelný stroj

$T_{\text{rozd}} \dots$ ohřívání

$$\eta = \frac{W}{Q_{\text{ohřívání}}} = \frac{Q_{\text{obráta}} - Q_{\text{chlazení}}}{Q_{\text{ohřívání}}} =$$
$$= 1 - \frac{T_{\text{chlazení}}}{T_{\text{obráta}}}$$

$$T_{\text{chlazení}} \uparrow \Rightarrow \frac{T_{\text{chlazení}}}{T_{\text{obráta}}} \downarrow \Rightarrow \eta \uparrow$$

$\eta \approx 30\%$

Jaderna'elektrarna

- KONTEJNMENT (oba'ltva) – „kubka”
se stena'mi ~ 2,5m specializirano betona;
ochrana „za dvojn stran”:
 - chra'mi obola' pred radioaktivitom JR
 - chra'mi JR pred n'itole'm a'rono'ob'alupe: JR
njome'mi'le kopla

3 druhy vody:

- PRIMA'RIA' --- v realitě

- SEKUNDA'RIA' --- množuje na primární;

roda přeměňuje v páru a přehřívá
hustinu, která elmg. indexu' vyrobí
el. proud

- TERCIA'RIA' --- chladí páru sekundárního

okružní a ta se mění opět na vodu;
okružní ⇒ voda se odpařuje

před uvedením do provozu:

- kontrola zapojení
- postupně zvyšování výkonu

3, Jaderna' fuzie

- typična' pro lehka' ja'dra
- dostat ja'dra h sobě \Rightarrow musno DODAT ENERGIU (konat PRACU)
- problem, ať $E_{\text{m'skup}} > E_{\text{roz'skup}}$
- princip: ohřev na vysokou teplotu (10^8 K)
magnetické plazma
vysoká hustota plazmatu
hranice udržet dolů

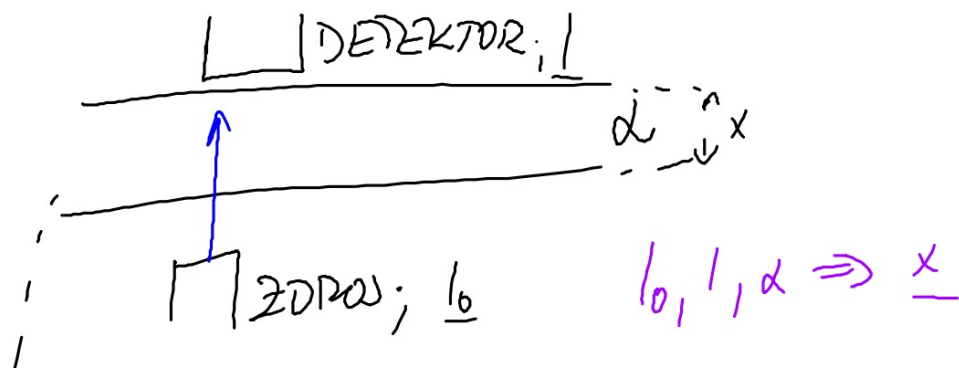
tyto podmínky: LAWSONOVO KRITÉ-
RIUM

- TOKAMAK - so Sovětského svazu
 - transformátor, a mění se
sekundární vinutí proti plazmě
 - od 50. let 20. st.
- ITER - Francie; ne stavěn

Radiomuklidy v praxi

a) Kontrola vzdálenosti

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$



· tloušťka materiálu (plech, voda, ...)

