

1) ATOMY

PRŮLOVINA 19. STOLETÍ

- CHEMICKÝ ATOMISMUS
- 1857 - KINETICKÁ ENERGIE PLYNŮ - TEPLOTA JE ÚMĚRNÁ STŘEDNÍ KVADRÁTIČKÉ RYCHLOSTI.

MONODI' POŘE O CHAR. RYCHLOSTI CEZÉHO SOUBORU

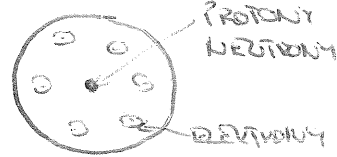
- 1860 - ZÁKON ROZDĚLENÍ RYCHLOSTI V PLYNU
- 1862 - ANGSTROM ~~224~~ - SPEKTRUM ATOMU VODÍKU
- 1897 - OBJEV ~~224~~ ELEKTRONU - THOMSON
'NABITÁ ČÁSTICE'

POČÁTEK 20. STOLETÍ

- 1911 - ATOMOVÉ JÁDRO - RUTHERFORD - EXPERIMENT, KTERÝ POPŘEL THOMSONŮV RUDINKOVÝ MODEL
- DIFRAKCE RTG ZÁŘENÍ - 1912 - LAUE

ATOMY EXISTUJÍ A JSOU STABILNÍ, I KŤ TAKOVÍ BYT PODLE KLASICKÉ FYZIKY BYT NEHTAJÍ. A MAJÍ ČAROVÉ SPEKTRUM.

NABITÁ ČÁSTICE POHYBUJÍCÍ SE ZRCHLAJE VEDY VZBUDÍE ELEKTROMAGNETICKÉ VLNĚ. POHYB PO KRUŽNICI JE ZRCHLEŮ. VŠECHNY ATOMY STEJNÉHO TYPU JSOU STEJNÉ. (PRŮV)



ATOM V ČÍSLECH

VELIKOST - $a \approx 10^{-10} \text{ m} \approx 1 \text{ \AA}$

POČET - $N_A \approx 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}$

HMOTNOST - ELEKTRONU $m_e = 10^{-30} \text{ kg}$
 $m_p \approx m_n = 10^{-27} \text{ kg}$

ENERGIE V eV - $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

VÁZEBNÁ ENERGIE ATOMU (eV)
(V STATICKÉ ZKUSBY)

BOHR - PRVNÍ TEORETICKÝ MODEL, MUSÍ KLASICKÉ PRINCIPY FYZIKY UPRAVIT, NĚCO DODAT, (ZMĚNĚNÍ)

STUDIUM ATOMOVÉ STRUKTURY

DIFRAKCE

NEVIDIT
ATOMY
(NEPŘÍMÁ METODA)

MIKROSKOPIE

VIDIT
PŘÍMO ATOMY

ATOM A ZAŘEZENÍ

①

- I SARONÝ ATOM, MŮŽE BÝT ZAŘEZENÍ
- STUDIUM POUZEHU (STRUKTURY), POKOCI DIFRAKCE ATOMŮ
- 1895 - OBJEV X-PAPRSKŮ - RÖNTGEN
- 1895 - EXPERIMENT S ČERNÝM TĚLESEM
- 1900 - PLANCKŮV VZÁPOVADÍ ZÁKON

SVĚTLO

- SVĚTLO SE ROZPADÁ NA KVANTA, JAKO VLNA SE CHOVÁ JEN NĚKDY JAKO ROJ ČÁSTIC JINĎY
- ČÁSTICE SE ROZPLÝVAJÍ DO VLN, MOHOU INTERFEROVAT A DOPLĚHAT OHLAVU

ČÁSTICE

$$E, \vec{p}$$

$$\begin{array}{|l} E = h \cdot \omega \\ \vec{p} = h \cdot \vec{k} \end{array}$$

VLNA

(KULOVÁ, ROVINÁ (IDEALIZACE KULOVÉ))

$$\omega, \vec{k}$$

$$h = \frac{h}{2\pi}$$

VLNOČÍSLO

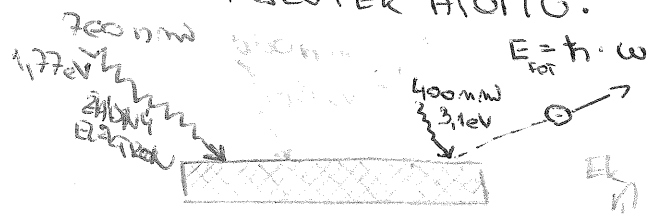
KLASICKÁ FYZIKA ČÁSTICE NEBO VLNA
KVANTOVÁ FYZIKA ČÁSTICE A/NEBO VLNA

ENERGIE ELEKTROMAGNETICKÉHO POLE JE ROZKOUSKOVÁNA,
NA KVANTA, ~~SVĚTLO NEMŮŽE EXISTOVAT~~

2) PŘEMĚNA A BUZENÍ SVĚTLA

FOTOELEKTRICKÝ JEV - MIZÍ SVĚTLO A OBJEVÍ SE ELEKTROU
(FOTON SE ZRODIL V ROCE 1905) ABSORPCE SVĚTLA => ZÁNIK FOTONU => VYBAZENÍ ELEKTROU.

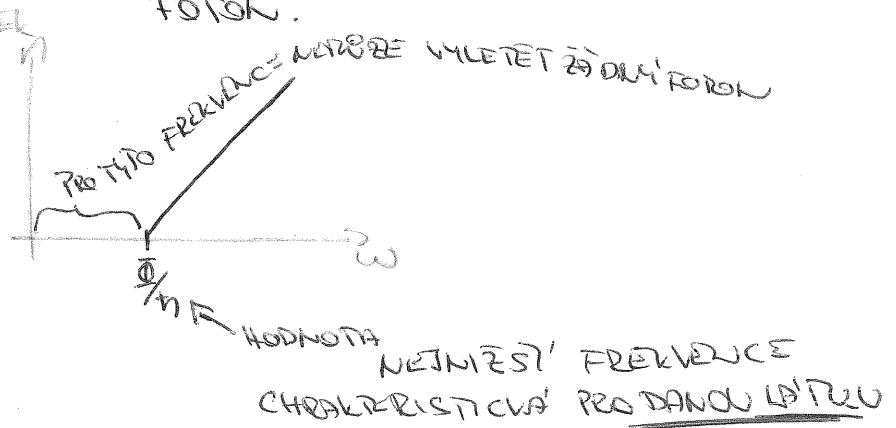
NA NĚCO POSVÍTÍM A OKAMŽITĚ JSOU EMITOVÁNY ELEKTRONY BEZ JAKÉKOLIV PRODLEVY. PŘI ZVÝŠENÍ INTENZITY POSTEPOUČET EMITOVANÝCH ELEKTRONŮ (FOTOELEKTRONŮ), JEJICH KINETICKÁ ENERGIJE, ALE NEROSTE. ČERVENÉ SVĚTLO NEZPŮSOBÍ EMISÍ ELEKTRONŮ. FIALOVÉ SVĚTLO ZPŮSOBÍ FOTODISÍ (VYBAZENÍ ELEKTROU FOTODET) JEJICH KINETICKÁ ENERGIJE JE VYŠŠÍ NEŽ PRO SVĚTLA VYŠŠÍCH VLNOVÝCH DĚLEK. VNEŠNÍ FOTOEFEKT, PŘI NĚM VYBAZÍME VODIVOSTNÍ ELEKTRONY Z KOVU, VNITŘNÍ FOTOEFEKT VYBAZÍME ELEKTRONY Z VNITŘNÍCH SLUPEK ATOMU.



FOTON BUĎ VZNIKNE A PAK ZAMIKNĚ, NEBO NENÍ NIC A NAJEDNOU VZNIKNE FOTON.

$$h \cdot \omega = \Phi + E_{kmax}$$

↑
VÝSTUPNÍ PRÁCE



RENTGENOVÉ ŽÁŘENÍ - ZASTAVÍ SE ELEKTROU A OBJEVÍ SE FOTON (SVĚTLO) S FREKVENCÍMI V NEJAKÉM INTERVALU, KTERÝ JE Z JEDNÉ STRANY UZAVŘEN - JE NEPŘEKROUŽELNÝ

$$eU = h \omega$$

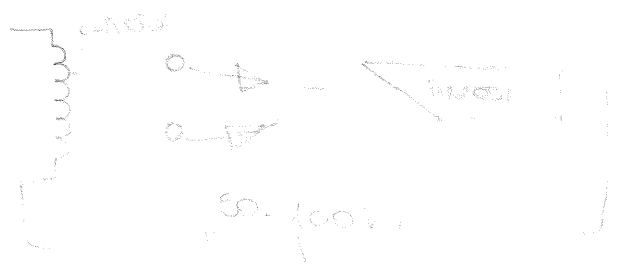
$$eU = E_k = E_k + h \omega$$

NA ZAČÁTKU MĚL ELEKTROU NĚJAKOU KINETICKOU ENERGIJI KA KONCI MA KINETICKOU ENERGIJI ROVNOU NULĚ. KINETICKÁ ENERGIJE JE ROVNA POTENCIÁLNÍ KINETICKÁ ENERGIJE PŘEJDE DO POTENCIÁLNÍ

NEJMĚŠÍ VLNOVÁ DĚLKA

$$\lambda_{min} = \frac{hc}{eU}$$

PŘEDHOVÁ HODNOTA VLNOVÝCH DĚLEK JE STEJNÁ PRO VSECHNY MATERIÁLY



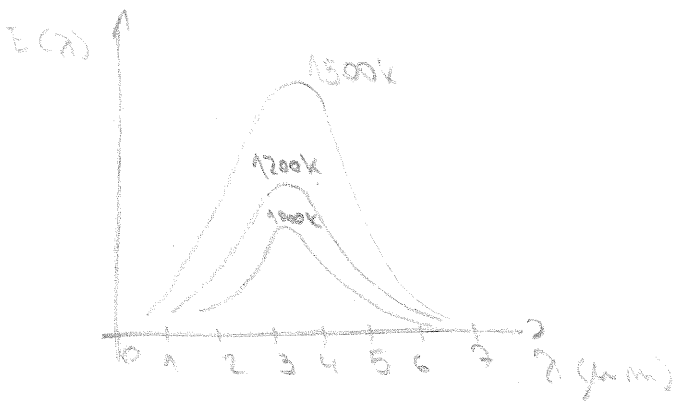
ZÁŘENÍ ČERNÉHO TĚLESA

KÁŽDA LÁTKA EMITUJE ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ, ZÁVISÍ NA JEJÍ TEPLOTĚ. TATO SCHOPNOST VYZÁŘOVAT SOUVISÍ SE SCHOPNOSTÍ LÁTKY ABSORBOVAT ZÁŘENÍ. STĚNY TĚLESA NEUSTÁLE ABSORBUJÍ A EMITUJÍ ZÁŘENÍ A TAK V DUTINĚ VEMKNE ROVNOVÁŽNÝ STAV, V NĚMŽ JSOU STĚNY DUTINY V TERMODYNAMICKÉ ROVNOVÁŽE S ELEKTROMAGNETICKÝM POLETÍM, ZÁŘENÍ TAK PŘÍRÁDÍME TĚLSTU, KTERÁ JE ROVNA TEPLOTĚ, NA NIŽ JSOU UDRŽOVÁNY STĚNY DUTINY.

$$E = \sigma \cdot T^4 \quad \sigma = 7,561 \cdot 10^{-16} \text{ J m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

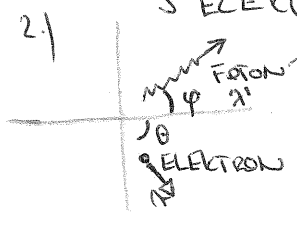
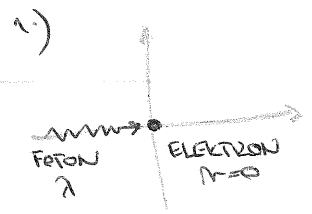
↑ CELKOVÁ ENERGIE ↑ TEPLOTA STEFAN-BOLTZMANOVA KONSTANTA

TATO ENERGIE JE NEKONTINUĚNĚ ROZPOSTRĚNA PŘES VŠECHNY FREKVENCE.



COMPTONŮV ROZPTÝL

- ELEKTRON V KLIDU, DOPADNE NA NĚJ FOTON, S ELEKTRONEM TO CUVNE A PO STRÁŽCE NOVÝ FOTON POKRÁČUJE DÁLĚ.



$$p = \text{konst} \cdot \vec{h}k + 0 = \vec{h}k' + \vec{p} \quad \text{FOTON ELEKTRON}$$

$$E = \text{konst} \cdot (h\nu) + mc^2 = h\nu' + \gamma mc^2$$

STARÝ FOTON ZHYNĚ, NOVÝ FOTON SE ZRODÍ!

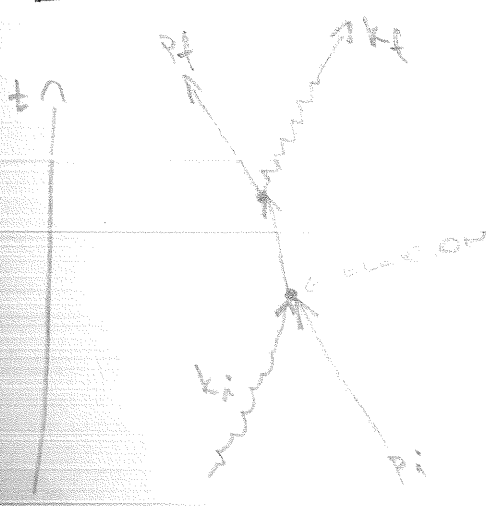
V Kvantovém světě zapisujeme začátek a konec.

COMPTONŮV POSUV

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos\varphi) \quad \frac{h}{m_e c} = 243 \text{ pm} - \text{COMPTONOVA VLNOVÁ DÉLKA ELEKTRONU.}$$

ČIM JE ÚHĚL φ VĚTŠÍ, TÍM JE POSUV VĚTŠÍ!

FEYNMANOVY DIAGRAMY



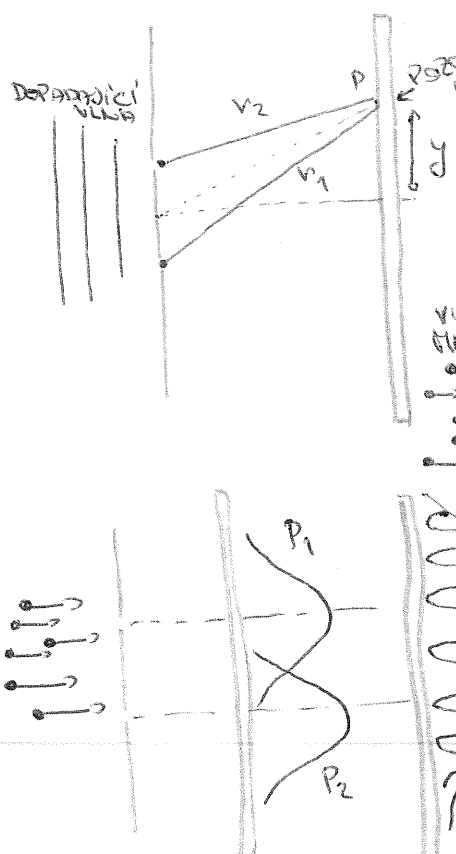
CO JE SVETLO?

VLNA & ČASTICE VS.

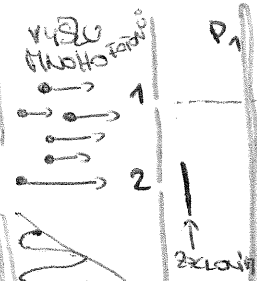
SE SPOJUJE SE ŠÍŘENÍM SVĚTLA

SE SPOJUJE S DETEKCI

YOUNGŮV DVOJSTĚŽBINOVÝ EXPERIMENT



POČÍTEME MEREM EFEKTIVNÍ ENERGIÍ
 $E^2 = (E_1 + E_2)^2$ - OBE ŠTĚRBINY OTEVŘENY
~~OTEVŘU JEDNU ŠTĚRBINU~~
 INTENZITA JE STŘEDNÍ HODNOTA ENERIE



$$P_{\text{PRO}}(0, \uparrow) = \frac{N(x)}{EN(x)}$$

POČET ZÁRÁSKŮ V MÍSTĚ
VŠECHNA ZÁRÁSKA

PRO P₁ PLATÍ P₁ ~ $\langle E_1^2 \rangle$ A PRO P₂ TAKY PLATÍ P₂ ~ $\langle E_2^2 \rangle$ JE MÍROU PRAVDĚPODOBNOSTI

SOUCET INTENZIT $\langle (E_1 + E_2)^2 \rangle$ PŘIBLIŽNĚ PLATÍ PRO P₁₂, P₁₂ SE VŠAK NEROVNÁ SOUCETU PRAVDĚPODOBNOSTI P₁ A P₂

P - PRAVDĚPODOBNOST

JINÝ EXPERIMENT - ČACI ZJIŠTIT, KTEROU ŠTĚRBINU PŘEŠEL => ZHLEDI INTERFERENCE MEZI ŠTĚRBINU A STÁTNÍKO UJÁŠTĚNÍ NĚ JAKÉ ČASTICE.

