

DYNAMIKA STR

Relativističská hmotnost

• Naším levné relativitě je
nutné při pozorování dle a klidové
mámyh srovnání odlišit:

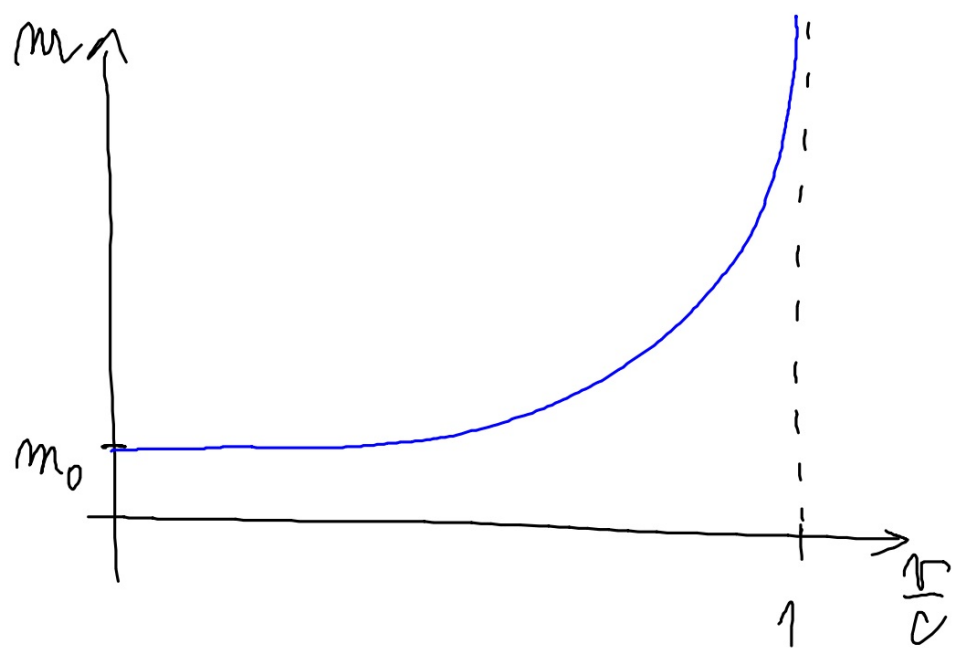
- KLIDOVÁ HMOTNOST ... m_0
měřena pozorovatelem, vůči němuž
je dané těleso v klidu

• РЕЛАТИВИСТИЧКА МАСОТНОСТ... m ;

mētena pārorotēlums, nūcā
mēmūz se lēlso pāļonje

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$v < c \Rightarrow \dots \Rightarrow \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \in (0, 1) \Rightarrow \underline{m > m_0}$$



Relativistskaja kibnost

$$p = mv = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

p, m - RELATIVISTSKAJA KIBNOST,
kibnost

2.2.1: $\vec{p} = \text{const} \Leftrightarrow \vec{F}_{\text{vzros}} = \vec{0}$

2.2.2: $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$

Energie; energi a hoo luost

$$E = mc^2$$

↓

nyanam electrallence

$$E = mgh$$
$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

- $E_0 = m_0c^2$... h hidera' energie
hēlsa s hideron hoo luost h' m_0
- $E = mc^2$... relatiu sh'che' energie
hēlsa s relatiu sh'che' hoo luost h' m
(hēlsa r polyon m'et /s)

- $\Delta E = \Delta m c^2$

kaäda' amëner energie sonni's'
se amëner luodusti' a naopale

ILUSTRACIOn' PIZI'KLAD

Jaha' pe lüidena' energie 100 grammu'
õõkula'id?

$$m_0 = 0,1 \text{ kg}$$

$$E_0 = ?$$

$$E_0 = m_0 c^2 = 0,1 \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \text{ J} = 10^{16} \text{ J}$$

1 olgvahtel CR ra raki ... 23,27 GJ

$$E_{\text{CR}} = 24 \cdot 10^9 \text{ J}$$

$$\frac{E_0}{E_{\text{CR}}} = \frac{10^{16}}{24 \cdot 10^9} \sim 4 \cdot 10^5$$

100 gramm 'õkolo'ida nvdvst' 1 öleretun
400 000 let

ILUSTRACIJA I PRIMJER 2

Ogriev 2 l vode u kotlovi.

$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 100^\circ\text{C}$$

$$\Delta m = ?$$

$$\begin{aligned}\Delta E = Q &= m \cdot c_v \cdot \Delta t = \\ &= 2 \cdot 4200 \cdot 80 \text{ J} = 672000 \text{ J}\end{aligned}$$

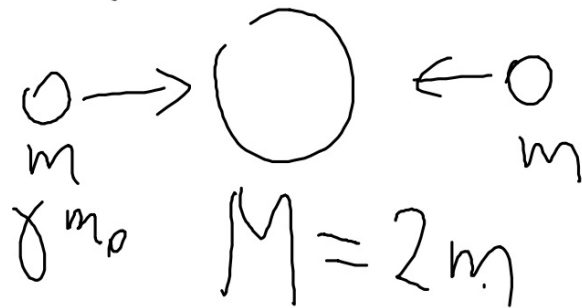
$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 \Rightarrow \Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{672000}{10^{17}} \text{ kg}$$

$$\Delta m = 6,72 \cdot 10^{-12} \text{ kg}$$

to je běžně nemiřitelné!

ale tyto problémy o atomární energii
a bezpečnosti jsou ZÁSADEMÍ PRO
JADERNOU FYZIKU

Kinetic energy



$$M = 2\gamma m_0 \geq 2m_0$$

$$\underline{E_k = E - E_0}$$

$$\begin{aligned} E_k &= mc^2 - m_0c^2 = \\ &= \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0c^2 = \\ &= m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) \end{aligned}$$

Matematiche! problemi! vstaly

$$\bullet \left(1 - \frac{\varepsilon}{2}\right)^2 = 1 - \varepsilon + \cancel{\frac{\varepsilon^2}{4}}$$

$$\text{po } |\varepsilon| \ll 1 \Rightarrow \frac{\varepsilon^2}{4} \rightarrow 0$$

$$\sqrt{1 - \varepsilon} \doteq 1 - \frac{\varepsilon}{2}$$

$$\bullet \frac{1}{1 - \varepsilon} = \frac{1}{1 - \varepsilon} \cdot \frac{1 + \varepsilon}{1 + \varepsilon} = \frac{1 + \varepsilon}{1 - \cancel{\varepsilon^2}} \doteq 1 + \varepsilon$$

$$E_k = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$$

pro $v \ll c$ lze psát :

$$E_k \doteq m_0 c^2 \left(\frac{1}{1 - \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2}} - 1 \right) \doteq$$

$$\doteq m_0 c^2 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} - 1 \right) =$$

$$= m_0 c^2 \cdot \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{2} m_0 v^2$$