b) Orli'mēnu' pui'kodu et. prandu
pā'aru' klā'si'ē

c) Zmēna vlu'stuoh'ma'keri'alu
radi'ol'oh'mi'm s'at'i'mi'm

Pi: skla ma Nore'se'mē Na'is'ku'lu' di'voda
r' Prase

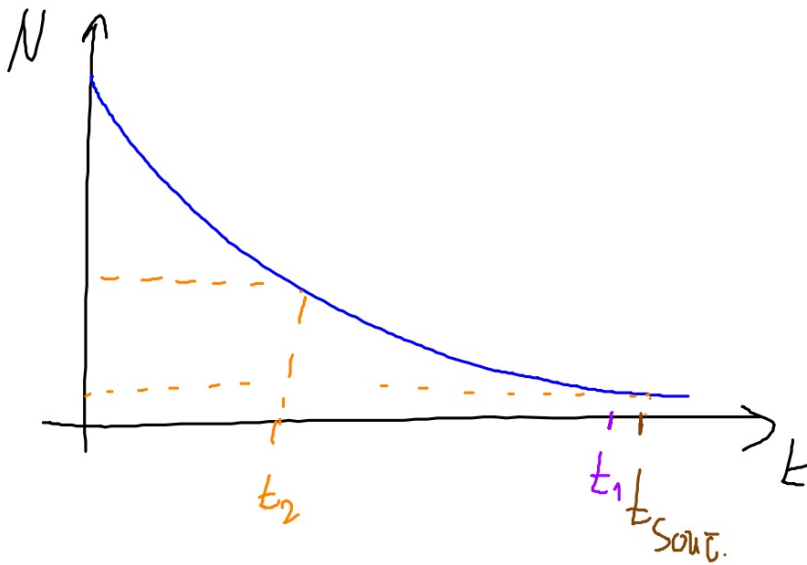
d) Lehariska' a pu'ny slova' dia gnostika

pu'ny sl: testovani' mureho oleye

leharista': rejmerna problemy se' shiknon
zle'nom

e) Datorare' arheologice' materiale'

$$t \sim T_{1/2} \left(\sim 5730 \text{ let} \right)$$



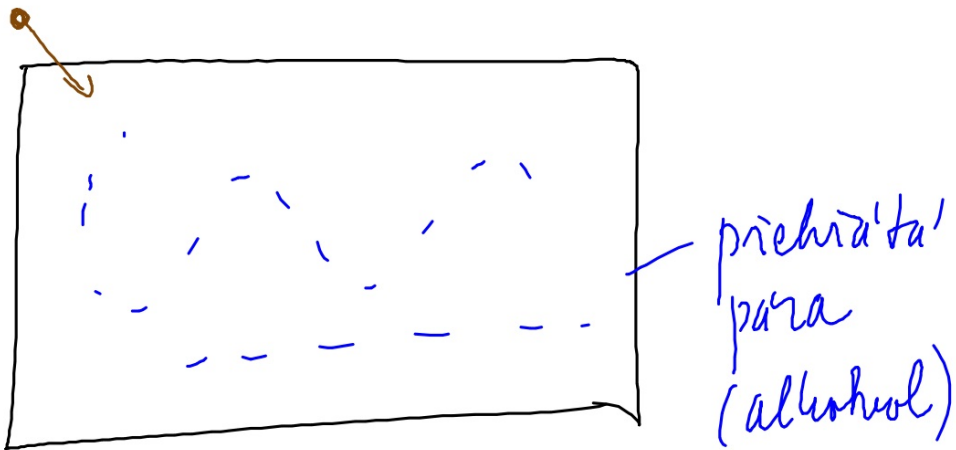
FYZIKA ČA'SŤC

Detektor ča'stie

3 hlavných typů:

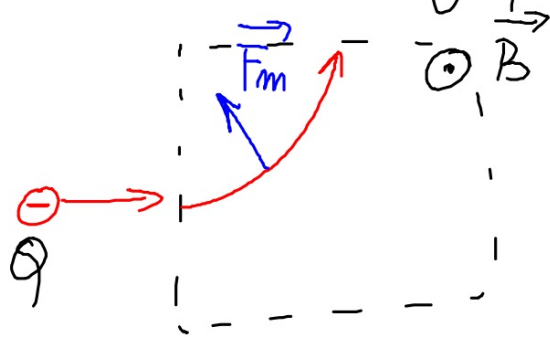
- detektor absorpčie i fragmentov ča'stie (mlána komora)
- detektor počítacie ča'stie (GM počítač)
- kalorimetrický - detektor mechanickej energie ča'stie