JE TO EMAG. VLNA A ZÁROVENŮ FOTON - DVOJŠTĚŽBINOVÝ EXPERIMENT MŮŽE VYSVĚTLIT ZPŮSOBÍ ORBITY, ALE I ZPŮSOBÍ FOTONŮ

1911 - RUTHERFORD - MODEĽ ATOMU A JAKO JÁDRA

1913 - NIELS BOHR - BOHRŮV MODEĽ ATOMU

CO JE ELEKTRON

ELEKTRON A DE-BROGLIEHO VLNA

ČASTICE

EINSTEIN 1905

VLNA

MA ENERGIÍ A MĚŘENOST

$$E = h \nu$$

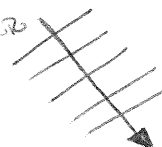
DE BROGLIE

$$\omega = k \lambda$$

MAŠL EXPERIM. NEKONZIST. Z PŘEDCHOZÍM EXPERIMENTEM

$$E = h \cdot \omega$$

$$\vec{p} = h \cdot \vec{k}$$



MĚŘENOST PŘEDPOJATELE λ

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

ELEKTRON MŮŽE DIFRAKOVAT.

DAVISSONŮV-GERTERŮV EXPERIMENT (1925)

- SNAŽILI SE OŠETŘIT BOHRCH
- DO VAKUOVÉ KAP. JIŽ VAKUUM VĚDUCH
- ZKOUŠELI VŠIMLI SI, ŽE SE ELEKTRONY NEZPŮSOBUJÍ KŘÍŽE JEDNOHO ŠTĚRU (DOCHÁZELO K DIFRAKCI)
- NECHTELI POTVRDIT DE BROGLIEHO
- ZAHŘÁTÍM VAKVA SE ODELA PERIODICKÁ (SÍŤKOVINA) VŠADŮ A ZAHŘÁTÍM ZÍSKAŮ VAKUUM.

$$m \lambda = d \sin \varphi$$

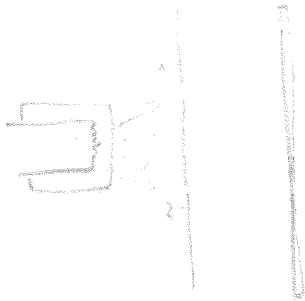
DIFRAKČNÍ ÚHEL
 VŠADĚNOST ATOMŮ V MĚŘIČCE
 NEJÍ BRAGGŮV ŘÁDKŮ

OPĚT DVOJŠTERBINOVÝ EXPERIMENT

POŠLU JEDNU ELEKTROU A ZA DLOUHOU POSLU DALŠÍ

OPĚT JEDNU ŠTERBINU ZAPLOUVÍM, POŠLU ELEKTROU, ZAPROUDÍM ŠTERBINY, KLASICKÉ STŘEŽENÍ DŮLE 'ŠTERBINY, ROZLOŽENÍ' PRONĚPŘODIVOSTI DETEKCE ELEKTROU NA SÍTKU JE STEJNÁ JAKO ROZLOŽENÍ INTENZITY VLNY S VLNNOU DÉLKOU ROVNOU $\lambda/2$

$$P_{12} \neq P_1 + P_2$$

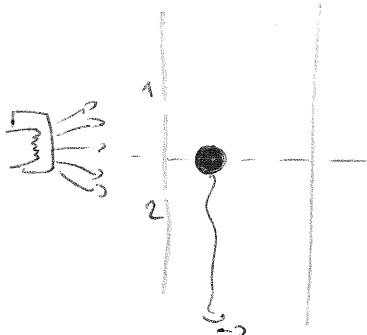


STŘEŽENÍ
DLOUHÁ DÉLKA

MODIFIKACE DVOJŠTERBINOVÉHO EXPERIMENTU S MAGNETICKÝM POLETÍM

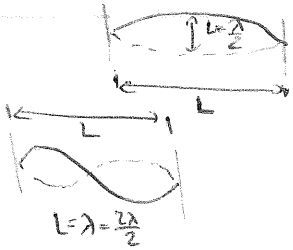
ATAKONŮV-BOHMŮV JEVI 1959

MAGNETICKÉ POLE JINĚ ELEKTROU NEPROCHÁZENÍ, ONLIVU INTERFERENČNÍ OBRÁZE



\vec{B} - ROUZE VĚTO REČE
MAG. POLE

JESTLIŽE JE ELEKTROU ONĚJŠEJ EXISTUJE ANALOGIE SE STĚJATOU VLNOU NA STRONĚ, S OBĚTA KAUZI UPRVĚNĚA.



$\lambda = \frac{h}{p}$; KVANTOVANÍ ENERGIE $E_n = \left(\frac{h^2}{8mL^2} \right) n^2$

$E = \frac{p^2}{2m}$

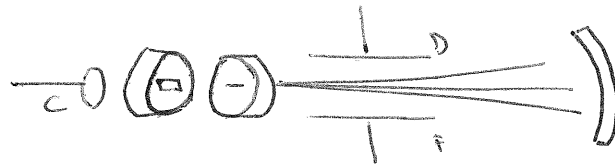
$L = \frac{n\lambda}{2}$

ELEKTROU

ČÁSTICE

- HMOTNOST $\sim 10^{-31}$ kg
- KARBA $\sim -1,602 \cdot 10^{-19}$
- MAG. MOMENT $\sim -9,284 \cdot 10^{-24}$ $\frac{J}{s}$

E - EL STAT POLE 1897



J.J. THOMSON - OTEC ČÁSTICE

$F = Q \cdot \vec{E} + Q(\vec{v} \times \vec{B})$ B - EL MAG POLE

VLNA

G. P. THOMSON - SYN

EXPERIMENT 1926 VLNA

ELEKTROU PROLETĚVAL TENKOU PÓLÍ

DIFRAKCE ČEHOLIV NA ČEHOLIV

4.

ČEHOLIV

FOTON

ELEKTRON - LEED ; HEED

NEUTRON

ATOM - He, Na - STUDIUM POUVRCHU

ČEHOLIV

ELEKTRON, FOTON - KRISTAL

ELEKTRON NA SVĚTLE

RTG NA KRISTALU - BRAGGŮV ZÁKON
 $2d \sin \theta = m \lambda$

POVOLNÝCH ELEKTRONŮ NA POUVRCHU KRISTALU
STUDIUM POUVRCHU

NEUTRONŮ NA KRISTALU

SPŮSOB INTERAKCE, INTERAKCE JE POURE V BLÍZKOSTI JADRA, ~~PROZRAČNOST~~ ^{NA POUVRCHU}
STUDIUM OBJEKTU

ATOMOVÝCH SVAZKŮ NA POUVRCHU KRISTALU

ELEKTRONŮ NA SPOJITÉ VLNĚ

UDĚLATI MŘÍŽKU POMOCÍ SVĚTLA - PRO ELEKTRONŮ DIFRAKČNÍ MŘÍŽKA

FULERENŮ NA NANOSTRUKTUŘE

BIOMOLEKUL

K MIKROSVĚTU PATŘÍ

VLNA - ČÁSTICE

PŘEVĚRODOBŇNOST

KOROTOST

ANIHILACE / KREACE

KVANTOVANÍ

PRINCIP KORESPONDENCE - V PŘÍPADĚ VELKÝCH INTENZIT \rightarrow SPJITĚ S SVĚTLEM

&
h

PLANCKOVA KONSTANTA

$h = 6,626 069 57 \cdot 10^{-34}$ NEJISTOTA $4,4 \cdot 10^4$

MAX PLANCK - 1900

V TĚTO PŘÍČINĚ POPRVĚ OBJEVILA BO LTZMANOVA KONSTANTA

5. ZÁKLADY KVANTOVÉ MECHANIKY

VLNOVÁ FUNKCE A SCHRÖDINGEROVA ROVNICE

(ODKAZ NA LAGRANGIÁN)
V KVANTOVÉ MECH. NENÍ
SÍLA, JE TAM POT. ENER.

KLASICKÁ FYZIKA

SALTO
 $\vec{r}(t); \vec{p}(t)$
 $\sum \vec{F}_i = m \cdot \ddot{\vec{r}}(t)$

KVANTOVÁ MECHANIKA

STAV HINGROVÝ
 $\psi(\vec{r}; t)$ - VLNOVÁ FUNKCE - NAZÝVÁ SE TAK Z HISTORICKÝCH DŮVODŮ
 $i\hbar \frac{\partial \psi(\vec{r}; t)}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi(\vec{r}; t) + E_P(\vec{r}) \psi(\vec{r}; t)$ - POTENC. EN. ČÁSTICE
POHYBOVÁ ROVNICE (SCHRÖDINGEROVA ROVNICE)

VLNOVÁ FUNKCE - JE TO PRAVDĚPODOBŇOSTI DETEKCE V ČASE t V ELE-
PRÁVĚ PRAVDĚPODOBŇOSTI NĚKTERÝM OBJEMU $dV = dx dy dz$ OPŠANĚM KOLETT
BODU $r = (x, y, z)$

$$dP(\vec{r}; t) = |\psi(\vec{r}; t)|^2 dV$$

HUSTOTA PRAVDĚPODOBŇOSTI - TADY UŽ VÝZNAM MÁ
PSI SAMA O SOBĚ FYZIKÁLNÍ VÝZNAM (V ČASE t UVIŽÍ).
NEMĚRITELNÉ!!!

DVA POHLEDY NA ψ (PSI)

EINSTEIN

- UDÁVÁ PRAVDĚPODOBŇOST VSKYTU
- ČÁSTICE VSAI NĚKDE JE
- JE TAM SAMA O SOBĚ
- MŮŽEME ZJISTIT VÍCE NEŽ $|\psi(\vec{r}; t)|^2$
- SM-FUNGUJE, ALE JEN ČÁLNĚ

BOHR

- (KODANSKÁ ŠKOLA)
UDÁVÁ PRAVDĚPODOBŇOSTI DETEKCE
- BEZ DETEKCE ČÁSTICE NENÍ NIKDE
- DETEKCE V KONTEXTU S PŘÍSTROJEM
- NEURČITOST - ZÁKLADNÍ OMEZENÍ SM - JE ÚPLNĚ

HEISENBERGOV PRINCIP NEURČITOSTI

$$\Delta x \Delta p_x \geq \hbar$$

NEDE TO ZMĚRIT, NE ŽE TO NEJMĚME, JE TAM NEURČITOST

DVOJŠTĚRBINOVÝ EXPERIMENT

OVĚŘOVÁ ŠTĚRBINA 1 ψ_1
" " " 2 ψ_2

OBE ŠTĚRBINY

$$\psi = \psi_1 + \psi_2$$

- MUSÍ PRAVIT SUPERPOZICE

PRAVDĚPODOBŇOST JE ÚMĚRNĚ K VĚŠTĚ ψ

$$P_{1+2} \propto |\psi|^2 = (\psi_1 + \psi_2)(\psi_1 + \psi_2)^* = \psi_1 \psi_1^* + \psi_2 \psi_2^* + (\psi_1 \psi_2 + \psi_1 \psi_2)^*$$

ψ JE PRINCIPIELNĚ KOMPLEXNÍ

↓ KOMPLEXNĚ SPRUŽOVÉ ψ_1

POHYBOVÁ ROVNICE MIKROČÁSTICE

$$\Delta = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right)$$

$$i\hbar \frac{\partial \psi(\vec{r}; t)}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi(\vec{r}; t) + V(\vec{r}) \psi(\vec{r}; t)$$

ψ - není relativistický
 INVAZIVNÍ PROTOŽE
 Δ JE DRUHÁ DERIVACE POLOHY
 A NA LEVÉ STRANĚ MÁM
 POUZE PRVNÍ DERIVACI E

$$i\hbar \frac{\partial \psi(\vec{r}; t)}{\partial t} = \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + V(\vec{r}) \right) \psi(\vec{r}; t)$$

LAPLACEŮV OPERÁTOR (ROZŠŘENÍ DO 3D)

HAMILTONIÁN

$$i\hbar \dot{\psi} = \hat{H} \psi$$

- ČTYŘKOMPONENTNÍ WAVEOVÁ FUNKCE (SPINOR)

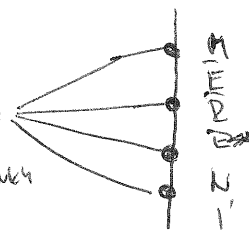
JE POTŘEBA ZADAT POČÍTEČNÍ
 A SOUVISLOUJÍCÍ PODMÍNKY

ROZÁTEK



$$i\hbar \dot{\psi} = \hat{H} \psi$$

POČÍTEČNÍ PODMÍNKY



- RŮZNÁ PRŮBĚHOVÁ PŘEDPŘÍRODNOST

ŘEŠENÍ SCHRÖDINGEROVY ROVNICE

$$\psi(\vec{r}; t) = e^{i(E/\hbar)t} \cdot \psi(\vec{r})$$

STACIONÁRNÍ STAV

NERUJÍCÍ ČAS (NEMĚNÍ SE V ČASE)

POSSOUM

$$|\psi(\vec{r}; t)|^2 = |\psi(\vec{r})|^2$$

$$|\psi(\vec{r}; t)|^2 = |e^{-iEt/\hbar}|^2 \cdot |\psi(\vec{r})|^2$$

ROVNÁ SE 1

PAK

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi(\vec{r}) + V(\vec{r}) \psi(\vec{r}) = E \psi(\vec{r})$$

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + V(\vec{r}) \right) \psi(\vec{r}) = E \psi(\vec{r})$$

\hat{H}

$$\hat{H} \cdot \psi = E \psi$$

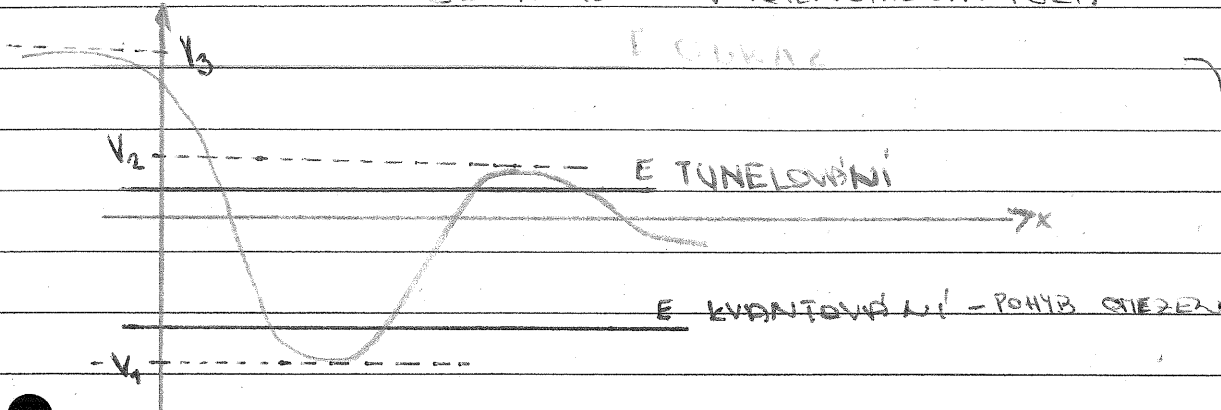
PROBLÉM VLASTNÍCH
 HODNOT OPERÁTORU ENERGIE

6.) POŽADAVKY NA VLNOVOU FUNKCI

- JEDNO ZNAČENÁ (PRO JEDNO x JE JEDNA HODNOTA) - PLYNE Z $|\psi(x,t)|^2$ PRAV-
DEPODOBNOSTI DETEKCE

- VŠUDE SPOJITÁ I SE SVOJÍ PRVNÍ DERIVACÍ - MUSÍ BÝT HLADKÁ

- NORMATELNÁ - $\int_{-\infty}^{\infty} |\psi(x)|^2 dx = 1$ ELEKTRO JE VLASTNĚ VŠUDE A PŘI TOM JEN NĚKDE
A OBJEVÍ SE AŽ PŘI DETEKCI.
ČÁSTICE SE POHYBUJE V POTENCIÁLNÍM POLI.



INTERAKCI V KVANTOVÉ FYZICE POPISUJE POTENCIÁLNÍ ENERGIE.

VOLNÁ ČÁSTICE - JE REPREZENTOVÁNA MONOCHROMATICKOU VLNOU

$$\frac{d^2 \psi(x)}{dx^2} + \frac{2mE}{\hbar^2} \psi(x) = 0 \quad \text{TATO DIFERENCIÁLNÍ ROVNICE VEDE NA}$$

(VYPADÁ JAKO ROV. PRO HARM. OSCILÁTOR)

$$\psi(x) = A e^{ikx} + B e^{-ikx}$$

$$\psi(x,t) = \psi(x) e^{-i\omega t} = A e^{-i(\omega t - kx)} + B e^{-i(\omega t + kx)}$$

$\xrightarrow{\text{ŠÍŘÍ SE VLNA Z LEVA DO PRAVA KVŮLI TO MU MINUS}}$ $\xleftarrow{\text{ŠÍŘÍ SE VLNA Z PRAVA DO LEVA KVŮLI PLUS}}$

KONSTANTY (ZÁVISÍ NA POČÁTEČNÍCH PODMÍNKÁCH)

$$k = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar} \Rightarrow E = \frac{(\hbar k)^2}{2m}$$

(ROVĚNÁ) - NEEXISTUJE, POUZE JAKO KULOVÁ VLNA Z VELKÉ VĚDĚLNOSTI.