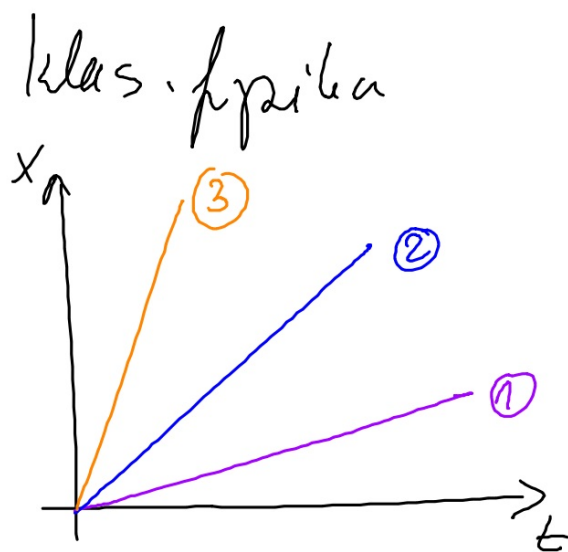
... klasická fyzika

Prostorová sítě a grafy

mdalost - - - $[x; y; z; t]$

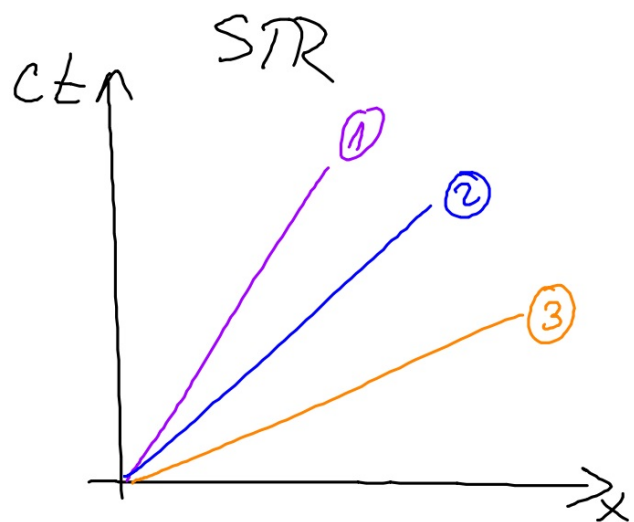
pro vizualizaci: je nutné udělat

$\mathbb{R} \rightarrow \mathbb{Z}$ (tak, aby graf
byl 2D nebo 3D)