Mléčná komora



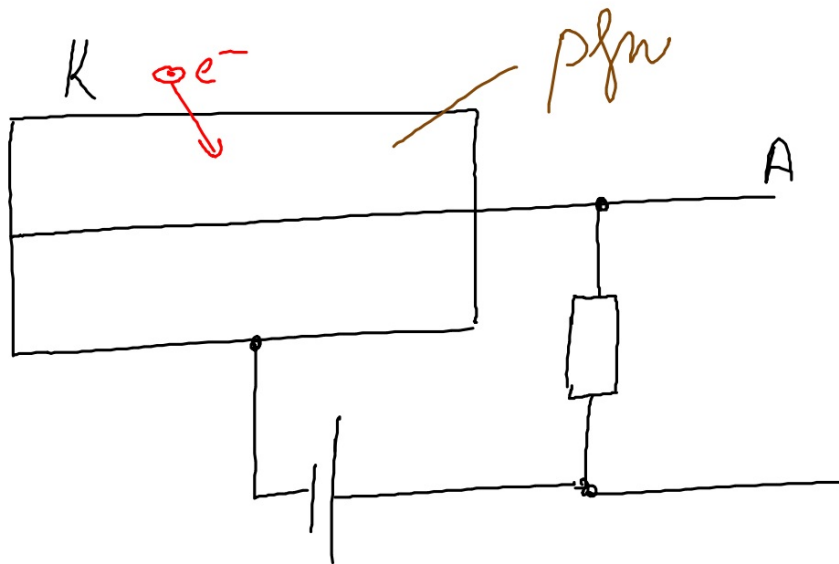
- *čistě* přiletem uprostřed kondenzaci páry \Rightarrow
 \Rightarrow posoupíme kapičky podél trajektorie

vložením do mg. pole \Rightarrow typ malby částečky



$$F_m = F_d$$
$$Bqv = m \frac{v^2}{r}$$

Geiger-Müllerův počítač



A - tenký drátek

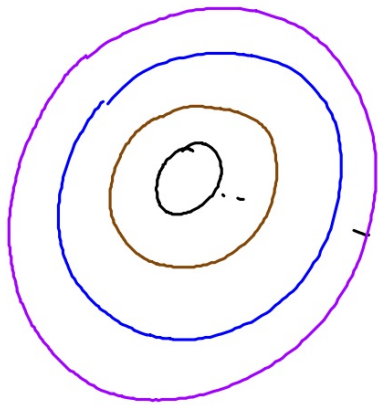
⊖ způsobí IONIZACI plynu ⇒ kationty a e^-

$$m_{\text{kationt}} \gg m_{e^-} \Rightarrow a_{e^-} \gg a_{\text{kationt}}$$

Kalorimetru

detektor se hraou "slupek" (vskov)

pro sada oasice a vyhledaci vesilne
rada mych oasice, které se pohybují
a různých materiálech



hrubice, a miz se pohybují
oasice

Urychlovací částice

- slovní ke abnormální částice
- větší energie \Rightarrow intenzivnější srážka \Rightarrow
 \Rightarrow více informací o složení hmoty
- ENERGIE na popisu hmoty urychlovací je
lepší, než je Rychlost (ne je totiž skoro c)
- přímosy směru: - mora' li' d'ova (níme, jak vypadá'
ní, níme, jak je slozena látka
 \Rightarrow lze určit le'li)

— alternatívna technológia
(myšlienka, časťny, ... potrebné
rytme, práce, kvalita technológie
⇒ následne vyvíjať po iVici,
homogent, ...)

Typy mychlovaciu

a) lineárny



mychlovaci' d'elky

noske p'ep'ich d'el'ha \Leftrightarrow noske n - cas'hec

b) konstrukcy'

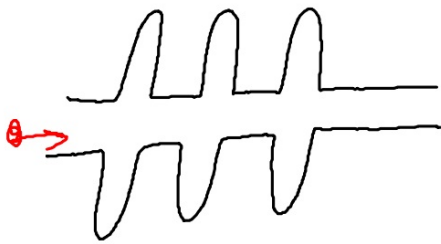
- vyuzivani' vskit'cne' sraaly (U'roda)
- konstrukc'ne slozitel'oi' (moy'roda)
 - amena smetu pafen c'a'shic
 - ndrizen' c'a'shic na idealnu' projektorii (v skied kuby)