- MONOCHROMATICKÁ POSTUPNÁ VLNA - NASTANE KDYŽ A NEBO B JSOU ROVNÉ 0. PŘI TOM JE TO VLNA POSTUPUJÍCÍ, BUDE Z PRAVA DO LEVA, NEBO Z LEVA DO PRAVA.

$$\psi(x,t) = \psi(x) e^{-i\omega t} = A e^{-i(\omega t - kx)} + B e^{-i(\omega t + kx)} \quad \text{PAK } \psi(x,t) = A e^{-i(\omega t - kx)}$$

- A NEBO BUDE $\psi(x,t) = B e^{-i(\omega t + kx)}$

HUSTOTA PRAVĚPODOBNOSTI JE VŠAK KONSTANTNÍ! $|\psi(x,t)|^2 = |A|^2 = \text{KONST.}$
(PROBLÉM S NORMATIVNÍM, INTEGRUJI KONSTANTU PŘES ∞ $\int_{-\infty}^{\infty} \text{konst.} dx = \infty$ (NĚJAK SO ZAD) PROTOŽE KONST. NEROSTE

- MONOCHROMATICKÁ SPOJITÁ VLNA - $A = B$

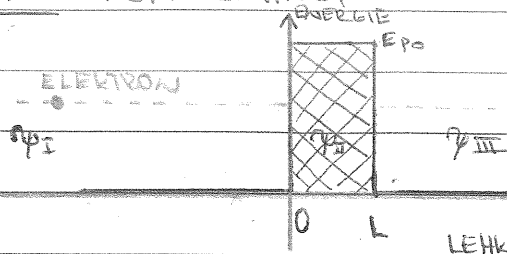
$$\psi(x,t) = A e^{-i(\omega t - kx)} + A e^{-i(\omega t + kx)} = 2A e^{-i\omega t} \cos kx$$

SUPERPOZICE DVOU VLN

$$|\psi(x,t)|^2 = 4|A|^2 \cos^2 kx$$

VZNIKLOU TAKOVĚTO VLNA

BARIÉRA - TUNELOVÁNÍ



LEHKOŮ ČÁSTICE BUDE TUNELOVAT LÉPE NEŽ TĚŽKÁ

V KLASICKÉ FYZICE SE ČÁSTICE VŽDY ODRÁŽÍ OD BARIÉRY POTENCIÁLNÍ ENERGIE O VÍŠCE $E_{p0} > E$. V KVANTOVÉ FYZICE TÍ VLNA PRŮVEDČIVOSTI PŘÍSLUŠNÁ DANÉ ČÁSTICI KONEČNOU PRŮVEDČIVOSTI, ŽE ČÁSTICE TAKOVOU BARIÉRU PROTUNELUJE. PRŮSTUPNOST BARIÉRY ZÁVISÍ NA ^{MOHUTNOSTI} VÍŠCE BARIÉRY A PRŮSTUPNOST BARIÉRY (MOHUTNOST \uparrow , PRŮSTUPNOST \downarrow). ČIM BUDE ČÁSTICE LEHČÍ TÍM BUDE SPÍŠE TUNELOVAT.

ČÁSTICE V ZASTI

- KVALITATIVNÍ ANALÝZA -
$$\frac{d^2 \psi(x)}{dx^2} = -\frac{2m}{\hbar^2} [V(x) - E] \psi(x)$$

$\psi(x)$ MUSÍ BÝT - JEDNOZNAČNÁ

$(\psi(x) = \psi(x))$

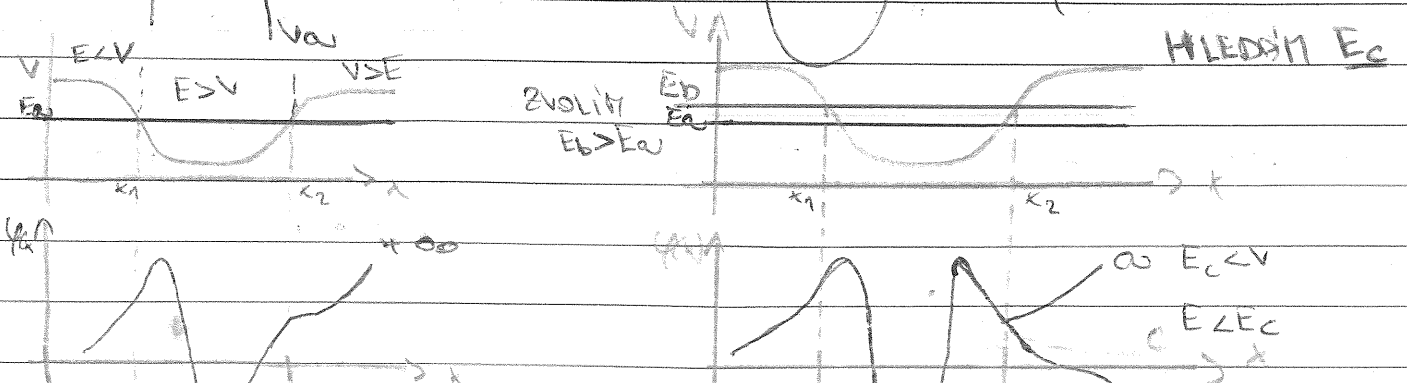
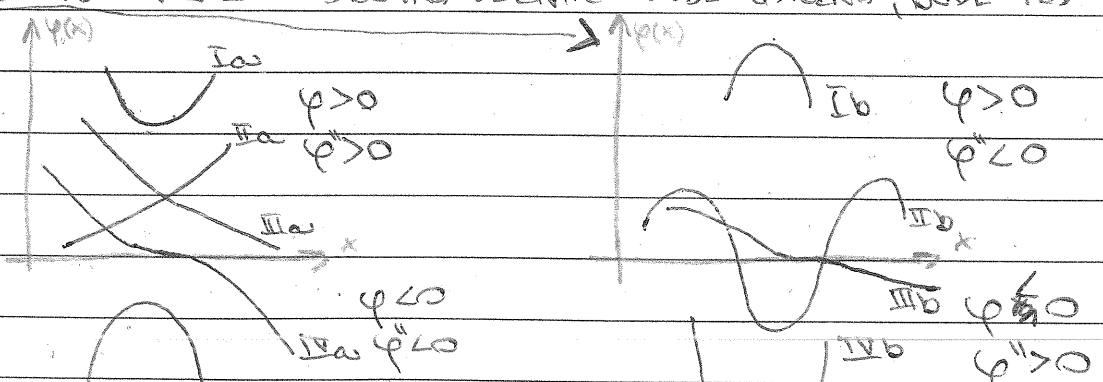
- HLADKÁ
- KONTINUÁLNÍ

JAK SE OBJEVÍ NĚCO JAKO KVANTOVÁNÍ U HLADKÉ FUNKCE?

CELKOVÁ ENER. MENŠÍ LEŽE POT.

PŘEDPOKLAD $V > E$ (DRUHÁ DERIVACE BUDE KLADNÁ, BUDE NAD TEČNOU)

PŘEDPOKLAD $V < E$ (DRUHÁ DERIVACE BUDE ZÁPORNÁ, BUDE POD TEČNOU)

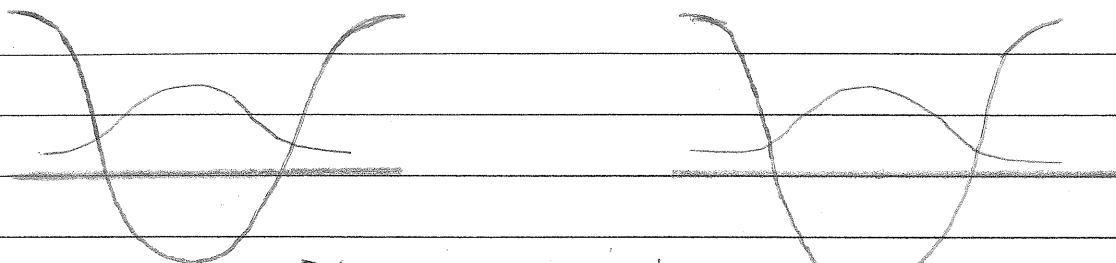


EXISTUJE TAKOVÁ HODNOTA E_c PRO KTEROU SROVNÁVÁNÍ $\psi(x)$ VÝHODNĚ VŠETI POZADAVKŮM HLADKOSTI NA VLNOVOU FCI. TOTO ŘEŠENÍ JE VÝZNAMNÉ

~~- ČÁSTICE V DVOJITÉ POTENCIÁLOVÉ JAMĚ H_2^+~~

OBECNĚ JE VLNOVÁ FUNKCE KOMPLEXNÍ, POKUD JSEM V JEDNORozměrné POTENCIÁLOVÉ JAMĚ, TAK VAZANÉ STAVY JSOU POPRÁVY VLNOVOU FUNKCÍ, KTERÁ JE REÁLNÁ.

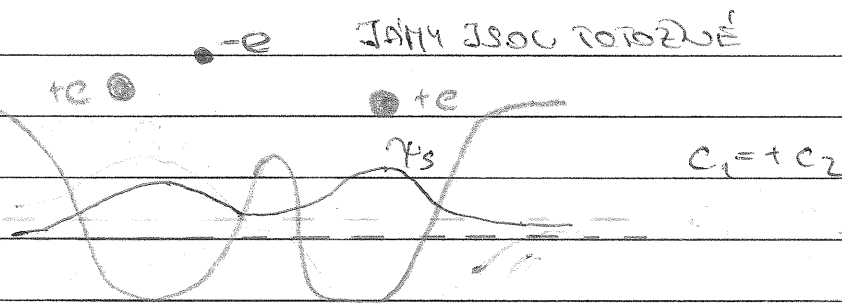
- ČÁSTICE V DVOJITÉ POTENCIÁLOVÉ JAMĚ H_2^+



POKUD BUDOU TYTO JAMY DÁLEKO OD SEBE TAK JSOU TO VESNĚ DVA ATOMY A POKUD BUDOU BLIZKO TAK JE TO MOLEKULA

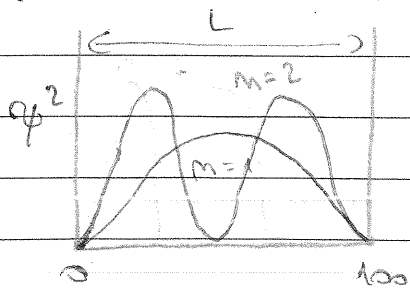
ČÁSTICE NETOŽE PROSAKOVAT KVANTOVÉ ČÁSTICE ANO.

MNOHO BLÍZKÝCH JAM ⇒ KRISTAL

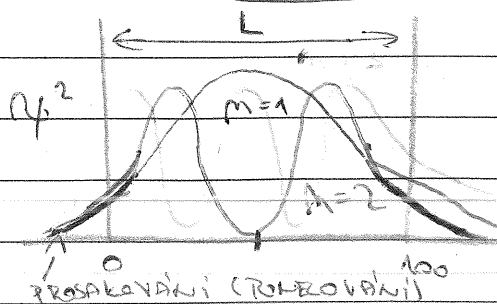


KVŮLI TUNEROVÁNÍ NETOŽE ŘÍCT, VE KTERÉ JAMĚ SE ELEKTRON NACHYBÍ
 $\psi = C_1 \psi_1 + C_2 \psi_2$
 (SUPERPOZICE)

NEKONEČNĚ HLUBOKÁ JAMTA - NEŘEŠENÁ



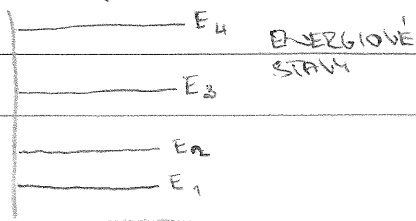
KONEČNĚ HLUBOKÁ JAMTA - ŘEŠENÁ



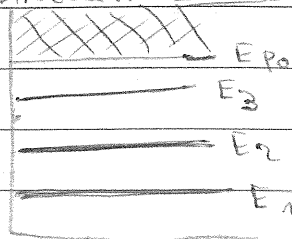
ANALOGIE S VLNOU NA STRUNĚ $L = \frac{m \cdot \lambda}{2}$

$\lambda = \frac{h}{p}$ DE BROGLIEHO VLNOVÁ DĚLKA

$p = \sqrt{2mE}$; $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE}}$ ⇒ $E_n = \left(\frac{h^2}{4mL^2}\right)n^2$



NEŽE VYUŽÍT ANALOGIE SĚ STRUNOU V BODECH 0 A 100 NEDŮSÍ BYT UZLY SCHRODINGEROVA ROVNICE



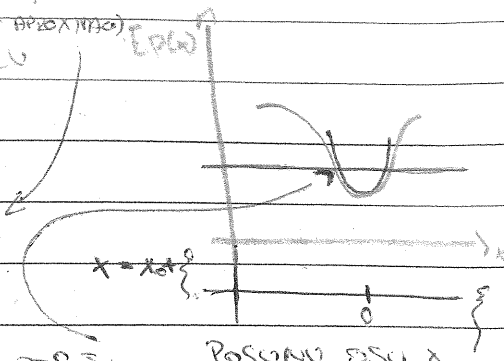
PARABOLICKÁ POTENCIÁLOVÁ JAMA

- CELÁ FYZIKA SE DÁ POPSAT POMOCÍ HARM. OSCILÁTORU

$E_p(\omega) = E_p \rightarrow$ ROZVEDU NA TAYLOROVU ŘADU

$$E_p(\varphi) = E_p(\varphi_0) + \frac{dE_p}{d\varphi} \Big|_{\varphi_0} \varphi + \frac{1}{2!} \frac{d^2 E_p}{d\varphi^2} \Big|_{\varphi_0} \varphi^2 + \dots$$

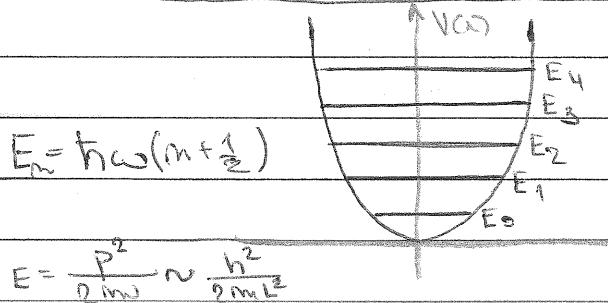
PROTOŽE JSOU V EXPLICITU



TZ DŮVODY PROČ MÁME RÁDI HARM. OSCILÁTOR

- 1.) VĚDY TOTO LÉPE ČI HŮŘE APROXIMUJE HARM. OSCILÁTOR
- 2.) POHYBOVÁ ROVNICE V KLASICKÉM I KVANTOVÉM PŘÍPADĚ JE EXAKTNĚ ŘEŠITELNÁ
- 3.) SYSTÉM SPŘÍZDĚNÝCH OSCILÁTORŮ, LZE NAHRADIT EKIVALENTNÍM SYSTÉMEM NEZÁVISLÝCH HARM. OSCILÁTORŮ, KTERE KMITAJÍ NA VLASTNÍCH FREKVENCÍCH, ZÁKLADNÍ JE KAJÍT VLASTNÍ FREQ.

KVANTOVÝ HARMONICKÝ OSCILÁTOR



$E_0 = \frac{1}{2} \hbar\omega$ NEJNÍŽŠÍ ENERGIJOVÁ HLADINA
 $E_1 = \frac{3}{2} \hbar\omega$ JE NEJNÍŽŠÍ ENERGIJOVÁ HLADINA
 $E_2 = \frac{5}{2} \hbar\omega$ JE NEJNÍŽŠÍ ENERGIJOVÁ HLADINA
 $E_3 = \frac{7}{2} \hbar\omega$ JE NEJNÍŽŠÍ ENERGIJOVÁ HLADINA

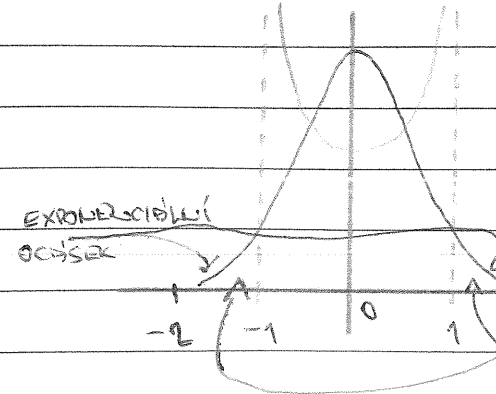
$$E = \frac{p^2}{2m} \sim \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$$

opracuh $p = \frac{h}{\lambda}$

NEKONEČNĚ HLUBOKÁ JAMA - $E_n = \left(\frac{\hbar^2}{2m}\right) \cdot m^2$ $m = 1; 2; 3; \dots$
 KVANTOVÝ HARM. OSCIL. - $E_n = \hbar\omega(m + \frac{1}{2})$ $m = 0; 1; 2; \dots$

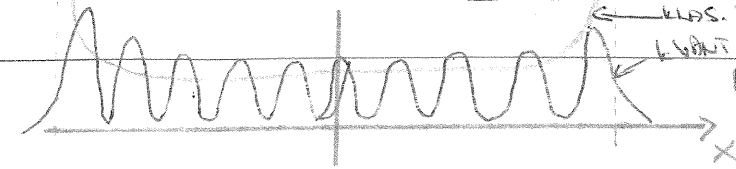
ENERGIE NEMŮŽE BÝT NULOVÁ PROTOŽE HEISENBERGOVŮV PRINCIP

m - KVANTOVÉ ČÍSLO



KVANT. HARM. OSCILÁTOR - NEJVĚTŠÍ PRAVDĚPODOBNOST VESTŘEDU JAMY, KVANTOVÁ ČÁSTICE MŮŽE BÝT I TAM, KDE NEMŮŽE BÝT KLASICKÁ ČÁSTICE (PROSÁKOVÁNÍ; TEN OČÁSEK).
 $m=0$ - ZÁKLADNÍ STAV
 KLASICKÁ ČÁSTICE MŮŽE BÝT POUZE V INTERVALU $(-1; 1)$, KVŮLI ENERGIJ.