průběh po u'seice

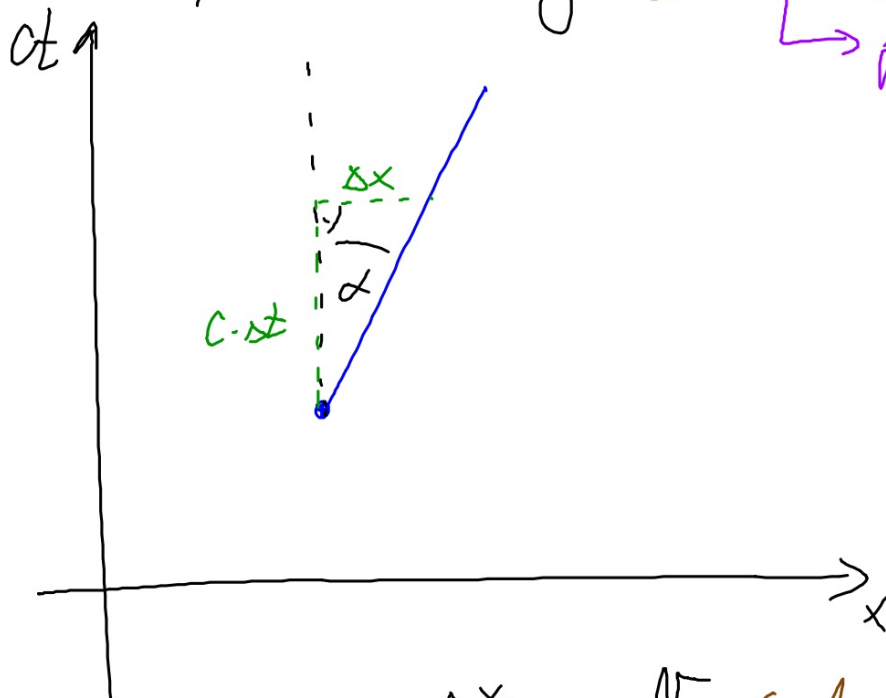
$$v_1 < v_2 < v_3$$



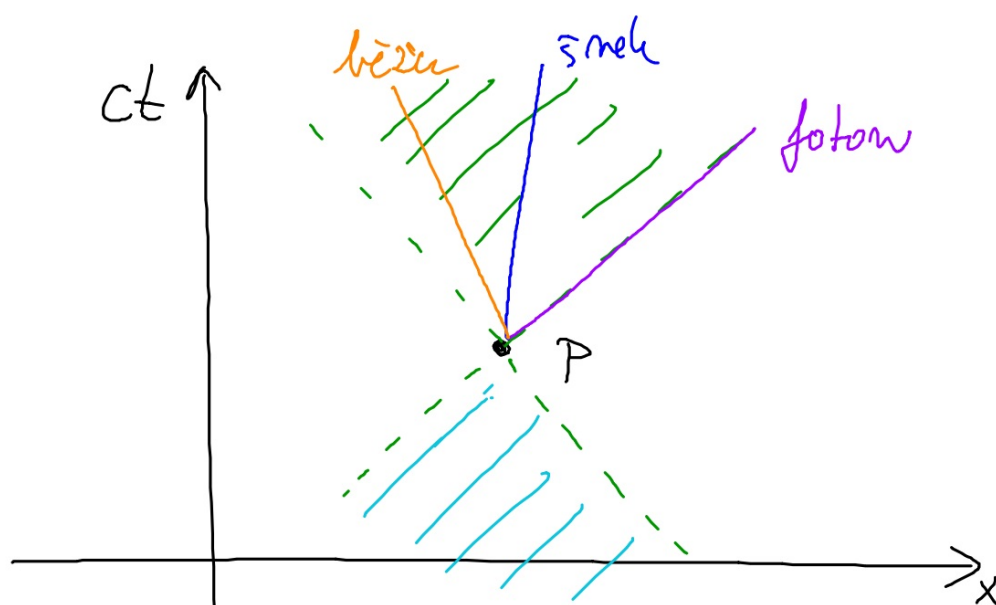
$$v_1 < v_2 < v_3$$

== SVEŤLOČÍRA

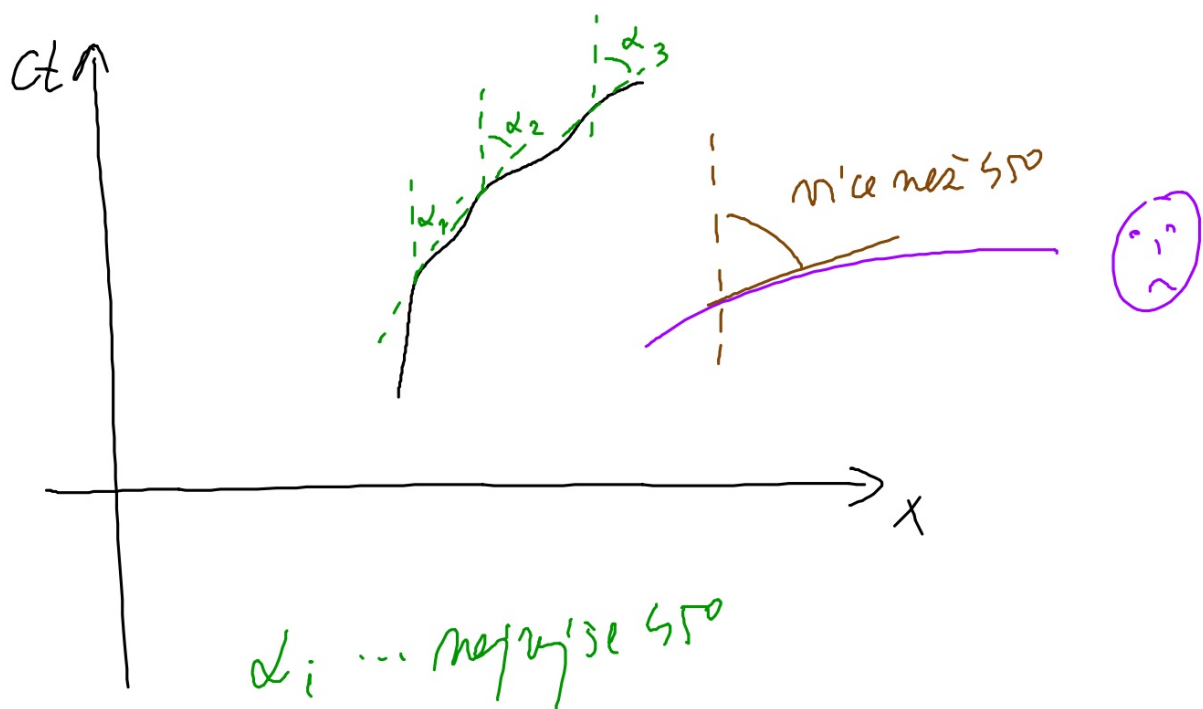
princip kausalit: $v \leq c$ $\rightarrow$ foton



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta x}{c \cdot \Delta t} = \frac{v}{c} \leq 1$$
$$\alpha \leq 45^\circ$$



/// do této oblasti může P vyslat signál;
 středový úzel; bodem P
 /// a do této oblasti může P přijmout signál;
 minimální P



$$1. \quad p = m_0 v$$

$$E_k = \frac{m_0 v^2}{2}$$

$$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4}$$

$$\hbar \omega = E = pc$$

$$2. \text{ Rozpad } M \rightarrow m_1 + m_2 + \dots$$

$$3. \quad e^+ \quad e^- \quad m \vec{a} = \vec{F}_f$$

FYZIKA MIKROSVĚTA

STRUKTURA MIKROSVĚTA

Úvod

- mikrosvět NEM! a menšími na
báreňko; jsou zde základy, které
nemají analogii v běžném světě
- NESPOJITÝ („PRAZDNÝ“)



- studium, "detailu": $\lambda \downarrow \Rightarrow E \uparrow$
 (atom $\rightarrow$ jadro $\rightarrow$ proton $\rightarrow \dots$)

Vývoj názorů na složení látek

- počátek učenci

Demokritos, ... : existují nejmenší
částice hmoty ... ATOMY
sdruženi do skupiny ATOMISTŮ

- John DALTON (1766 - 1844)
- chemický atomismus: látky
se slučují v daných poměrech

- Studium elomg. jeron
(Oersted, Faraday, Maxwell, ...)
přispělo k utváření složení
knob

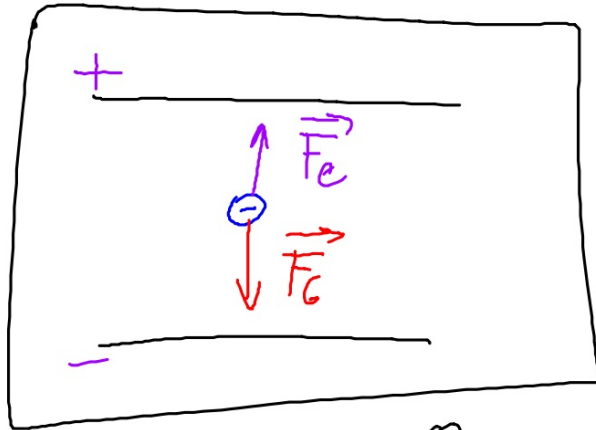
1859 — J. PLÜCKER: katodové
záření a interakce s mg. polem

1895 — H.C. RÖNTGEN — objev
"průsvět X"

1897 — J. THOMSON: hypotéza o existenci
ELEKTRONU

1910 - R. A. MILLIKAN

- pro měření velikosti elektronu



- pro měření: $\frac{Q}{m}$

- díky KVANTOVÁNÍ NA BOSE e^-

„Ārsta' noturēstnā' mēma p' kuantitā'na
1, - kē."

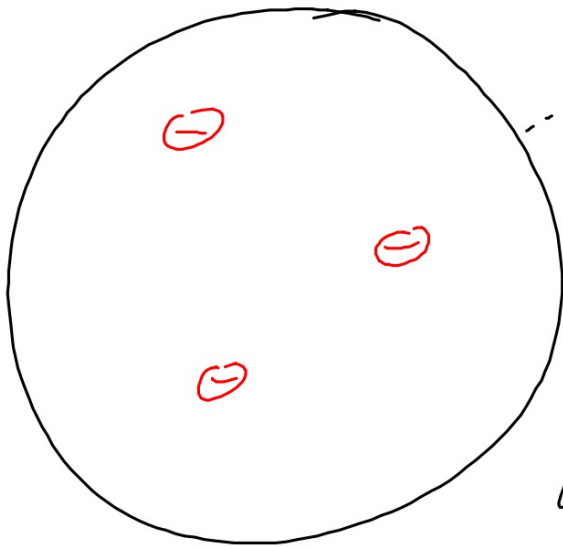
$$\boxed{Q = k \cdot e ; k \in \mathbb{Z}}$$

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

elementārā' nā'boj

$\Rightarrow$ lē' nūtrā'iet model' atomi'