Qa'kladuu' komponenty

a) Vyvalumovana' frakcie

relativně vysoké valuum v frakci délky
27 km

b) Urychlovací dubiny



aměna elst. pole tak,
af čáshice lfa stále
"kázna dopředu"
1 oběh: $\frac{27000}{3 \cdot 10^8} \text{ s} = 9 \cdot 10^{-5} \text{ s} \sim 10^{-4} \text{ s}$
 $\Rightarrow 10^4$ oběhů za 1 s

c) Vychlovaci magnety

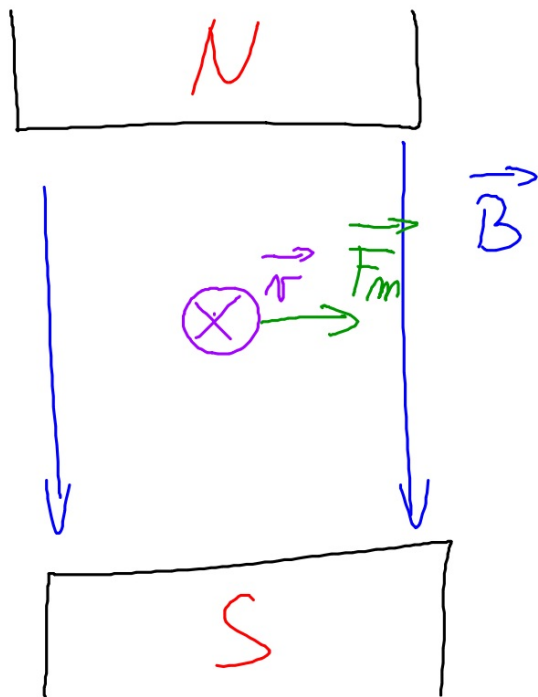
dipoly; meru smer \vec{n}

cihly ze supravodiveho materialu
chlazene kapalynou He

• $T \sim 4\text{ K}$

• superkondenzat \Rightarrow snazsa vyplnjenje prostoru

• $I \sim 10\text{ kA}$ (s prouvanim $\sim 1\text{ mA}$)



• $Q < 0$
 \vec{F}_m - lera' ruka

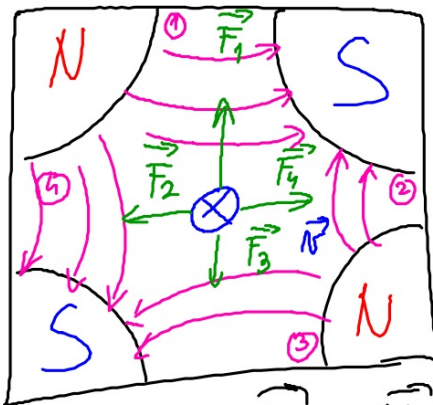
b, a c)
$$F = \vec{F}_e + \vec{F}_m = Q \vec{E} + Q \vec{v} \times \vec{B}$$

$$\vec{F}_e \parallel \vec{E} \parallel \vec{v}$$

$$\vec{F}_m \perp \vec{v}$$

d) Fokusacni magnety

kondrupoly; mdrizup' shlah c'astice
stredu trubice (~ ideallni trajektorie)



— MICE

$$Q < 0$$

ideallni trajektorie: $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = \vec{0}$

c'astice pruzdylena VPRAVO $\Rightarrow F_4 < F_2 \Rightarrow \vec{F}_{24}$ klaci' nlevo 😊

— " — NAHORU $\Rightarrow F_1 > F_3 \Rightarrow \vec{F}_{13}$ taline nahoru 😊

folusace v horizontálním směru a
minimální rozostření vzniká ve vertikálním
směru

pak následuje tenhžá element ale otočený o
 $90^\circ \Rightarrow$ folusace ve vertikálním směru
a minimální rozostření v horizontálním

$\vec{F}_2 + \vec{F}_y$ minimální dolů \Rightarrow rozostření není velké

e) Detektor

- v misce' stability

- roamerne' komponenty: $d \sim 20m$

Silove' interakce

4 typy:

SI'LNA' JADERNA' - drzi' pohromade' ja'dro

SLABA' JADERNA' - opisobuje B napod

EZMG. - bezne' si'ly

GRAVITACNI'