ZATÍM CO KVANTOVÁ ČÁSTICE MŮŽE BÝT I TAM KDE KLASICKÁ ČÁSTICE BÝT NEMŮŽE KVŮLI HEISENBERGOVÉ PRINCIPU NEURČITOSTI.



HUSTOTA PRAVDĚPODOBNOSTI JE KVNÍ NA OKRAJÍ. PŘI VYSOKÉM m (1000 A VIC) KVANTOVÝ MECH ZÁČNŮ VYPADAT JAKO KLAS. MECH. PŘÍBĚT KORESPONDENCE

HISTORIE $1/2$: $E_n = \hbar\omega (n + 1/2)$

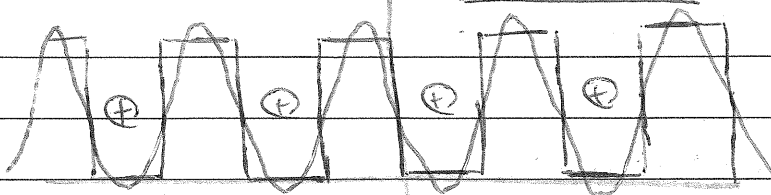
1911 - PLANCK - NEZDŮVODNĚNÉ (TIP)

1925-6 - HEISENBERG, SCHRÖDINGER - PRINCIP
NEURČITOSTI

ČÁSTICE V MAGNETICKÉM POLI SE POHYBUJE PO KRUŽNICI
S FREQVENCÍ (LOBENTZOVA SÍLA). POHYB V MAG. POLI JE
POHYB PO KRUŽNICI \Rightarrow DÁVA HARMONICKÝ POHYB.

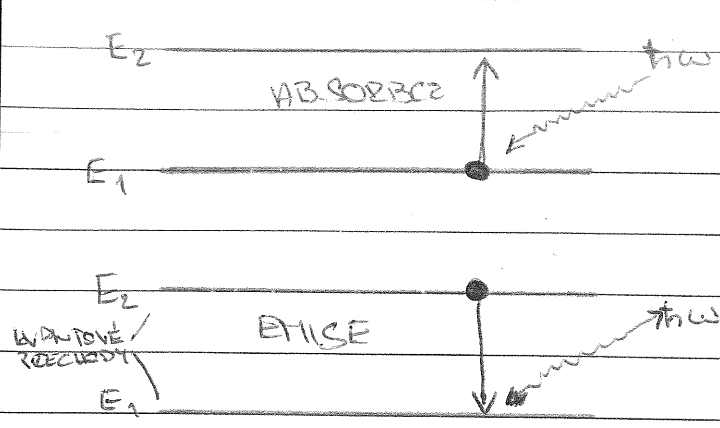
PERIODICKÝ POTENCIÁL

VYCHÁZÍM ZE DVOU JAM, VEDLE SEBE. NYNÍ MÁM TĚCH
JAM VÍCE. TAKO POPISUJETE ELEKTROK V KRÝSTALU



ZACHOVÁVÍ NOVÍ ÚPLNĚ (TUNELOVÁNÍ) JÁMY O SOBĚ VEDÍ
DÍKY TUNELOVÁNÍ. MNOHO JAM, MNOHO ENERGIJNÝCH
HLADIN.

KVANTOVÉ PŘECHODY



(KMIT. VLASTNÍ STRUNY)
 ČÁSTICE MŮŽE BÝT JEN V
 JEDNOM STANU NIKDY MEZITÍM.
 ČÁSTICE MŮŽE PŘESKOČIT POUZE,
 KDYŽ PŘIDÁME VNĚŠNÍ PODNET.
 ENERIE KTERÁ SE VYZÁŘÍ NEBO
 POUŽITI JE ROVNA ROZDÍLU VZDÁL

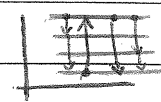
MEZI HLADINAMI, TŘEŠENÍ = ELEKTROMAG. INTERAKCĚ.
 1) KVANTOVANÍ $h\nu$ A 2.) PŘECH. (KV. PŘECH.) $E_2 - E_1 = h\nu$

1 FOTONOVÁ (EMISE A ABSORBCE) (BOHROVA FREKVENČNÍ PODMÍNKY)

VÍCE -||- -||- -||- JE MÁLO PRAVDĚPODOBNÁ
 PŘIROZENÁ ŠÍŘE ŽÁŘBY, $\Delta E \Delta t \approx h$ ^{DOBRA ZEMĚNĚ}, PROČ JE ROZŠÍŘENÁ = HEISENBERG.
 E_1 - ŽÁŘ. PRINCIP - MÁVÍ ROZŠÍŘEN; OSTATNÍ E_2 - UŽ JSOU ROZŠÍŘENY. ^{PRINCIP}
 ENERIE ODPOVÍDÁJÍCÍ VID. SVĚTLU, PAK JEJÍ ROZMĚRY
 ŽÁŘBY JE 10^7 eV, MÁLO ALE JE TO MĚRITELNÉ.

! VÁZANÝ ELEKTRON MŮŽE ABSORBOVAT JEN TAKOVÝ FOTON,
 JEHOŽ ENERIE $h\nu$ SE ROVNA ROZDÍLU ENERGIÍ
 ELEKTRONU ΔE V POČÁTEČNÍM A V KONCOVÉM STAVU
 (S VÝŠÍ ENERGIÍ).

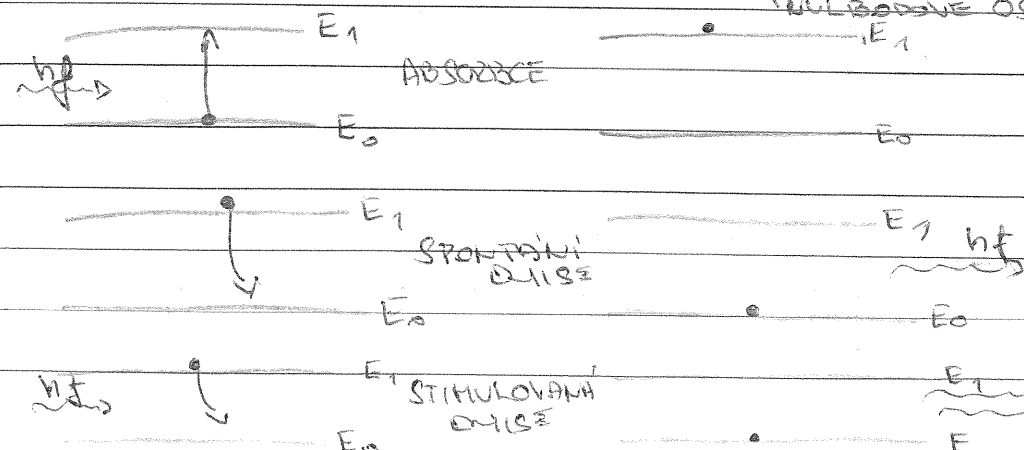
! VÁZANÝ ELEKTRON MŮŽE VYZÁŘET JEN TAKOVÝ FOTON,
 JEHOŽ ENERIE $h\nu$ SE ROVNA ROZDÍLU ENERGIÍ ELEKTRONU
 ΔE V POČÁTEČNÍM A KONCOVÉM STAVU (S NIŽŠÍ ENERGIÍ).



EMISE

- STIMULOVANÁ (DOPADAJÍCÍ ŽÁŘENÍ)
- SPONTÁNNÍ (VYVOLANÁ FLUKTUACÍMI VÁKUA) "QED"

PROTOŽE JE TAM $1/2 h\nu$; JE TO HEISENBERGUV PRINCIP NEURČITOSTI
 NEVLBOVNÉ OŠTĚNICE

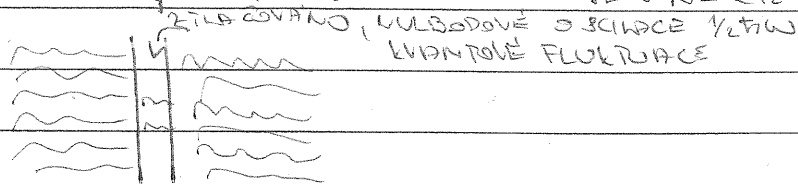


KDYŽ TAM NEJÍ FOTON
 EL. MAG. POLE TAM JE
 CLOUDA S ELECTRONY

TOTOŽNÉ FOTONY

CASIMIROV JEV: PŘITAHOVÁNÍ NEJABITÝCH KOVOVÝCH DESEK.
(KVŮLI HEISENBERGOVU PRINCIPU NEURČ.)

V PROSTORU MEZI JSME OBKLOPENI EL. MAG. VLNAMÍ
VŠECH VLN. DÉLEK. MEZI TĚMI DESKAMI TO ALE TAK
NENÍ, TAM MOHOU BYT JEJ NĚKTERÉ.



VLNOVÉ KLUBKO - NENÍ STACIONÁRNÍ STAV, JE Z NICH SLOŽENO
- OBECNĚ ŘEŠ. SCHRODINGEROVY ROVNICE JE SUPERPOZICÍ
STACIONÁRNÍCH STAVŮ. (KMITY NA STRANĚ)

$$i\hbar \frac{\partial \psi(\vec{r}, t)}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi(\vec{r}, t) + V(\vec{r}) \psi(\vec{r}, t)$$

STACIONÁRNÍ STAV:

$$\psi(x; t) = \sum_x c_x \psi_x(x) e^{-i(E_x/\hbar)t} \quad \frac{E}{\hbar} = \omega$$

URČENO PŘI PODMÍNKOU

ZAJÍMÁ NÁS HUSTOTA PŘEVĚROBNOSTI $|\psi(x; t)|^2$.

DVA STACIONÁRNÍ STAVY

$$\psi(x; t) = c_1 \psi_1(x) e^{-i(E_1/\hbar)t} + c_2 \psi_2(x) e^{-i(E_2/\hbar)t}$$

$$|\psi(x; t)|^2 = \frac{1}{2} |c_1 \psi_1(x)|^2 + \frac{1}{2} |c_2 \psi_2(x)|^2$$

$$+ \frac{1}{2} (c_1^* c_2 \psi_1^*(x) \psi_2(x) e^{i\frac{E_2-E_1}{\hbar}t} + c_1 c_2^* \psi_1(x) \psi_2^*(x) e^{-i\frac{E_2-E_1}{\hbar}t})$$

$$\omega_{21} = (E_2 - E_1) / \hbar$$

FREKVENCE CHAR. PRO PŘECHOD
MEZI DVĚMA HLADINAMI

VOLENA ČÁSTICE (PRO VŠECHNY ENERGIE)

ROZPLÝVÁNÍ KLUBKA -> POKLES ~~DEJTE~~ PŘEVĚROBNOSTI DETEKCE

ČÁSTICE SE ROZPLÝVÁ

PŘI ROKROVÁNÍ - ZÁVISÍ NA TLOUŠŤCE A VÝŠCE BARIÉRY

HOVORÍME O ODRÁŽENÉ A PROPŮSTĚNÉ VLNĚ

V PRÁMOUHLE JÁMĚ - JAKO STRUNA, U KRAJŮ SE ROZŠYŘÍ A

U STŘEDU REKONSTRUJE, ALŽESLABUJESF, NAKONEC BUDĚ ZHRUBA

STEJNĚ (PŘEVĚROBNOST) VŮDE.

PARABOLICKÁ JÁMA - "KLUBÍŽKO DÝCHA"

ELEKTRONOVÉ PASTI 2D; 3D "ZACHYCENÍ" → KVANTOVÁNÍ

2D - KVANTOVÁ HRADBA - PRAVŮHLÁ, KRUHOVÁ

$$E_{m_x; m_y} = \frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{m_x^2}{L_x^2} + \frac{m_y^2}{L_y^2} \right)$$

DAŠE ODVODIT Z SCHRÖDINGEROVY ROVNICE
 HEISENBERGOVU PRINCIPU NEURČITOSTI
 NEBO Z ROZTĚROVÉ ANALÝZY. NEBO
 ANALOGIE SE STRUNOU.

1D $\psi_m(x) = A \sin \frac{m\pi x}{L}$
 $E_n = \frac{\hbar^2}{2mL^2} m^2$

$$\psi(x, y) = \tilde{A} \sin \frac{m_x \pi x}{L_x} \sin \frac{m_y \pi y}{L_y}$$

PO PŘELOŽENÍ $A \times A \times M_y$

POWOD BUDE $L_x = L_y$ PŘI TOM ŽE ENERIE E_{12} A E_{21} BUDOU SHODNÉ ⇒ DEGENERACE

PROTOŽE 2D, ZACHYCENÍ VE DVOU SMĚRECH BUDU MÍT TĚDY DŮVODNĚ DVAHODNOTY ENERIE.

KVANTOVÝ DRÁT - 1D STRUKTURA

CHLONĚNÝ DRÁT VE SMĚRU OSY Z

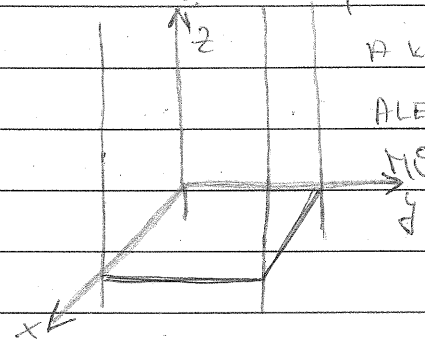
$$E_{m_x, m_y}(k_z) = \frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{m_x^2}{L_x^2} + \frac{m_y^2}{L_y^2} \right) + \frac{\hbar^2 k_z^2}{2m}$$

→ V JEDNOM SMĚRU NEKONJEZÍ

DOJDE K ZACHYCENÍ ENERIE A KVANTOVÁNÍ ČÁSTICE

ALE V OSE Z SE ČÁSTICE

MŮŽE POUHYBOVAT VOLNĚ



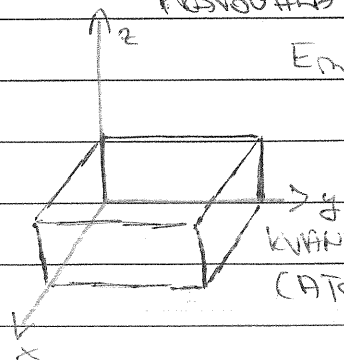
KRUHOVÁ HRADBA - VYUŽIJETE BESSELOVU FUNKCI (KVŮLÍTOU, ŽE JE TO KRUH)

3D - TROJROZMĚRNÁ POTENCIÁLOVÁ JAMA - PRAVŮHLÁ KŘABICE

PRAVŮHLÁ KŘABICE

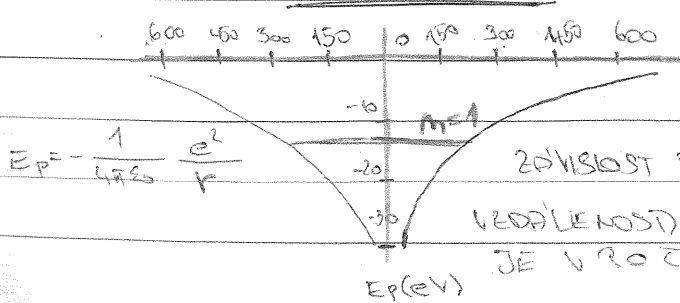
- ATOM VODÍKU

$$E_{m_x, m_y, m_z} = \frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{m_x^2}{L_x^2} + \frac{m_y^2}{L_y^2} + \frac{m_z^2}{L_z^2} \right)$$



KVANTOVÁ TĚLA S D - VE VSECH SMĚRECH JE ČÁSTICE ZACHYCENÁ.

ATOM VODÍKU - JE POTENCIÁLOVÁ JAMA



$$E_n = - \frac{m e^4}{2 \epsilon_0^2 \hbar^2} \frac{1}{n^2} = - \frac{13.6 \text{ eV}}{n^2}$$

(E. SCHRÖDINGER) $n = 1, 2, 3, \dots$

ZÁVISLOST POTENCIÁLNÍ ENERIE ATOMU VODÍKU NA VEDÁLENOSTI MEZI JÁDREM A ELEKTRONEM, KDE JÁDRO JE V POČÁTKU SOUŘADNIC.