Thomsonův (pudinkový) model



kladně nabitá
hmota

$- e^{-}$

na'hodně, ale tak,
ať atom ſl:
• STABILNÍ
• EL. NEUTRÁLNÍ

Rutherford's experiment

E. RUTHERFORD (1871-1937)

H. GEIGER (1882-1945)

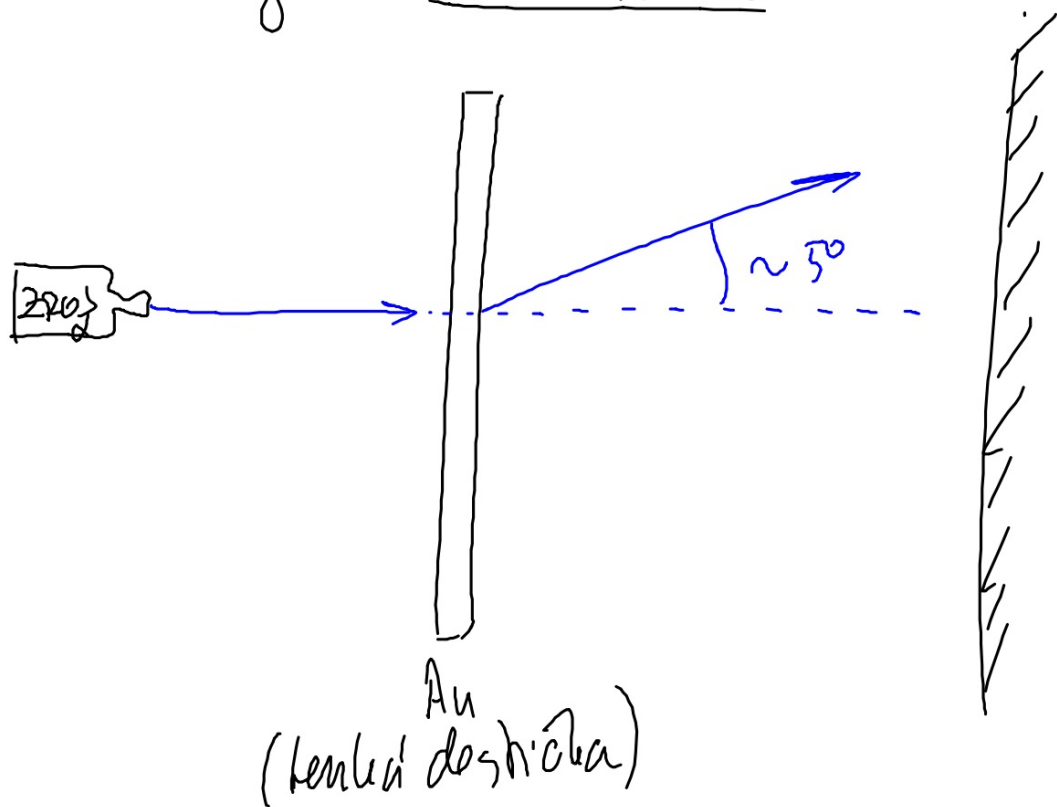
E. MARSDEN (1889-1970)

~ 1911

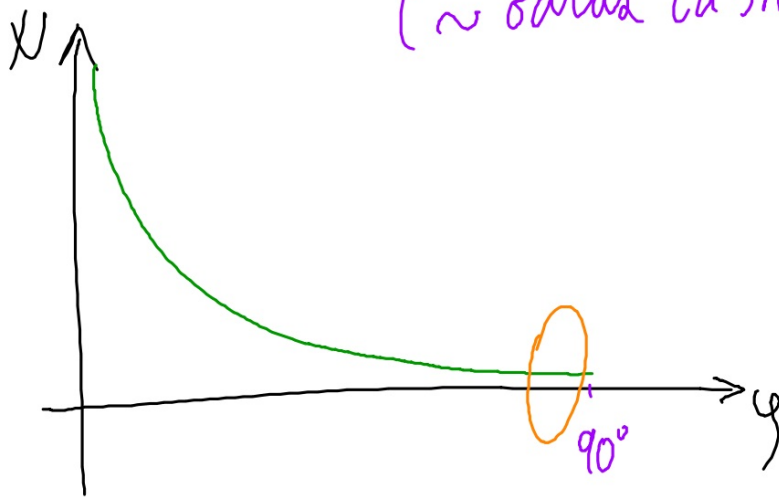
předpoklady:

- Thomsonův model ... atomu je e^- (až do značné části)
- α částice; $\alpha = {}^4_2\text{He}$
 $m_p \doteq m_n = 2000 m_e \Rightarrow m_\alpha \sim 8000 m_e$

- α čásh'ce bnde s atomem
interagovat MINIMÁLNĚ



u'sledak merenja: meklere & cizhice
 se rozptyluji pod uhlm
 URAZENÉ vřetomni' mez $\sim 5^\circ$,
 dokonca i vřetomni' mez 90°
 (~ odhous cizhice zpet)



$\Rightarrow$ ν atomu se nachází „zero“

- malé rozměry
- velkou hustotu

ATOMOVÉ JADRO

$$r_N \sim 10^{-15} \text{ m}$$

$$r_{\text{ATOM}} \sim 10^{-10} \text{ m}$$

$$m_N \sim 0,99 m_{\text{ATOM}}$$

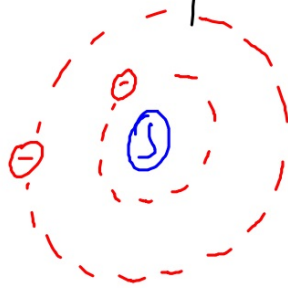
2 prí'mosy nêdê:

1) Rutherfordov (planetární) model
atomu

atom $\sim$ Sluneční soustava

• JA'DRA $\sim$ Slunce (CENTRUM)

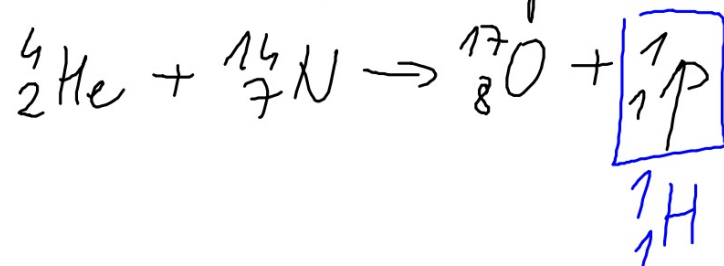
• e^- $\sim$ planety



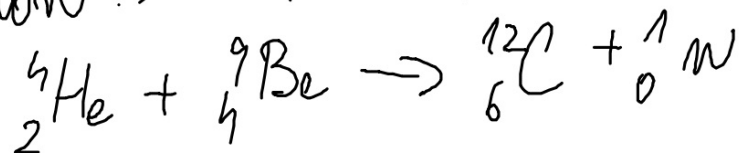
e^- ale nespárují
s jádrem $\Rightarrow$ struktura
energií $\Rightarrow$ podávají
na jádro

Složeni' jádra

- proton ... 1919 Rutherford



- neutron 1932 J. CHADWICK



NUKLEON - částice v jádře

$\begin{matrix} A \\ Z \end{matrix} X \dots$ NUKLID

- Z - protonové číslo
 - pozice X v PSP
 - chem. vlastnosti
 - malý jádra: $Q_s = Z \cdot Q_p = Ze$
- A - hmotnostní číslo (nukleonové)
 - hmotnost jádra
 - $m_s = Z m_p + (A - Z) m_n$
 - počet nukleonů

- dokazuje proměnit fyzika:
odlišit 2 NUKLIDY TÉHOŽ
PRVKU

${}_{92}^{238}\text{U}$, ${}_{92}^{235}\text{U}$... 2 různé nuklidy
(odlišit FYZIKA - magnet
mg. poli, ...)
a hlediska chemie: URAN

IZOTOPY - 2 NUKLIDY TÉHOŽ PRVKU
LÍŠÍ SE HMOTNOSTÍ

Vaseļona' enerģiē

bēzīnē: „Stēna pē slozēna z atel.”

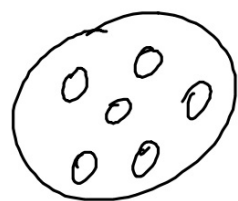
mihvost: „Ja'dro slozēna z mihleoni.”

→ pī bonvalm' stēmy: NUTNO KONAT
PRA'CI

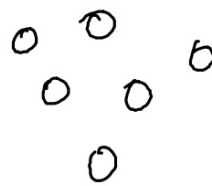
→ n'šē mredena' neta menis' plahit

VAZEBANÁ ENERGIE JE DÁNA
 PRACÍ, KTEROU JE TŘEBA V KONAT
 K ROZDELENÍ SYSTÉMU NA PODSYSTÉMY,

1) STABILNÍ SYSTÉM (stěna, stabilní
 mohlidy ...)



+ E →



m_s

+ Δm

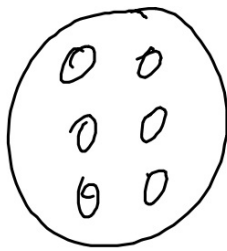
$m_s < \sum_{i=1}^n m_i$

$\sum_{i=1}^n m_i$

$\Delta m \sim E$

2, UNSTABLE SYSTEM

(radio-unstable = unstable)



$$\rightarrow \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} + E$$

$$M_S$$

$$\rightarrow$$

$$\sum_{i=1}^n m_i + \Delta M$$

$$M_S > \sum_{i=1}^n m_i$$

$$M_S + (-\Delta m)$$

$$\rightarrow \sum_{i=1}^n m_i$$

$$\sim -E$$

plach: $E = \Delta m \cdot c^2$

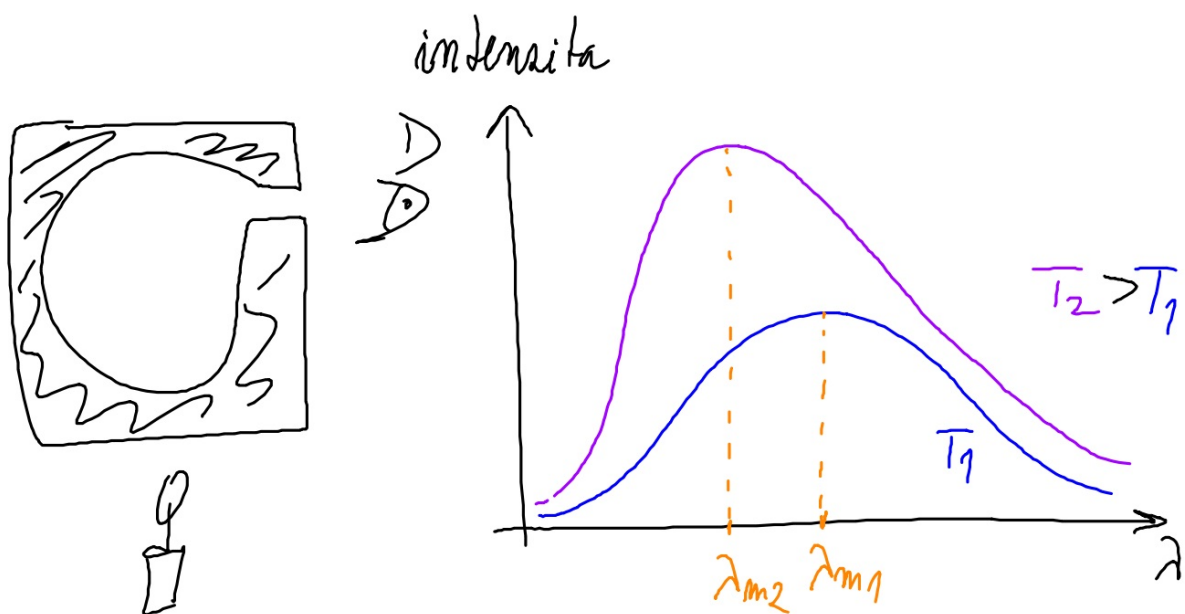
Δm - hmotnostný schodek
(u'lydek, deficit)

KVANTOVÁ FYZIKA

Kvantová hypotéza

— málo je HISTORICKÝ, neboť
je mnoha experimenty potvrzena

14. 12. 1900 — M. E. L. PLANCK (1858–1947)
publikoval odvození pro spektra
záření ABSOLUTNĚ ČERNÉHO
TĚLESA



~ 1897 — zistateno, ale NEPOPSA'NO
 MATHEMATICKY PRO CELY' INTERVAL
 VLN. DĚLEK ZÁŘENÍ

předpoklad Plancka: eling. záření
SE NEBÍŽÍ SPOJTE, ŽÍŽÍ
SE V KVANTECH (1916 - FOTON)

KAŽDÉ KVANTUM:

• frekvence $\dots f$

• energie $\dots E \sim f$

$$E = hf$$

h - Planckova konstanta
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

Jaka je energija fotona videlneho svetla?

$$\lambda \in (400, 800) \text{ nm}$$

$$\lambda = 600 \text{ nm}$$

$$E = ?$$

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{6 \cdot 10^{-7}}$$

$$E = 3,3 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2 \text{ eV}$$

($\sim E_{\text{si}}$ - energija potrebna za
svetlo)

$$1 \text{ eV} =$$

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

Fotoelektrichy' g'ov (fotoefekt)

pozorovat' na koncem 19. století, ale
vyřešený až Einsteinem v 1905

při osvětlení povrchu kov (polarizace)
el. záření se MUŽE uvolnit
 e^-

o klasická fyzika

vyšší intenzita záření $\Rightarrow$ vyšší energie
záření $\Rightarrow$ e^- se snáze uvolní

NEBYLO DOKÁZÁNO EXPERIMENTÁLNĚ

o kvantová fyzika (Einstein)

existují malé free el. záření, které je
schopno e^- uvolnit; přímá pro

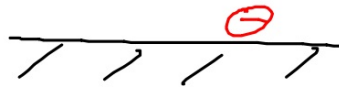
k fotoelektr. jevům

(BINÁRNÍ LOGIKA: FOTON ENERGIE MA' X NENA')

①



②



W - práca núdna' h vlnením e^-
 ($\sim$ rozebrná' energiu e^- v materiálu)

• $E_f < W \Rightarrow$ FOTOEFEKT NEMASŤVA'

• $E_k = W \Rightarrow$ FOTOEFEKT NASŤVA'

$$h f_m = W$$

• $E_f > W$

22E: $h f = W + E_k$

EINSTEINOVA RIE
 FOTOEFEKTU

česta k hmotnosti fotonu (jina! než
se vztahu mezi energií a hmotností)

$$E_f = hf \text{ lze chápat jako RELATIVISTICKOU ENERGIÍ}$$

$$\Rightarrow E_f = mc^2 \Rightarrow m = \frac{E_f}{c^2} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} = \frac{E_f}{c^2} \cdot c$$

hmotnost fotonu: $p = mc$

$$p = \frac{E_f}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

Polus o māmēriem' h

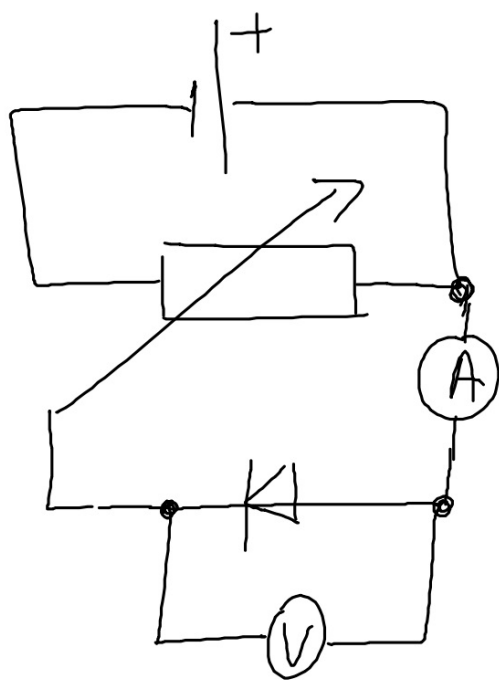
- māmērit VA nēloliha LED
- mōr'st $\underline{U_p}$
- māmērit spēlētum LED (skoro cā'wre')
- mōr'st $\underline{\lambda}$ pāi māv'mālm' intensitē