MNOHÉ O ATOMECH

STAVBA ATOMŮ

- ATOMY SE SDRUŽUJÍ - VTVARUJÍ MOLEKULY, LÁTEKY...
- ATOMY JSOU STABILNÍ
- ATOMY VIDÍME (V PASTI)
- ATOMY LZE SEŘADIT SYSTEMATICKY
- ATOMY MAJÍ VLASTNÍ MAGNETISMUS
- ATOMY MAJÍ DISKRÉTNÍ ENERGIJÍVÉ SPĚTRUM
- ATOMY EMITUJÍ A ABSORBUJÍ SVĚTLO - SPĚTRUM JE ČAROVÉ

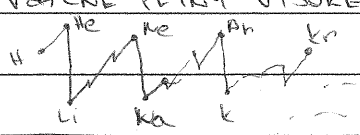
ATOMY VIDÍME

(10KT)

LINĚARNÍ PAULOVA PAST, ATOM JE OVLIVŇOVÁN ELEKTRICKÝM POLEM. NEUTRÁLNÍ ATOM NEMŮŽEME OVLIVNIT POTENCIÁLEM. NOBELOVA CENA (1959)

ATOMY LZE SEŘADIT SYSTEMATICKY - PERIODICKÁ TABULKA PRVKŮ

ZÁVISLOST IONIZAČNÍCH ENERGIÍ PRVKŮ NA JEJICH ATOMOVÝCH ČÍSLECH VĚTŠINĚ PLYNŮ VYSOKÉ ION. ENERGIJE. LI, NA, K, RB, CS NIŽŠÍ IONIZAČNÍ ENERGIJE



POLOHE ATOMŮ KOLEM $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$

VÍCE ELEKTRONŮ NEMAJÍ NUTNĚ VĚLKÉ POLOHĚRY, SPÍŠ MENŠÍ

ATOMY EMITUJÍ A ABSORBUJÍ SPĚTRUM - KTO SPĚTRUM JE ČAROVÉ

$h\nu = E_v - E_n$ OTISKY PRSTŮ PRO JEDNOTLIVÝ ATOM

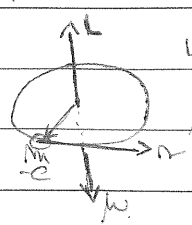
JEDNOTLIVÉ POLOHY ENERGIÍ

ATOMY MAJÍ DISKRÉTNÍ ENERGIJÍVÉ SPĚTRUM - SPĚTRUM ~~SVĚTLA~~ ZVLÁŠTNĚ DĚLNÝ

- FRANK-HERTZŮV EXPERIMENT (1913) ATOM VYLETÍ Z KATODY A KAPRŽÍ NA ATOMU PLYNU DESÍDE K IONIZACI. 13,6 eV

ATOMY MAJÍ VLASTNÍ MAGNETISMUS

PRO TOHTO PŘÍPAD, ELEKTRON OBÍHÁ PO KRUŽNICI



L - TOHLE MĚROUJE $L = r \times p$
 MAG. MOMENT μ - DIPOLOVÝ MOMENT

$\vec{\mu}_{orb} = - \frac{e}{2m_e} \vec{L}$
 $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$
 $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$
 $\vec{v} = \frac{2\pi r}{T}$

$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$
 $L = r \cdot m \cdot v$
 $r \cdot \frac{2\pi r}{T} = \frac{h}{m \cdot v}$

OBÍHÁ-LI ELEKTRON VE VEKLOU PŘÍPAD
 DÍKY VEKTOREK JSOU ANTI PARALELNÍ \vec{L} A $\vec{\mu}$

$\vec{\mu} = \frac{e}{2m} \cdot \vec{L}$

ELEKTRONOVÁ STRUKTURA ATOMŮ

- STOJÍ NA TŘECH PILÍŘÍCH - KVANTOVÁNÍ ENERGIE A MOMENTU HYBNOSTI
- SPIN
- PAULIHO VYLUCOVACÍ PRINCIP (DVA ELEKTRONY NEMOHOU BÝT VE STEJNÉM STAVU)

KVANTOVÁNÍ ENERGIE A MOMENTU HYBNOSTI

SLUPKOVÝ MODEL - JEDNOELEKTRONOVÁ APROXIMACE

POHYB ELEKTRONU V ATOMU

HAMILTONIÁN

$$\left(\underbrace{-\frac{\hbar^2}{2m}}_{\text{KIN. ENERGIE}} \Delta + \underbrace{V_{\text{eff}}(r)}_{\text{POTENCIÁL}} \right) \psi_{nlm}(r, \theta, \varphi) = E_{nl} \psi_{nlm}(r, \theta, \varphi)$$

$\psi_{nlm}(r, \theta, \varphi) = \underbrace{R_{nl}(r)}_{\text{ENERGIE}} \underbrace{Y_{lm}(\theta, \varphi)}_{\text{ORBITÁLNÍ MOMENT HYBNOSTI}}$

$l = 0, 1, 2, \dots$ HLAVNÍ KVANTOVÉ ČÍSLO

$m = -l, -l+1, \dots, 0, \dots, l-1, l$

ORBITÁLNÍ MOMENT HYBNOSTI

KVANTOVÁNÍ VELIKOSTI

$L = \hbar \sqrt{l(l+1)}$ ORBITÁLNÍ KVANTOVÉ ČÍSLO

$l = 0, 1, \dots, n-1$

PROSTOROVÉ KVANTOVÁNÍ

$L_z = m \hbar$ m ... MAGNETICKÉ KVANTOVÉ ČÍSLO

VÍDÍ VÍDE CELKOVÝ ÚČASOBEK

$m = -l, -l+1, \dots, 0, \dots, l-1, l$

MOMENT HYBNOSTI JE V KVANTOVÁNÍ SVĚTĚ UDAVÁN DVA SLOŽKAMI A NE TŘETÍ JAKO V KLASICKÉ MECHANICE. JE TO VŮLI PRINCIPU NEURČITOSTI.

$l=2; m=-2, -1, 0, 1, 2$ $\Delta L_z \Delta \Phi > \hbar$

ORBITÁLNÍ MAGNETICKÝ DIPÓLOVÝ MOMENT

$\mu_{orb} = -\frac{e}{2me} \vec{L}$; $\mu_{orb,z} = -\frac{e}{2me} L_z \leftarrow L_z = m \hbar$

$\mu_B = \frac{e \hbar}{2me} = 9,274 \cdot 10^{-24} \text{ J/T}$

L JE KVANTOVÁNÝ JE TĚM KVANTOVÁNÝ JE TĚM

ORBITÁLNÍ MAGNETON

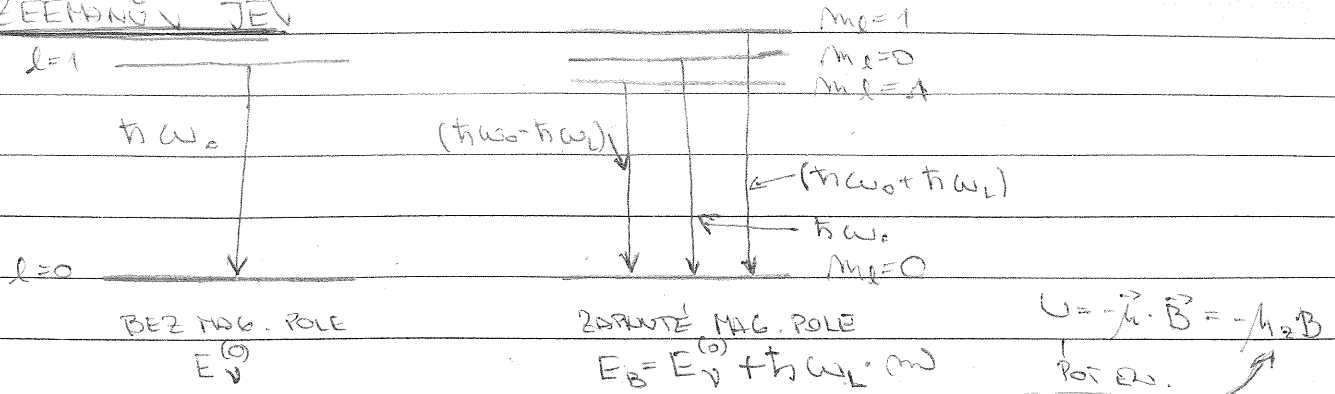
BOHRŮV MAGNETON

MĚDÍM PŘEMĚTY ELEKTRONU DO SMĚRU MAG. POLE, PROTO SE m ZÍKA MAGNETICKÉ KVANTOVÉ ČÍSLO

ATOM V MAG. POLI

- ZELMANŮV JEV (1896) - ŠTĚPENÍ SPEK. ČAR ATOMŮ V MAG. POLI
- ŠTĚPNĚ GERLACHŮV POLYS (1921) - PŘÍMÉ POKAŽENÍ PROSTOROVÉHO KVANTOVÁNÍ

ZEEMANŮV JEŤ



$$U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B} = -\mu_z B$$

pot. en.

ENERGIE ATOMU ZÁVISÍ NA DVŮH KVANTOVÝCH ČÍSLECH m_l a l VPLÝVÁ ZE SCHRODINGEROVY ROVNICE. V KVANTOVÉ FYZICE PLATÍ VÝBĚROVÁ

$$U = h \frac{e \cdot B^2}{2m_e} \mu_B$$

$$\omega_L = 9 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1}$$

PRÁVIDLA NEJDE PŘECHOD MEZI 2 A 0, POUZE MEZI 2 A 1, 1 A 0. VĚDY SE OBJEVÍ POUZE 3 ČÁRY, KVŮLI TOMU VÝBĚROVÉMU PRAVIDLU

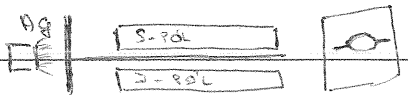
ANOMÁLNÍ ZEEMANŮV JEŤ - O NORMALNÍHO ZEEMANOVA JEŤU

DOCHÁZÍ K ROZDĚLENÍ SPĚKTRÁLNÍ ČÁRY NA TŘI SLOŽKY. O ANOMÁLNÍHO JEŤU DOCHÁZÍ K ROZŠTĚPENÍ NA 2 SLOŽKY.

KOMPL. KOJE TU SITUACI SPIN ELEKTRONŮ. CELKOVÝ MAG. MOMENT JE $\mu_j = \mu_l + \mu_s$
 NORMALNÍ ZEEMANŮV JEŤ - JE VLASTNĚ NONORMALNÍ, CELKOVÝ SPIN ELEKTRONŮ JE NULOVÝ A CELKOVÝ MAG. MOMENT ATOMU PLATÍ $\mu_j = \mu_l$

STERNŮV - GERLACHŮV EXPERIMENT

EMITUJÍ ATOMY STŘEBRA, TYTO ATOMY PROLÉTÁJÍ NEHOTO GRUJÍM MAGNETICKÝM POLETÍ. NEHOTO GRUJÍ MAGNETICKÉ POLE ROZŠTĚPÍ ATOMÁRNÍ SVAZEK. MAGNETICKÉ POLE ZORIENTUJE MAGNETICKÉ DIPÓLY, PŘI NEHOTO GRUJÍM



POLE BUDE PŮSOBIT SILA. MAG. SI. A ZÁVISÍ NA μ_z . MAGNETA (A) A (B) BYLA NÁTOČENA MÁLO BUDE PŮSOBIT VEŠTÍ SILA, NEŽ DA MAGNETU, KTERÁ BYLA NÁTOČENA NAHORU NEBO DOLU ROZKROUJE V NÁTOČENÍ MAGNETKY.

\rightarrow ZKRYTE MAG. POLE
 \rightarrow VYKRYTE MAG. POLE

$$\vec{F} = -\text{grad} E_p; F_z = -\frac{dE_p}{dz}; E_p = -\vec{\mu} \cdot \vec{B} = -(\mu \cos \theta) \cdot B$$

$$F_z = (\mu \cos \theta) \frac{dB}{dz}$$

NEJÍM MAGNETICKÝ DIPÓLOVÝ MOMENT ATOMU A ČHCI ZJISTIT MAGNETICKÝ DIPÓLOVÝ MOMENT ELEKTRONU, NEJÍM TO ALE PŮSOBÍ ATOMŮ, PŮSOBÍ ELEKTRONŮ TO MOC NEJDE, V TOMTO POLES SE MĚLI OBJEVIT 3 ČÁRY NEBO TĚŽBA 9, ALE ROZHODNĚ NE 2, TOHLE DOKAZUJE PROSTOROVÉ KVANTOVÁNÍ A SPIN.

ZÁKLADNÍ STAV $m=0; l=0$, NEJĚLO BY SE TO ŠTĚPIT, ALE OVO SE TO ROZŠTĚPILLO.

SPIN ELEKTRONU

JEMNÁ STRUKTURA SPEKTRÁLNÍCH ČAR - GESTRIANŮV DIAGRAM -

ZOBRAZUJE ENERGIJNÉ HLADINY A OPTICKÉ PŘECHODY MEZI NIMI

VELIKOST SPINU - ELEKTRON MÁ VLASTNÍ MOMENT HYBNOSTI A ŽIVĚNĚ SPIN

$$S = \hbar \sqrt{s(s+1)}$$

s... SPINOVÉ KVANTOVÉ ČÍSLO

$$s = 1/2$$

PROSTOROVÉ KVANTOVÁNÍ

$$S_z = m_s \cdot \hbar$$

m_s... MAGNETICKÉ SPINOVÉ KVANTOVÉ ČÍSLO

$$m_s = -1/2, +1/2$$

SPIN MÁ JEN DVA PŘEMĚTY OD -S DO +S

SPINOVÝ DIPÓLOVÝ MAGNETICKÝ MOMENT

$$\mu_{spin} = -2g m_s \mu_B$$

POKUS

ELEKTRON MÁ - HMOTNOST, NÁBOJ, SPIN, SPINOVÝ DIPÓLOVÝ MAGNETICKÝ MOMENT

MĚŘENÍ SPINU DVA STERN-GERLACHOVY PŘÍSTROJE ZA SEBOU

DRUHÝ JE VEŠT PŘVĚTV ROZSOBŮV O ÚHEL θ



SLUPKOVÝ MODEL

~~VELIKOST~~ HLAVNÍ KVANTOVÉ ČÍSLO n 1; 2; 3

ORBITÁLNÍ KVANTOVÉ ČÍSLO l 0; 1; 2; 3; ... n-1

MAGNETICKÉ ORBITÁLNÍ K.ČÍSLO m_l 0; ±1; ±2; ... ±l

MAGNETICKÉ SPINOVÉ K.ČÍSLO m_s ±1/2

HLAVNÍ KVANTOVÉ ČÍSLO VYJADŘUJE VEDÁLENOST OD JADRA.

ORBITÁLNÍ MOMENT HYBNOSTI VYJADŘUJE ORBITÁLNÍ KVANTOVÉ ČÍSLO

MAGNETICKÉ ORBITÁLNÍ ČÍSLO VYJADŘUJE ORBITÁLNÍ MOMENT HYBNOSTI

MAGNETICKÉ SPINOVÉ ČÍSLO VYJADŘUJE SPINOVÝ MOMENT HYBNOSTI.

OSNAZENÍ SLUPEK	n	1	2	3	4
		k	L	M	N

OSNAZENÍ PODSLUPEK	l	0	1	2	3
		s	p	d	f

PAULIHO VYLUČOVACÍ PRINCIP

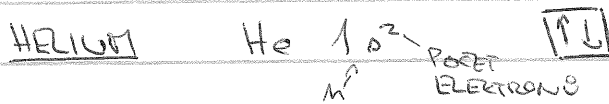
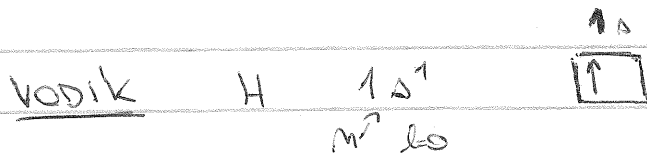
DVA ELEKTRONY PŘÍSLUŠEJÍCÍ TÉMUŽE KVANTOVÉMU SYSTÉMU
NEMOHOU BÝT VE STEJNÉM STAVU.

LEPŠÍ:

ŽÁDNÉ DVA ELEKTRONY ZACHYCANÉ V TÉŽE PASTI NEMOHOU
MÍT STEJNÝ SOUBOR HODNOT KVANTOVÝCH ČÍSEL.

m_l, s, m_s, m_s

BUDOVAŇÍ PERIODICKÉ SOUSTAVY PRVKŮ



HUNDOVO PRAVIDLO - DA SE ZOBNOVIT POTOCI ENERGIÍ ~~VE~~ ÚVĚH
N^l

POUŽÍ BY NEPLATIL PAULIHO VYLUČ. PRINCIPU ELEKTRONY BY
SE NAHROMADILY VE STAVU $1s$.

VLIV NA POZICI A TVAR SPECTRÁLNÍ ČÁRY

- a) ATOM V MAGNETICKÉM POLI \Rightarrow ŠTĚPENÍ ČÁRY (ZEEMANŮV JEV)
- b) ATOM V ELEKTRICKÉM POLI \Rightarrow ŠTĚPENÍ ČÁRY (STARKŮV JEV)
- c) TEPelný RHYB ATOMU \Rightarrow DOPLEDOVÉ ROZŠÍŘENÍ ČÁRY
- SOUVISÍ S MAXWELLOVÝM ROZDĚLENÍM PŘEHOSTI MOLEKUL (ATOMŮ) V PLYNU
- d) FLUKTUACE VAKUA \Rightarrow PŘIROZDNÉ ROZŠÍŘENÍ ČÁRY
- e) HYPLOST FOTONU \Rightarrow ZPĚTNÝ RÁZ, SNIŽENÍ FREQVENCE EMIT. FOTONU

c) BELTZMANŮV FAKTOR $e^{-\frac{E}{kT}}$ MÁME SYSTÉM S ROVNÝMI STAVY ENERIE, ČÍM VÍCE SE SYSTÉMEM TŘESU, TÍM VÍCE JE SPECTRÁLNÍ ČÁRA ROZŠTĚPENA.
 SE ZVYŠUJÍCÍ S TEPLOTOU TÍM ^{SE} PŘEDPŘODOBNOŠTÍ OBSAŽENÍ KDHŽ SE BUDU BLÍŽIT K NULE TÍM OSTŘEŠTÍ SPECTRÁLA BUDS

d) TŘEPOU S DÍM FL. VAKVA, FOTON JE VYPRŮJEDN Z VAKVA KAPNE DO ELEKTRONU A VZNIKNE TAM PORUCHA.

e)

PLATÍ ZÁKON ZACHOVÁNÍ ENERIE A HYPLOST

$$\text{HYBLOST } \vec{0} = \hbar \cdot \vec{k} + \vec{p} \quad \text{P} = \frac{\omega \cdot \hbar}{c}$$

$$\text{ENERGIE } E_1 = E_2 + \hbar\omega + \frac{p^2}{2M}$$

$$E_{rec} = \frac{(\hbar \cdot \omega)^2}{2Mc^2}$$

ZPĚTNÉ RÁZY NEPOZNÁM MOC VE SPECTRU, ALE NÁJDĚ VUŽETÍ VLASEROVÉHO CHLAZENÍ ATOMŮ.