LED sn'it': Eel. pūndu & mēm'na E_{photon}:

$$\text{ZEE: } Q_e \cdot U_p = hf$$

$$Q_e \cdot U_p = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

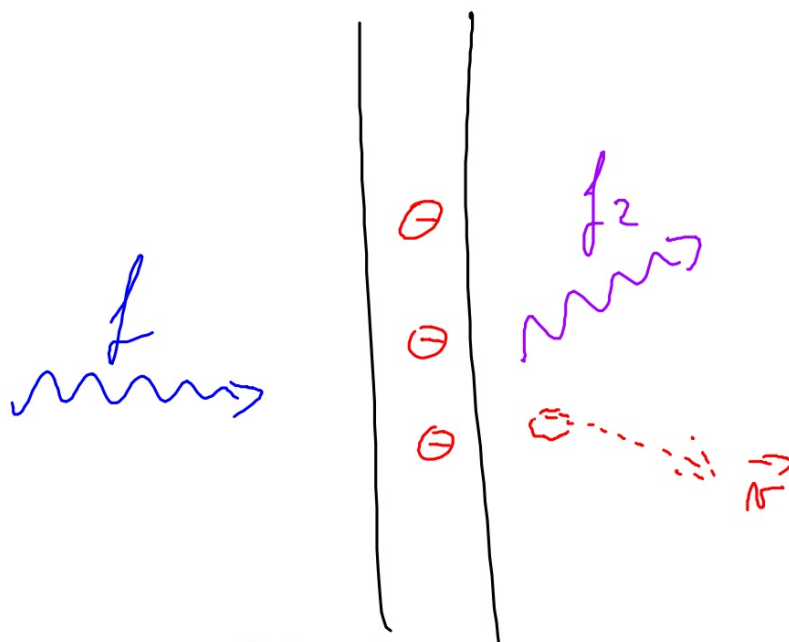
- da'no: $\underline{Q_e}, \underline{c}$
- Remett'ame: $\underline{U_p}, \underline{\lambda} \Rightarrow \text{ajoute } \underline{h}$



Comptoniŕ jŕo (rozptyl)

Einstein porazoval kvanta eliny.
svŕtlenŕ (foton) sa cŕstnice, aŕ
vyvolŕl fotoefekt

chŕlka, ŕe foton lŕe porazoval sa cŕstnŕ;
provedl akŕ aŕ A. H. COMPTON (1892-1962)
v roce 1922



f_2 - mēritelna'

f - avotil dany' zohuj; $hf \geq W_{e-} \Rightarrow$
 W_{e-} -se samedbat

opisat, se plati:

- ZZE: $hf = hf_2 + E_{ke-}$
($h \cdot f_2 < f$)

- ZZH ($\sim$ koule na stole)
 $\vec{p}_f = \vec{p}_h + \vec{p}_e$

→ FOTON LZE POKAŽOVAT
ZA ČÁSTICI („kuličku“)

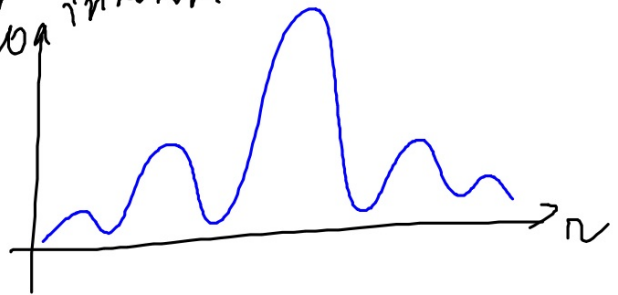
historicky:

- Newton
 - světlo je tok KORPUSKUL'
("kuliček")
 - nevysvětlí ožb, interference
- Fresnel, Young, ...
 - světlo je vlnění
 - vysvětlí i ožb, interference

• Compton
— svetlo je tak FOTON^o

"malo" je čiščica — splnute ZZH
(miz bolje na stole)

"malo" je volna — splnute ofo
schim'kloa ^{intenzita}



Vlnové vlastnosti částic

1924 - L. de BROGLIE (1892-1987)

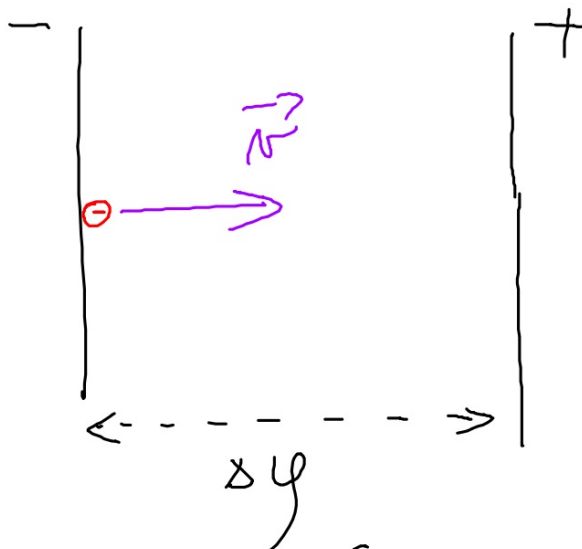
jestliže světlo, letá považované
za vlnění (Fresnel, Young), můžeme
chovat jako tak částic (Compton),
protože se nemohly částice chovat
jako vlny?

majit - li se cā'shice chovāt palus
olna, unsept' mit pluron dēllin

$$\text{foton: } p = \frac{E}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

cā'shice s hlonosh' $p = mv$ moŋi'
pluron dēllin: $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$

dūlezīte': $\lambda = f(\nu)$, ledz seŋme'na
nabite' oā'shice lse snodno nūŋhīt,
a hūm mēnīt λ



$$\text{ZEE: } E_e = E_k \quad (\text{no } v \ll c)$$

$$Q \cdot \Delta\phi = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\text{non-rel. } v = \sqrt{\frac{2Q\Delta\phi}{m}}$$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mQ\Delta\phi}}$$

P. n.

$$v = 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\lambda_e = ? \quad \lambda_p = ?$$

$$\lambda_e = \frac{h}{m_e v} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^6} \text{ m} = 7 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$\lambda_p = \frac{h}{m_p v} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 10^6} \text{ m} = 4 \cdot 10^{-13} \text{ m}$$

Experimenta'lni' di'kaz:

1927 - C. J. DAVISSON
L. H. GERNER

di'kaz VZNOVE' POVAHY ch'ishe $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ OHYB VZNE'M': $b \sim \lambda$ ($\bar{e}$: 10^{-10} m)

REALIZACE: KRYSYAL: $b \sim$ vzdalennost
atomny'kh re'ny'w



Povziki v praxi

1) Polovodične sončnice

fotorezistor

fotodioda

fototranzistor

nist citljivosti

nastavlja fotofekt po dogodu zavezan

DANE FREKVENCE

⇒ potreba el. odpora

⇒ uvolneni e^-

□ zadržati na površini

2, Solaru i člains

3, Fotona'sobric

rezilupe doprdaŕ'ci' svetlo a
přeměňuje na el. proud

4, CCD

fotopaparát, kamery, ...

přeměňuje doprdaŕ'ci' svetlo na el. proud

5) Dilekohlid pro nocnu' viden'

- resikupe 2 fture' svitlo 2 dane'
scen'
- princip ~ fotona'sobit'

6, Elektronų mikroskopas

- mišto šviesa vadinama e^-
- $\lambda_{e^-} \sim 10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ m}$
- principas miškoti $e^- \sim$ miškoti šviesa bei į mikroskopą, per akumuliatorių patenka e^- ir patenka į mikroskopą
- problema: paruošti

ATOMOVÁ FYZIKA

Rozdíl atomová a jaderná fyzika

• ATOMOVÁ FYZIKA

— slovně ATOM, tj. ELEKTRONOVÝ OBAL

— chemie

— $E \sim 10 \text{ eV}$

• JADERNÁ FYZIKA

— slovně JÁDRO ATOMU

— fyzikální ústky

— $E \sim 100 \text{ MeV}$

Spekta atomu

līdzsākotnizēta leņķu y50' mē OK

UZARUJE ELN6. ZA'RĒM'

sonāsnē lēlā ELN6. ZA'RĒM' POHLCUSI'

Spektrums:

1, dle apūsobn nāmū:

- EMISIJA' - ja UZARĒM'no lēlēm
- ABSORPĒM' - ja POHLCOM'no lēlēm

2, dle "tramu"

- SPOJITE' – VSECHY VLN. DE'LY
Z DANÉHO INTERVALU
- ČA'ROVE'
 - NĚKTERÉ VLN. DE'LY ČYBĚJÍ'
(absorpce')
 - OBSAHUJE JEN NĚKTERÉ
VLN. DE'LY
(emise')

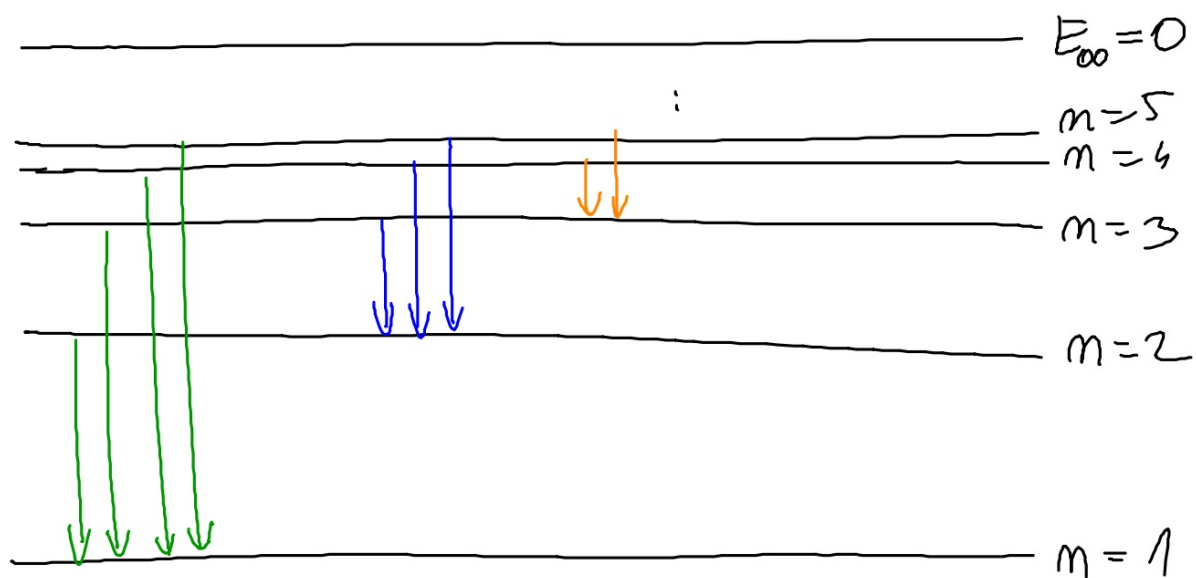
Spektrum atomu vodíku

vodík - nejjednodušší na popis:
1 e^- v obalu

1885 - J. BALMER (1825 - 1898)

původně spektrum ne viditelné
oblasti elong. záření

emitované záření lze sdružit do SÉRIÍ
podle toho, na jakou hladinu e^- padá



$n=1 \dots$ ЗАКЛАДНИ СТАВ

$n=2$ EXCITONANE 'СТАВ
 $n=3$
 $\vdots$

↓↓ pa'd e^- na 2. hladinu ...

--- BALMEROVA SÉRIE;

λ zářím' při pa'du e^- z nižších
energetických hladin ($n > 2, n \in \mathbb{N}$)
jsou podobné: $\lambda \in (400, 800) \text{ nm}$

podobně i f'y pro nižší d'lejší sérii

↓↓↓

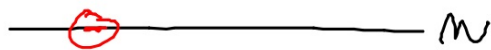
LYMANOVA SÉRIE; λ ... UV

↓↓↓

PASCHENOVA SÉRIE; λ ... IR

priznaku' popis:

①



②

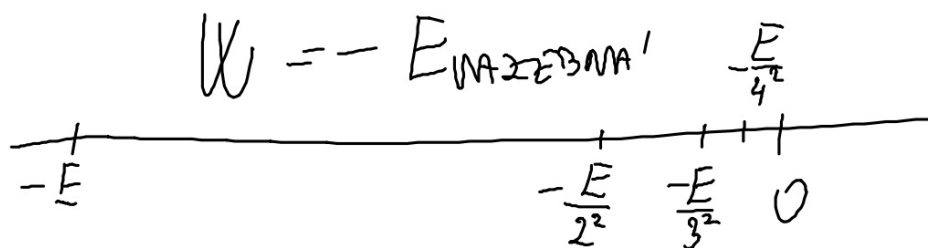


$$\Delta E: hf_{mm} = E_m - E_m \quad (1)$$

$$\text{gle odrazeno: } E_m = -\frac{E}{n^2} \quad (2)$$

vrata (2):

- mudi' plati: $n \uparrow \Rightarrow E_n \uparrow$
- $n \uparrow \Rightarrow \underline{c}$ dalje od jadra $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ slabiji vz'ain k jadru $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ snadneji ho lse involuit
a atomu $\Rightarrow E_{\text{vazebna}}'$ klesa'