RENTGENOVÁ SPECTRA

- SPOJITÉ RENTGENOVÉ SPECTRUM VZNIKÁ, JESTLIŽE ELEKTRONY (BRZDNÉ ZOB) S VYSOKÉ KIN. ENERGIÍ ZTRATÍ ČÁST SVÉ ENERIE PŘI STŘELÁCH S ATOMY V PEVNÉ LÁTCE. $\lambda_{min} = \frac{h \cdot c}{e \cdot U}$

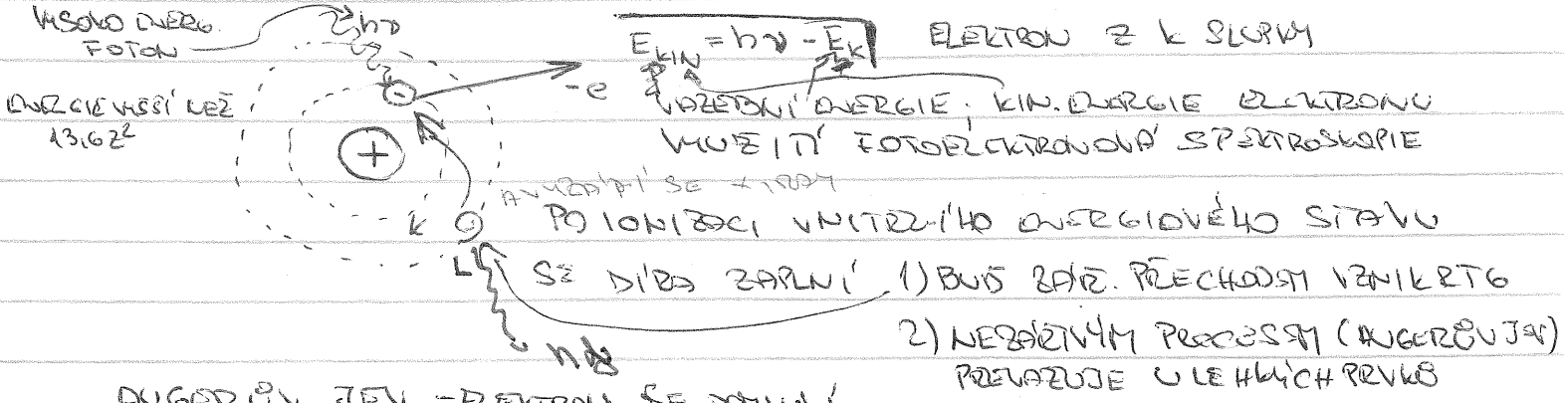
CHARAKTERISTICKÉ SPECTRUM RENTGENOVÉHO ZÁŘENÍ VZNIKÁ TĚDÝ JESTLIŽE ELEKTRONY S VYSOKOU ENERGIÍ VYBÍJÍ VNITRNÍ ELEKTRONY ATOMU, ZAPLNÍ-LI TOTO DÍRU ELEKTRON, KTERÝ SE NACHÁZÍ DÁLE OD JADRA VZNIKNE CHAR. X-RAY SPECT.

NEJPROBUDPODOBNEJŠÍ JE PŘECHOD ZE SOUSEDNÍ HLADINY

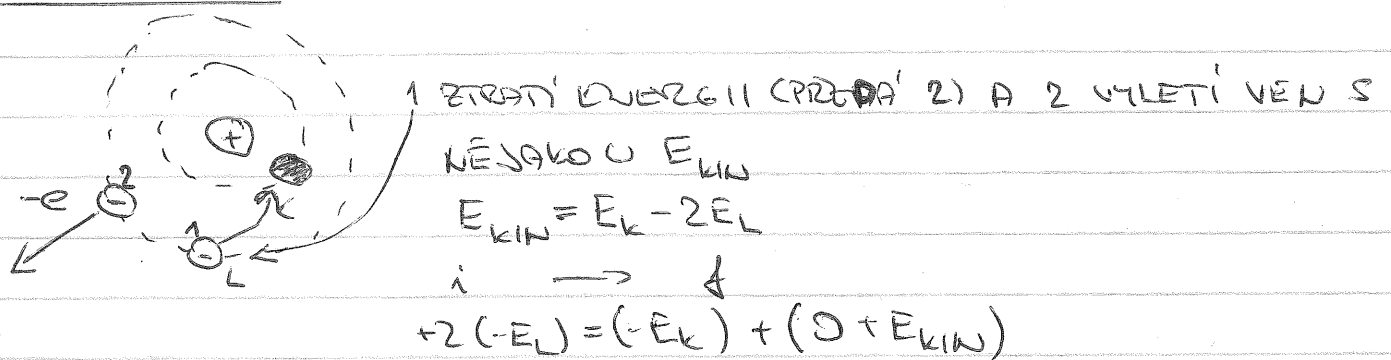
POSLEHYHO ZÁKON $\sqrt{f} = cZ - c$ $\sqrt{\frac{1}{\lambda}} = cZ - c$ $\sqrt{\frac{1}{\lambda}} = cZ - c$ $\sqrt{\frac{1}{\lambda}} = cZ - c$

Augerův jev

Vnitřní fotoelektrický jev - pomocí RTG záření vyrazím



Augerův jev - elektron se doplňuje



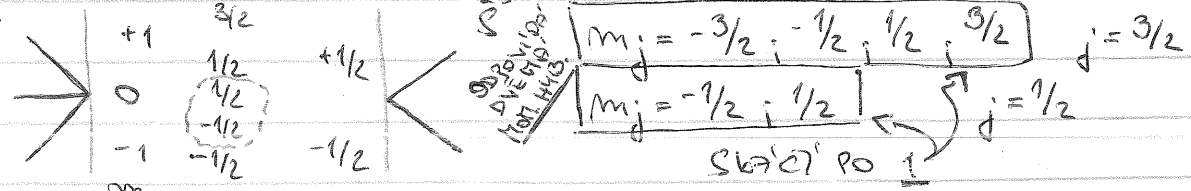
FOTON NEMŮŽE EXISTOVAT UVNITŘ ATOMU. TATO DOHODA JE SPROSTŘEDKOVÁNA POLETÍ.

Elektronová struktura atomů

SKLADÁNÍ MOMENTŮ HYBNOSTI

- 1) ORBITÁLNÍ + SPINOVÝ MOMENT HYBNOSTI 1 ELEKTRONU
- 2) VÝSLEDNÝ MOMENT HYBNOSTI VÍCE ELEKTRONŮ

Výsledný moment hybnosti $\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$



Kvantovaná veličnost

$$J = \hbar \sqrt{j(j+1)}$$

$$j = |l - 1/2| ; l + 1/2$$

~~$J = \hbar \sqrt{j(j+1)}$~~
 SKAČEŤ PO JEDNITLICE VÝSLEDNÝ MOMENT
 VÝSLEDNÝ MOMENT
 DÁVÁ SPINOVÝ

Prostorové kvantování

$$J_z = m_j \hbar \quad m_j = j ; j-1 ; \dots ; 0 ; j-1 ; j$$

STERN-GERLACH EXP - TAM JS ZPĚTLINÁ DVĚ, A TO JE KVŮLI ROTACI.

NETWEL OBTU TEN PRŮMET PŘÍSLUŠÍ - PROTOŽE PRINCIP URČENÍ

MAGNETICKÝ DIPÓLOVÝ MOMENT

S VÝSLEDNÝ MOMENTEM HYBNOSTI JE SPOJEN
VÝSLEDNÝ MAGNETICKÝ DIPÓLOVÝ MOMENT,
SPIN JE ALE 2x SILNĚJŠÍ TAK POTOM

TEO VÝSLEDNÝ MOMENT HYBNOSTI NEVÍ
ROVNOBĚŽNÝ S ^{VÝSLEDNÝM} MAGNETICKÝM DIPÓLOVÝM MOMENTEM.

~~HYBNOST~~

$$\mu = \vec{\mu}_{orb} + \vec{\mu}_{spin} = -\frac{e}{2m_e} \vec{L} + 2 \left(-\frac{e}{2m_e} \right) \vec{S}$$

DVA ELEKTRONY

$$\begin{aligned} \vec{J}_1 &= \vec{L}_1 + \vec{S}_1 & \vec{J}_2 &= \vec{L}_2 + \vec{S}_2 \\ \vec{J} &= \vec{J}_1 + \vec{J}_2 \end{aligned}$$

JJ VAZBA

$$\begin{aligned} \vec{L}_1 + \vec{L}_2 &= \vec{L} & \vec{S} &= \vec{S}_1 + \vec{S}_2 \\ \vec{J} &= \vec{L} + \vec{S} \end{aligned}$$

LS VAZBA

MNOHA ELEKTRONOVÉ ATOMY

VEKTOROVÝ SOUČET ORBITÁLNÍCH I SPINOVÝCH MOMENTŮ
HYBNOSTI ELEKTRONŮ V UZAVŘENÝCH SLUPKÁCH JE
NULOVÝ TAKŽE VÝSLEDNÝ MOMENT HYBNOSTI A
Tedy I VÝSLEDNÝ DIPÓLOVÝ MAGNETICKÝ MOMENT
JSOU ZPŮSOBENY JEN NĚKOLIKÁ VALENČNÍMI
ELEKTRONY A TY URČUJÍ MAGNETICKÉ
VLASTNOSTI LÁTEK.

SPIN ORBITÁLNÍ INTERAKCE

ELEKTRON DĚLA' MAG. PŮLE, SVÝM OBĚHEM KOLMĚ

$$\text{JADRA } U_{so} = -\vec{\mu}_s \cdot \vec{B}_{orb}$$

TOHLE VLODNE ZPŮSOBUJE ROZŠTĚPENÍ SPEKTRÁLNÍ DRÁHY

A Tedy DOCHŮZÍ K ZEEMANOVĚ JEVU

OPTICKÁ' SPEKTRA S JEDNÍM VAL. ELEKTRONEM

OPTICKÁ' SPEKTRA S VÍCE VAL. ELEKTRONY

ATOMY SE SDRUŽUJÍ

VAZBY MEZI ATOMY

- ZA VAZBU JE ODPOVĚDNÁ ELEKTROSTATICKÁ INTERAKCE A ZÁKONY KVANTOVÉ TEORIE (SCHRÖDINGEROVA A PAULIHO PRINCIP)

- IONTOVÁ VAZBA
- KOVALENTNÍ VAZBA
- VAN DER WAALSOVA VAZBA
- KOVOVÁ VAZBA
- VODÍKOVÁ VAZBA

IONTOVÁ VAZBA

Li^+ , Na^+ , K^+ - ZBÍRÍ SE ZBÁVÍ ELEKTRONŮ

F^- , Cl^- - IONTOVÁ ENERGIE UVAŘÍ RÁDI SE VAŘETÍ S (IONTY) PŘESUNUJE SE ELEKTRON Z Na DO Cl A ONI SE PAK ELEKTROSTATICKY PŘITAHUJÍ. ATOMY S NEÚPLNYMI VNĚJŠÍMI PODSLUPYMI SNADĚJÍ ZÍSKAT \Rightarrow ZTRÁTIT JEDEN ELEKTRON ABY DOSAHLI STABILNÍ KONFIGURACE.

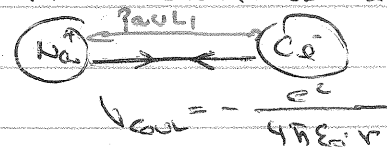
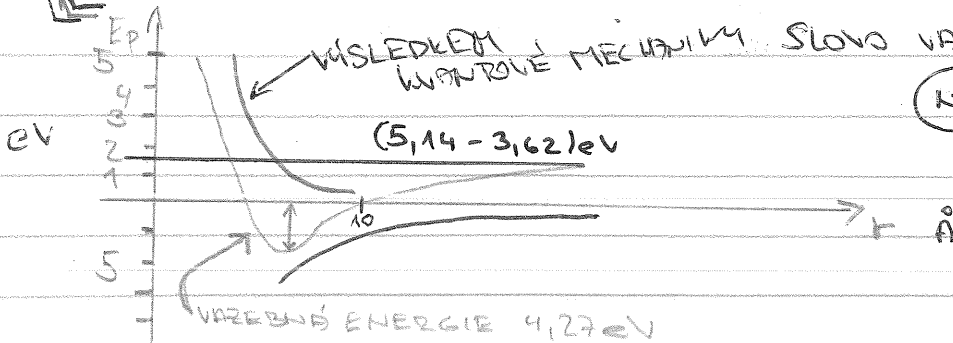
ALKALICKÉ Kovy (Na , K ...) MAJÍ JEDEN ELEKTRON VNĚ UZAVŘENÉ PODSLUPY. VNITRNÍ ELEKTRONY JEJ ČÁSTEČNĚ ODSÍTKNÍ OD JADERNÉHO NABÍJOJE $+Ze$, TAKŽE ^{VNĚJŠÍ} ELEKTRON NEDEJÍ EFEKTIVNÍ NABÍJOJ $+Ze$, ALE JEN $e \Rightarrow$ SNADNE SE DÁ ODTRHNŮ.



IONTOVÁ VAZBA MEZI DVĚMA ATOMY MŮŽE NASTAT TEHDY, KDE JEDEN Z NICH MÁ NÍZKOU IONIZAČNÍ ENERGII (SILNĚ STÁT SE KADNĚM IONTEM) A DRUHÝ VYSOKOU

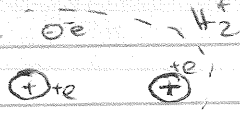


ELEKTRONOVOU AFINITU (SILNĚ STÁT SE ZÁPORNÝM IONTEM)



PAULIHO PRINCIP

KOVALENTNÍ VAZBA - H₂⁺; VAZBA MEZI DVĚMA STEJNÝMI ATOMY



ELEKTRON SLEPI RYHLÉ VAZBU PŘEVANÁ COUL. SILY A SPOJÍ DVA PRŮTONY

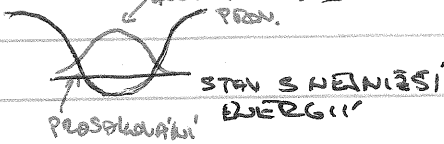
$$E_{TOT} = E_{P-P}^{Coul} + E_{el}$$

COUL. POT. ENERGIE

QM - ENERGIE ELEKTRONU V POLI TĚCHTO DVOU Kladných NABOJŮ.

PRVNÍ SITUACE

ELEKTRON JE ZACHYCEN MEZI ENERGIJE JE VYŠŠÍ (HUSTOTA PRŮB.)



DRUHÁ SITUACE

ELEKTRON SPĚT ZACHYCEN JEHO ENERGIJE SPĚT KVANI

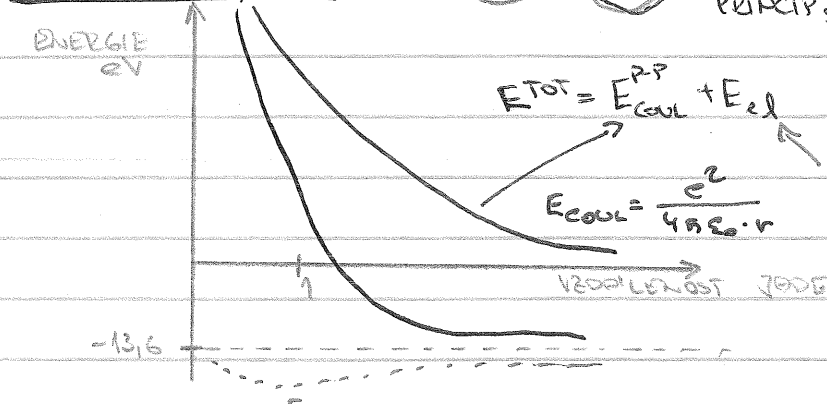


VÝSLEDEK - ELEKTRON ŽIJE V DVŮSKLÉ POTENCIÁLOVÉ JAMĚ.

VLNŮV FCE PROSPĚJE, DOCHÁZÍ K DIFRAKCI

DVA ZBĚVNÉ POLY C₁ A C₂

PŘÍPAD C₁; -C₂

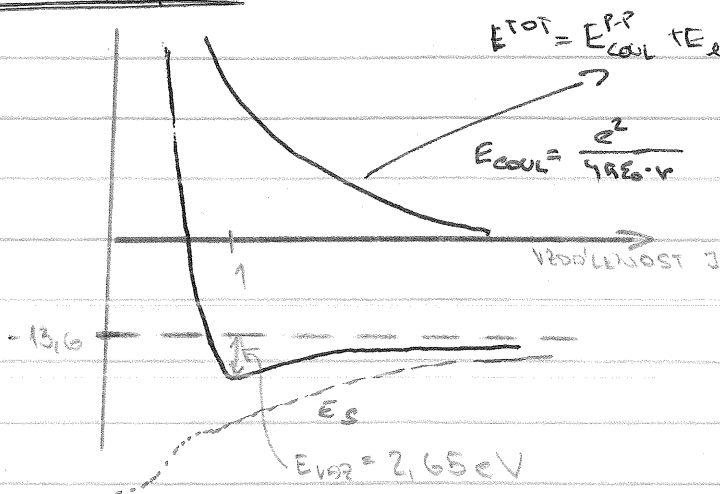


$\psi = c_1 - c_2$

ANTIVAZEBNÍ STAV - ZAPROHÁNÍ

NABOJ NEJPAŤ ODCLOU IT NATOŽ SLEPIT TĚTO DVA PRŮTONY

PŘÍPAD c₁; +c₂



VAZEBNÍ STAV - ELEKTRON

ODCLOUÍ COUL. INTERAKCI A SLEPÍ DVA PRŮTONY

ZACHŮV PŘIBLIŽOVAT DVA ATOMY, ZACHŮV PŮSOBIT COULOMBŮVSKÝ A INTERAKCE A ZACHŮV SE TO ODPŮZOVAT CHVÍLI SE ODPŮZOVAT (VZDÁLI SE) PAK SE ZACHŮV SPĚT PŘIBLIŽOVAT.

DVA ELEKTRONY - PAULIHO VYLUČOVACÍ PRINCIP, VZEBNÝ STAV VĚNKA PRO ELEKTRONY S OPAČNÝMI SPINY

VAN DER WAALSOVA VÁZBA

POZN. DIPÓL - DIPÓLOVÁ INTERAKCE

MAHE DVA DIPÓLY, MŮŽEME SPČÍTAT JEHO POLE A POTENCIÁL
INTENZITA # DIPÓLU $E_1 \approx \frac{P_1}{r^3}$; POTENCIÁLNÍ ENERGIE DIPÓLU

JE $U = -P \cdot E_0$

POZ.
MAG. DIP.
MOMENT

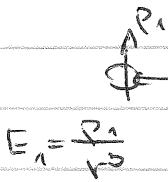
INDUKOVANÉ (S) E2 POLE

$$E_P = -\vec{P}_2 \cdot \vec{E}_1$$



DIPÓL - INDUKOVANÝ DIPÓL

↓
KROUŽÍKOVANÝ ATOM SE V OBL. POLI PRŮSPORIVNĚ VÁZBŮ
VYTVOŘÍ SE INDUKOVANÝ DIPÓL



$$\vec{P}_2 = \alpha E_1(r)$$

↓
POLARIZOVANÁ ZVĚTNOST ATOMU
JE ÚČEČNĚ (ZÁVĚČE) KA ROVNÍ DIPÓLU

$$E_P = -P_2 \cdot E_1(r) = -\alpha E_1^2(r) = -\alpha \frac{P_1^2}{r^6}$$

~~POČ SE DVA NEUTRÁLNÍ ATOMY SE SLABĚ PŘITAHUJÍ DVA NEUTRÁLNÍ ATOMY?~~

INDUKOVANÝ DIPÓL - INDUKOVANÝ DIPÓL

DVA NEUTRÁLNÍ ATOMY A ONI SE SLABĚ PŘITAHUJÍ.



DIPÓL JE INDUKOVÁN KVANTOVÝMI FLUKTUACEMI. VAN DER WAALSOVA
INTERAKCE JE DŮSLEDEK KVANTOVÝCH FLUKTUACÍ,
SOUVISÍ S KASIMIROVÝM EFEKTEM.

$$E_P(r) = 4\epsilon \cdot \left[\left(\frac{r}{2}\right)^{12} - \left(\frac{r}{2}\right)^6 \right]$$

↓
V(ENG)

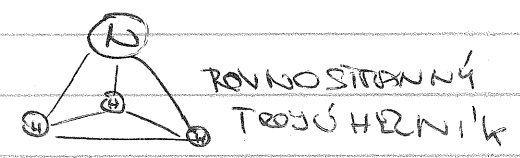
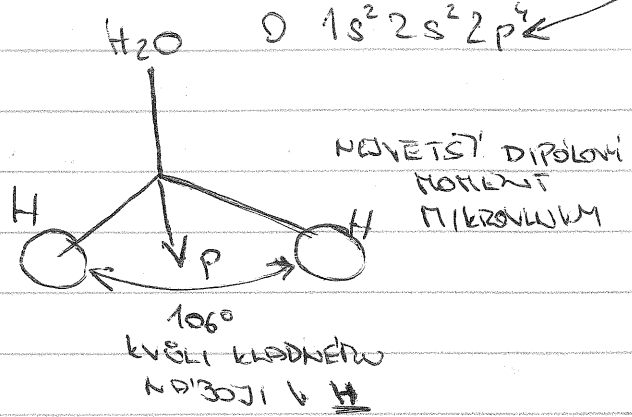
MOLEKULY

- STRUKTURA MOLEKUL
- SPEKTRA MOLEKUL

STRUKTURA MOLEKUL - JE DANA ELECTRONOVOU STRUKTUROU ATOMU

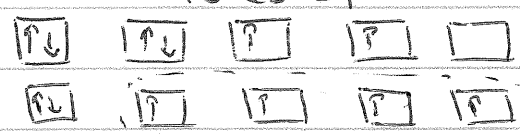
VÍCE ATOMOVÉ MOLEKULY H₂O, NH₃

VAZBA SE TÝKÁ P ELEKTRONŮ
 O 1s² 2s² 2p⁴ N 1s² 2s² 2p³
 ČPÁNEK NH₃



VAZBY ATOMŮ UHLÍKU - METHAN, ETHAN...

C 1s² 2s² 2p²



VE VAZBE - HYBRIDIZACE
 HYBRIDNÍ ORBIT SP³

1s ELEKTRON SE JAKOBY STANE P ELEKTRONEM, SPÁNE SE JEDNÍM ZE 4 ELEKTRONŮ, TÝKÁ 4 ELEKTRONY JSOU JAKOBY ROVNOLINĚ ALISI SE JEDNÍM KVANTOVÝM ČÍSLEM.

SPEKTRA (DVOATOMOVÝCH) MOLEKUL

- ROTACE 10⁻⁷ eV MIKROVLNŮ
- VIBRACE 10² eV KRAJ. ZAŘÍZENÍ
- ELEKTRONOVÁ 10⁰ eV VIDĚLNÉ ZAŘÍZENÍ

ROTACEJÍ ENERGIJNÉ HLADINY - ROTACE (ROZVÍČÍ KOLE) - MOLEKULA

$$E_{rot} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{p^2}{2m}$$

VÝDEJ Z KLASICKÉ MECHANIKY A SPOJIM S KVANTOVOU MECH. POUŽÍMŮ U MIKROVLNÉ TROUBY

$$E_{rot} = \frac{L^2}{2I}$$

MOMENT INERTIE

$$L = J(J+1)\hbar^2$$

$$E_j = J(J+1) \frac{\hbar^2}{2I} \quad J = 0, 1, 2, \dots$$

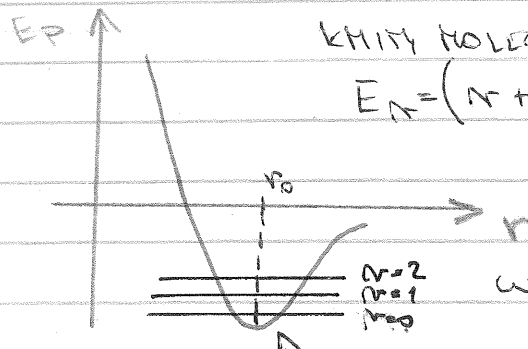
$$I = \frac{2}{5} MR^2$$

$$\frac{\hbar^2}{2I} \approx 10^{-4} eV$$

VIBRAČNÍ ENERGIJNÉ HADINY - DVEKULICNÝ SYSTÉM A PERZIBOVAT

- OPĚT HARMONICKÝ OSCILÁTOR - APROXIMACE

KHRY MOLEKUL NAHRADÍME M ZA M - VIBRACE



$$E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) h\nu$$

$$n = 0, 1, 2, \dots$$

FRKVNCE KHRY V MIKROSEKUNDE
 $\omega \sim 10^{13} s^{-1}$

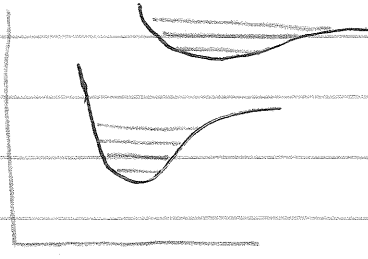


ω - SOUVISÍ TUHOSŤ PRUŽINY (OSKIL) A
 TATO TUHOSŤ SOUVISÍ S KŤVNOSTÍ
 TĚŽO JAMKY. KŤVNOST JAMKY A
 HROVNOST m UŘEŠUJÍ ω .

VIB. ROT. SPEK - SPEKTRUM MOLEKUL JE VIBRAČNĚ ROTAČNÍ, NA JEDNOM
 VIBRAČNÍM STAVU JE MNOHO ROTAČNÍCH STAVŮ NALEPENO

NA JEDNOM STAVU JE NALEPENO
 MNOHO POD STAVŮ

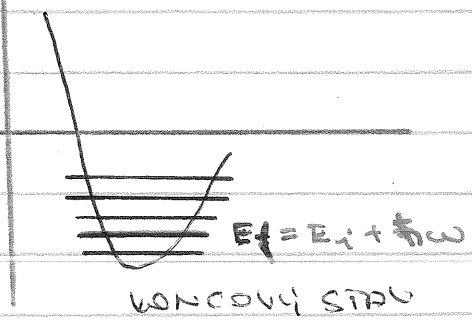
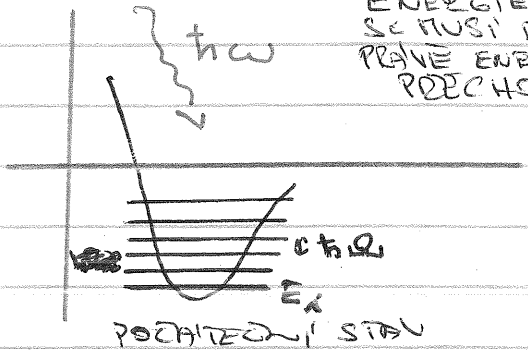
ELEKTRONOVÉ PŘECHODY -



INFRACERVENÁ SPEKTROSKOPIE

STUDIUM POLOCI INFRACERVENÉ ABSORCE - KVŮLI HRY OSCIL.

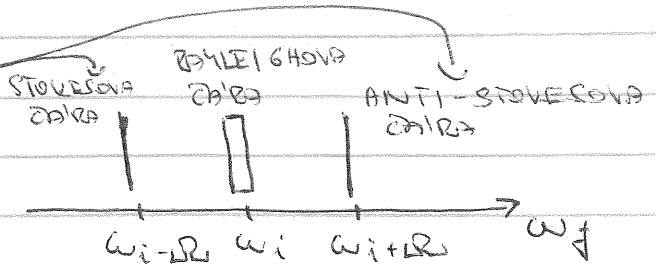
ENERGIE FOTONU
 SE MUSÍ ROVNAT
 PRÁVE ENERGIÍ
 PŘECHODU.



ROZPTYL SVĚTLA - DVOU FOTONOVÝ PROCES

- RAYLEIGHOV ROZPTYL

- RAMANOV ROZPTYL



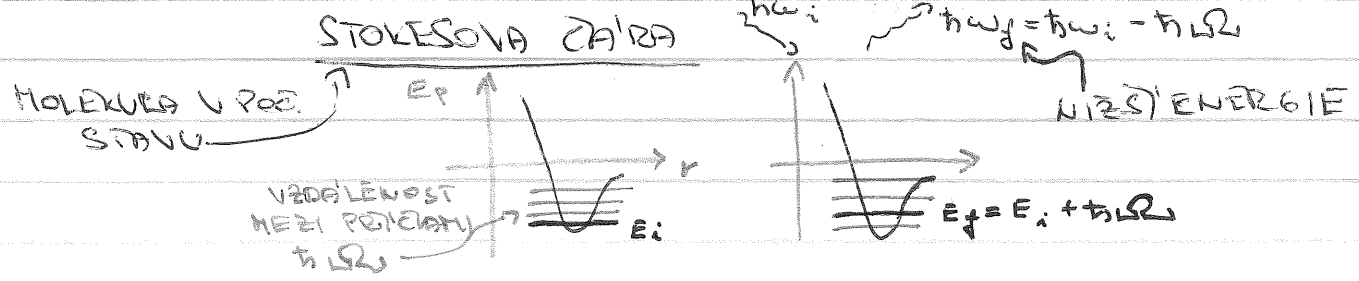
RAYLEIGHOV ROZPTYL - PRUŽNÝ ROZPTYL VIDITELNÉHO SVĚTLA

SVĚTLO DOPADNE NA ÚTVAR, KTERÝ SE ROZKMITÁ A ZAČNE VYŽAROVAT SEKUNDAŘNÍ ŽÁŘENÍ. STARÝ FOTON HYNE A RODÍ SE NOVÝ SE STEJNOU FREKVENČÍ

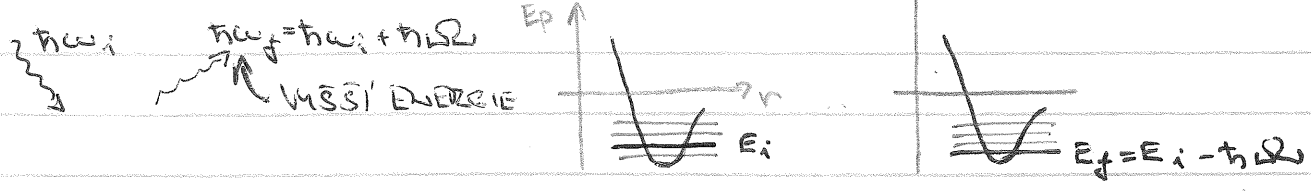
$\hbar\omega_i = \hbar\omega_f$ INTENZITA JE ROVNÁ $I = \frac{1}{\lambda^4} \leftarrow$ ČIM MENŠÍ TÍM VĚTŠÍ INTENZITA

RAMANOV ROZPTYL - NEPRUŽNÝ ROZPTYL VIDITELNÉHO SVĚTLA

NA ZAČÁTKU JE FOTON, A NA KONCI JE FOTON S NÍŽŠÍ/VYŠŠÍ ENERGIÍ



ANTI-STOKESOVA ČÁRA - MOLEKULA V EXCITOVANÉM STAVU



PROČ JE ANTI-STOKESOVA ČÁRA NÍŽŠÍ NEŽ STOKESOVA? BOLTZMANNŮV FAKTOR

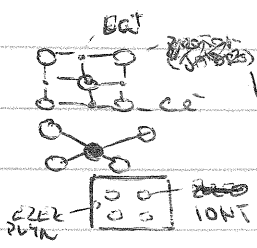
$$\frac{P(\text{exc})}{P(\text{gr})} = \frac{e^{E_{\text{exc}}/kT}}{e^{-E_{\text{gr}}/kT}} = e^{-\Delta E/kT} < 1$$

PROTOŽE TRANŠPONDIOBNOST, ŽE PRILETĚLÝ FOTON NADE ATOM V ZAHLASNÍM STAVU JE VYŠŠÍ NEŽ ŽE HO NADE V EXCITOVANÉM.

PEVNÉ LÁTKY

- VAZBA A STRUKTURA
- ELEKTRONOVÁ STRUKTURA
- VODIVOST KOVŮ A POLOVODIČŮ

VAZBA A STRUKTURA KRISTALŮ



VAZBA

- IONTOVÉ KRISTALY
- KOVALENTNÍ KRISTALY
- KOVOVÉ KRISTALY
- MOLEKULÁRNÍ KRISTALY
 - VODÍKOVÁ
 - VAN DER WAALSOVA SÍLA

SYMETRIE

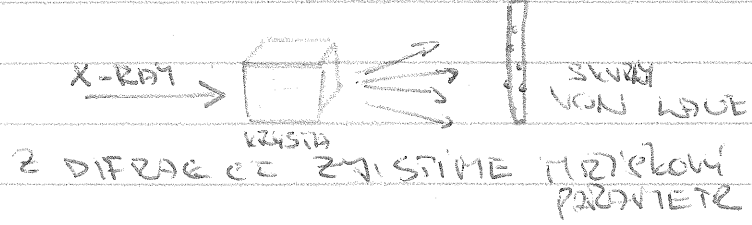
- STRUKTURA - 7 KRISTAL STRUKTUR
- TRIKLICKÁ
 - MONOKLITICKÁ
 - ORTOROMBICKÁ
 - KUBICKÁ (NaCl)
 - HEXAGONÁLNÍ
 - TETRA GONÁLNÍ
 - TRIGONÁLNÍ
- 7 KRISTALOVÝCH SOUSTAV

KRYSTALOVÉ MŘÍŽKY - PERIODICKÉ USPOŘÁDÁNÍ BRAVAI SOVY MŘÍŽKY

- NaCl - KUBICKY PLOŠNĚ CENTROVANÁ FCC
- CHLORID CERNÝ - PROSTÁ MŘÍŽKA SC
- DIAMANT - BAŽE SE SLOŽÍ Z DVOU STEJNÝCH ATOMŮ FCC

STUDIUM STRUKTURY KRISTALŮ - SOVISÍ S VAZBOU (KOSTROVÁ SVALY)

DIFRAKCE NA KRISTALECH



BRAGGŮV ZÁKON

$2nd \sin \theta = m\lambda$
 S KAŽDÝM ATOMEM CLOUJÍ VNĚJŠÍ VLNA.