(2) do (1)

$$h f_{mn} = -\frac{E}{n^2} - \left(-\frac{E}{m^2}\right)$$

$$h f_{mn} = E \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\text{po } n > m \Rightarrow \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} > 0$$

$$E = 13,6 \text{ eV}$$

$$\frac{mv^2}{r} = k \frac{e^2}{r^2}$$



$$mrv = n\hbar$$

$$v = \frac{n\hbar}{mr}$$

$$\frac{m}{r} \frac{n^2 \hbar^2}{m^2 r^2} = k \frac{e^2}{r^2}$$

$$r = n^2 \frac{\hbar^2}{m k e^2}$$

$$v = \frac{n \hbar}{m r} = \frac{\cancel{n \hbar}}{\cancel{m} \cancel{n^2 \hbar^2}} \cancel{m k e^2}$$

$$v = \frac{k e^2}{n \hbar}$$

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \frac{m k^2 e^4}{n^2 \hbar^2}$$

$$E_p = -\frac{k e^2}{r} = -\frac{k e^2}{n^2 \hbar^2} m k e^2 = -\frac{k^2 m e^4}{n^2 \hbar^2}$$

$$E_k + E_p = -\frac{1}{2} \frac{m k^2 e^4}{n^2 \hbar^2} = -\frac{E}{n^2} = \text{const.}$$

Bohrov model atoma

N.H.D. BOHR (1885 - 1962)

1913 - Bohrov model

3 postulāti:

1, Atoms ir briedis kladnē nabitām
pārdienā a elektronu obālā.
el. neitrālais atoms: $Q_s = -Z Q_e$

2) Atom se môže nachádzať len v takých kvantových stavoch, ktoré majú určitú hodnotu energie. V tomto stave atom nevydáva ani neprijíma energiu.

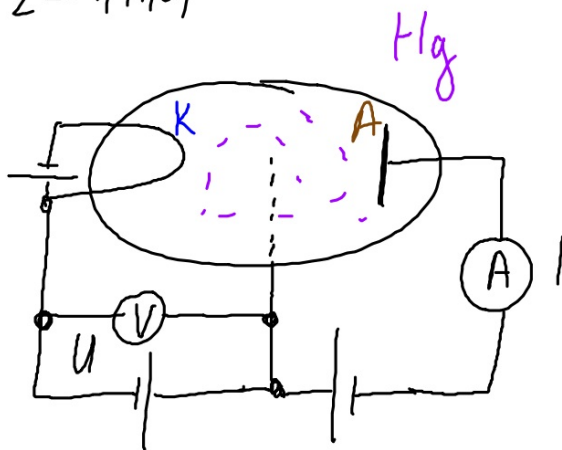
3) Pri prechode ze stacionárneho stavu s energiou E_m do stavu s nižšou energiou E_n môže atom vyžiť zážiar o frekvencii danej vzťahom $h f_{mn} = E_m - E_n$. Pri pohlcaní fotónu s touto frekvenciou prejde atom ze stavu s energiou E_m do stavu s energiou E_n .

Düker

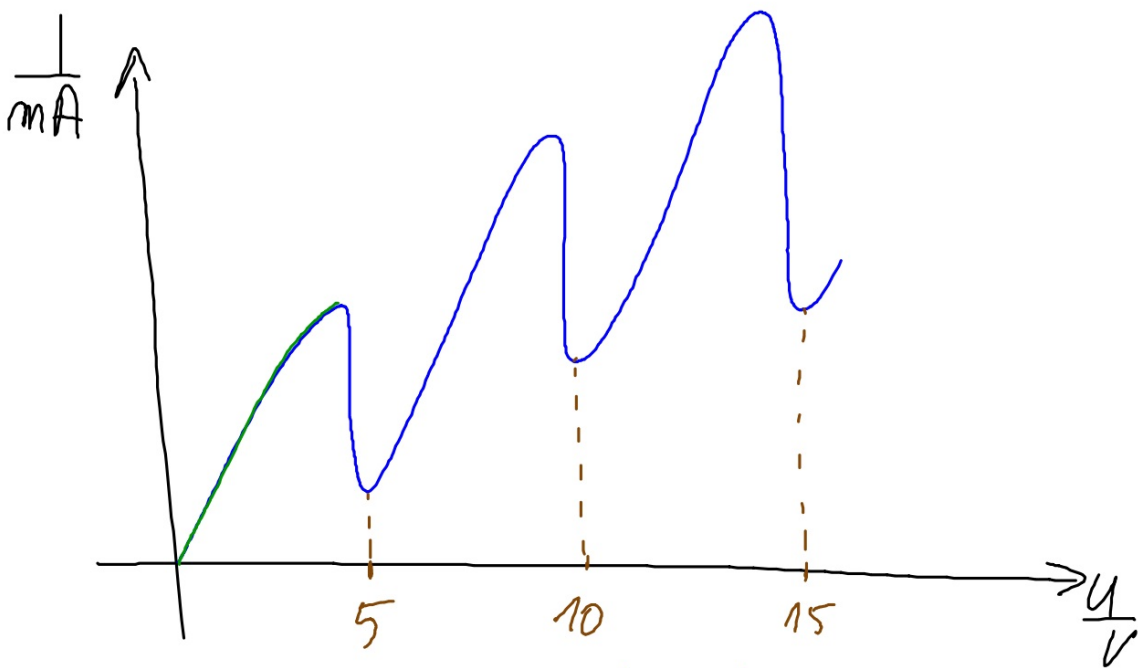
J. FRANCK

G. L. HERTZ

1912 - 1914



mē iem' | pī'
mīsta napīn' U



el. proud prohe'zi'

$U \sim 5$ V — poles proud; rozdíl
energetických hladin atomu Hg: $E \sim 5$ eV

Kvantová čísla

nutná pro popis rozložení
elektronů v obalu pomocí pravidel-
podobnosti ($\sim$ ORBITALŮ)

3 čísla:

- HLAVNÍ ... n ; určuje energii
příslušného stavu; $n \in \mathbb{N}$
- VEDLEŠÍ ... l ; $l = 0, 1, \dots, n-1$;
určuje tvar orbitalu

◦ MAGNETICKÉ' ... m ; $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$;
 různé orientace orbitalu
 v prostoru

stav elektronu: popisán (n, l, m)

n	l	m	
1	0	0	1 stav
2	0	0	4 stavy
	1	-1, 0, 1	
3	0	0	9 stavů
	1	-1, 0, 1	
	2	-2, -1, 0, 1, 2	

počet stromů pro dané n :

$$\sum_{l=0}^{n-1} (2l+1) = 1 + 3 + 5 + 7 + \dots + 2n-1$$

aritmetická posloupnost:

$$a_1 = 1$$

$$p = n$$

$$a_p = 2n-1$$

$$s = \frac{p}{2}(a_1 + a_p) = \frac{n}{2}(1 + 2n-1) = \underline{\underline{n^2}}$$

pro dané n je n^2 různých stromů

experimenty ukazaly, ze exp
2 m^2 stoni^o pro dane¹ n

$\Rightarrow$ m^udro zanest dal^{si} čí^{sl}o,
pro^{du}ce $SPin$ (spinore¹ magneto¹číslo) $\dots m_s$

• $\pm \frac{1}{2} \dots e_1 \dots$; FERMIONY

• $\pm 1, \dots$ BOSONY