PORUCHY KRISTALU

- V NĚJAKÉM MÍSTĚ NENÍ KRISTAL
- K JEDNOM MÍSTĚ JE JINÝ KRISTAL NEŽ TAM MA BÝT
- NEBO SE OBJEVÍ JINÝ ATOM, ALE NE V MŘÍŽKOVÉ POZICI
- MIMO MŘÍŽKOVOU POZICI SE OBJEVÍ SPRÁVNÝ ATOM

W - ENERGIE PRO VZNIK PORUCHY

$$n = N_0 \left(\frac{W}{kT} \right)$$

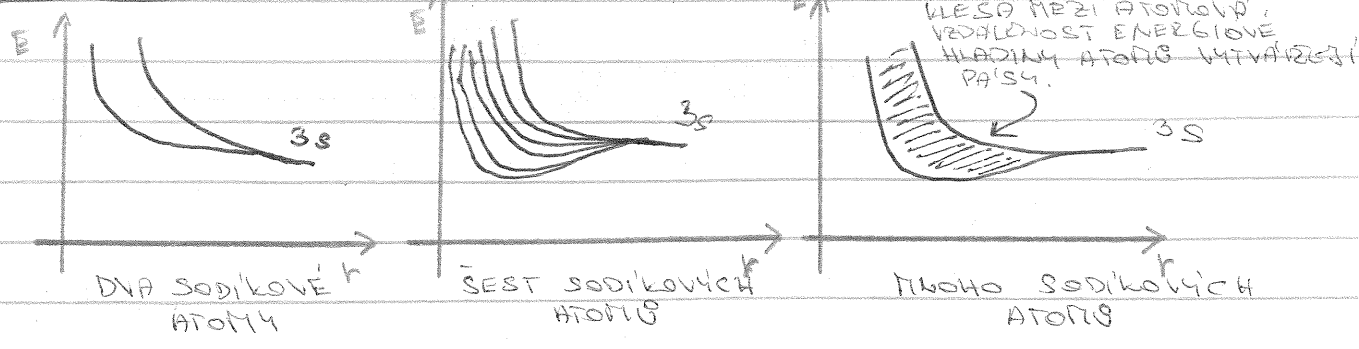
↑ POČET PORUCH

ČAROVÉ PORUCHY, ROVINNÉ PORUCHY

4 ZÁKONY, KTERÉ ŘÍDÍ SVĚT

- 1) EXISTUJE TEPLOTA (PRVNÍ ZÁKON TERMO DYNAMIKY)
- 2) EXISTUJE VNITŘNÍ ENERGIE
- 3) EXISTUJE ENTROPIE (A V IZOLOVANÝCH SYSTÉMECH ENTROPIE ROSTE)
- 4) ABSOLUTNÍ NULA JE NEDOSAŽITELNÁ

PRÁSOVÁ STRUKTURA



PROČ SODÍK? PROTOŽE 3s¹ - 3s ELEKTRONY ENERGIJOVÉ PRÁSY MAJÍ RŮZNOU ŠÍŘI A JSOU RŮZNĚ ZAPLNĚNÉ A NĚKTERÉ SE PŘEKRYVAJÍ. V KAŽDÉM PRÁSU JE M PRŮČEK.

MATE MNOŽSTVÍ = ZJELUCH JAM

PROVODĚPODOBNOST NÁLEŽENÍ PRÁSY JE VE VŠECH JAMNÍCH STRANĚCH.

$$\psi(x+na) = \psi(x) e^{ik(x+na)}$$

$$\psi(x+na) = \psi(x) e^{ikna}$$

$$e^{ik(x+na)} = e^{ikx} e^{ikna}$$

$$e^{ikna} = \text{konst.}$$

ZÁVISLÍ NA NĚM.

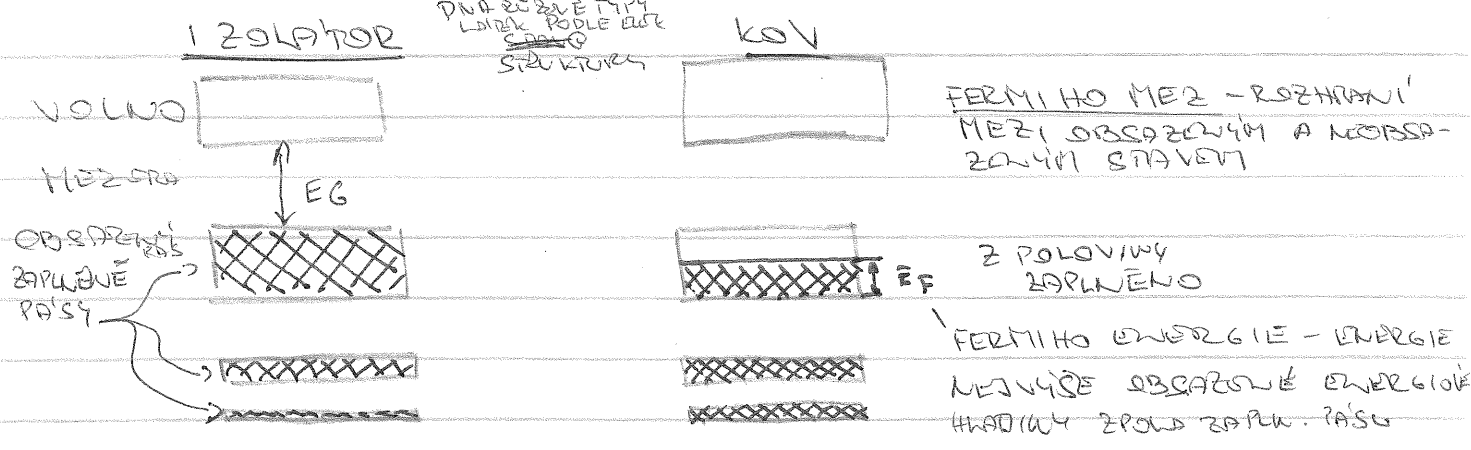
- KVANTOVÁNÍ, VYTVORÍM PRŮČEK, SYSTÉM PRŮČEK.

ZÁČNU ZAPLNŮVAT ELEKTRONY PODLE PAULIHO PRINCIPU

P-DEGENEROVANÉ
S-NEDEGEROVANÉ

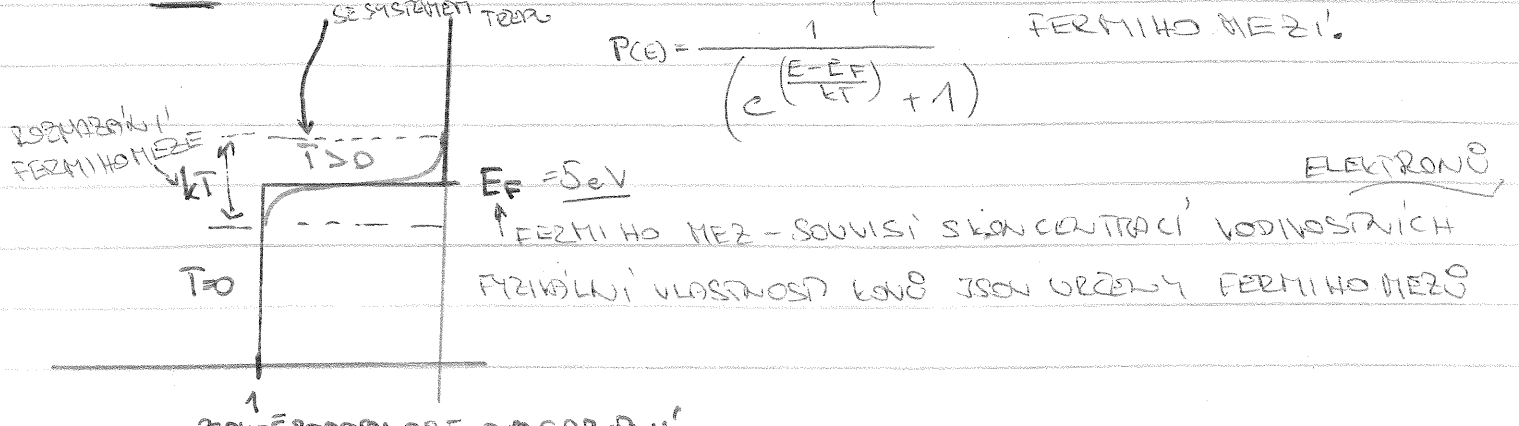
ZÁČNU K KLASIFIKACI PRÁSY AŽKÝCH ELEKTRONŮ V KRISTALU

- ZÁČNU ZAPLNŮVAT ELEKTRONY (PODLE PAULIHO PRINCIPU)



ROZDÍL MEZI KOVEM A IZOLÁTOREM JE V ZAPLNĚNÍ POSLEDNÍHO PRÁSU. POLOVODIČ JE SPECIÁLNÍ PŘÍPAD IZOLÁTORU S ÚJEMNÝM GEM.

KOV - POHLED NA PRÁSY ZAPLNĚNÝ PRÁSY, VLASTNOST KOVŮ JSOU DÁNY FERMIHO MEZÍ.



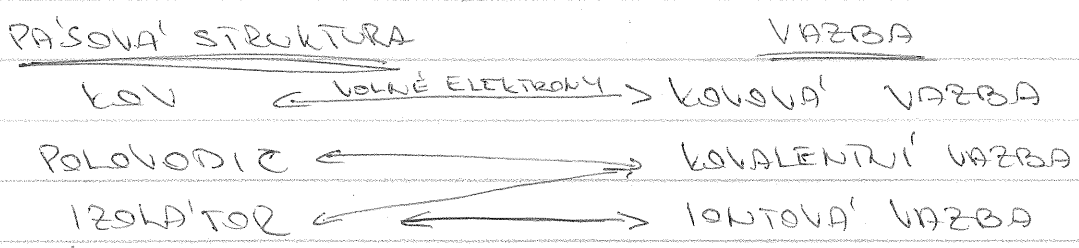
PAŠOVA' STRUKTURA A OPTICKÉ VLASTNOSTI

POKUD DOPADNE ZAŘEVÍ NA IZOLA'TOR (POLOVODIČ) O ENERGIÍ MENŠÍ NEŽ JE ŠÍŘE GAPPŮ, TAK SE NIC NESTANE. PO KUD DOPADNE O ENERGIÍ VYŠČÍ' TAK ELEKTŘON SE DOŠTANE DO VODIVOSTNÍHO PÁŠU

$E_g = h \cdot \omega$ UPRAVŇELI' LED DIODA

KOV MŮŽE ^{AKTIVNĚ} ABSORBOVAT JAKÉKOLIV MNOŽSTVÍ ENERGIIE. TO VŠAK NENÍ PRAVDA. KOV DOKONALE ODRAŽE SVĚTLO. HNED PO ABSORPCI SE FOTON OPĚT VYŽARUJE. PŘI UČIŘE VLNOVÉ DÉLČE KOVY PŘI JISTOU ODRAŽET SVĚTLO A JE TO KVŮLI PLASŤOVÉ FREGVENCII ČOŽ JE FREGVENCE KOLEKTIVNÍCH EXCITACIÍ.

KLASIFIKACE PEVNÝCH KATĚK



VODIVOST KOVŮ A POLOVODIČŮ

- VODIVOST POPISUJE SCHŮBNOST DOBŘE VĚST ELEKTŘICKÝ PROUD, ČÍM VĚTŠÍ VODIVOST, TÍM SILNĚJŠÍ' EL. PROUD PROČKÁŽÍ' VODIČEM PŘI STEJNĚM NAPĚTÍ. $I = \frac{dq}{dt}$ $j = \frac{dI}{dS}$

$j = e \cdot n \cdot v_D$ DRIFTOVÁ RYCHLOST - VEVODIČI' EL. POLE O INT. E, PAK SE KLADNÉ NOSIČE KAMŮJE SE POUHYBUJÍ' DRIFT. RYCHLOSTÍ' VE SMĚRU INTENZ. E.

$v_D = a \cdot \tau = \frac{e \cdot E}{m} \cdot \tau$

$j = \frac{e^2 \cdot n \cdot \tau}{m} \cdot E$

$\sigma = \frac{e^2 \cdot n \cdot \tau}{m}$ (S KAZLOVÉ PŘEŠŮ)

VODIVOST KŮVÍ' NADKOVANÁ' VŮČÍ' POUHYBUJÍ' (KT) ~~JEŠŤE~~ DĚLE VĚTŠÍ' VODIVOST NEJĚŠŤE. - PŘI JISTOU DOBA POUHYBU SE ELEKTŘON JAKOBY URYCHLUJE

e - KŽEĐA 'KULIČKA' JE NABITA A NESE PROUD, U RYCHLEJŠÍ' POHYBU E'

m - ČÍM TĚŽŠÍ' TÍM HŮŘE SE MI S TÍM HÝŽE

n - KONCENTRACE ELEKTŘONŮ V KOVU, ČÍM VÍČE ELEKTŘONŮ TÍM VĚČÍ' VODIVOST KONCENTRACE JE CHARAKTERISŤA KO MATEŘIALU, NESOUVISÍ' S JEJICH, PĚTAM.

DRIFTOVÁ VYCHLOST - HEJNO KOMARŮ

$\mu_d = \alpha \tau = \frac{e \cdot E}{m \omega} \cdot \tau$

 $\tau \approx \text{PR} \quad 300 \text{K} \Rightarrow 10^{-14} \text{ s}$

 $\tau = \frac{l}{v_F}$

 v_F - FERMIHO VYCHLOST

 l - STŘEDNÍ VOLNÁ DRÁHA

 (PROTOŽE PAULIHO PRINCIP BĚŽNĚ VYPADĚ PĚTONI KOLEM FERMIHO MEZE)

ELEKTRON NEJÍ KULIČKA, ALE VLNA NARODULOVANÁ NA POTENCIÁL MŘÍŽKY! K ROZPTYLU ELEKTRONU DOCHÁZÍ KVŮLI KMITŮM MŘÍŽKY.

VODIVOST KOVŮ A POLOVODIČŮ

$\sigma_{\text{kov}} = \frac{e^2 \cdot n \cdot \tau}{m}$

 $\sigma = \underbrace{\frac{e^2 \cdot n_e \cdot \tau_e}{m_e}}_{\text{ELEKTRONY}} + \underbrace{\frac{e^2 \cdot n_h \cdot \tau_h}{m_h}}_{\text{DÍRY}}$

RELAXAČNÍ DOBA ŽÁVISÍ NA TEPLOTĚ, JAK U KOVŮ TAKU POLOVODIČŮ, ALE U POLOVODIČŮ JE TEPLŮJĚ ŽÁVISLE τ . PROTO ODPOR U KOVŮ S TEPLŮTU RŮSTE, ODPOR POLOVODIČŮ S TEPLŮTU KLESA!

RESISTIVITA $\rho = \frac{1}{\sigma}$

HALLŮV JEV

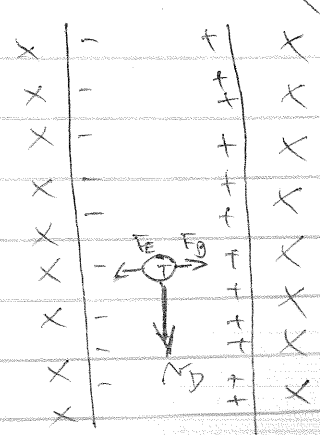
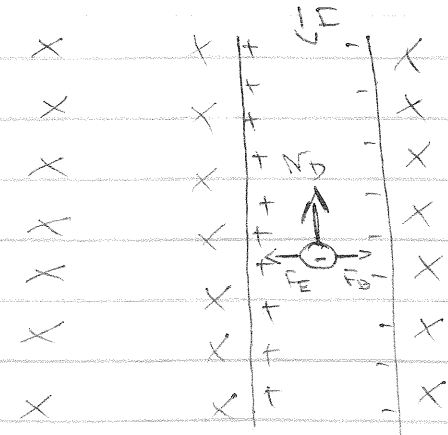
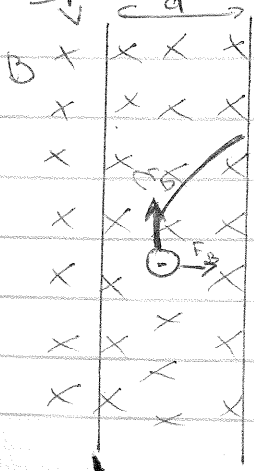
- ELEKTRONY MOHOU BYT VYCHÝLOVÁNY MAGNETICKÝM POLEM, JSOU JIMY VYCHÝLOVÁNY I ELEKTRONY POKYBUJÍCÍ S DRIFTOVOU VYCHLOSTÍ. ELEKTRONY PŘOVDÍ PŘOD SMĚRU PŘOD, ŽÁVNU MAG. POLE ŽÁVST S= ŽICH BUDŽ HROMADIT NA PRÁVĚ STRANĚ. PRŮ

$I \downarrow$ VLADNĚM NA ŽOJI SPRAVĚ.

$n_D = \frac{I}{mq} = \frac{I}{mq \cdot s}$

 $Q \cdot E = F$

 $F = Q n_D B$



$E = n_D \cdot B$

 $E = \frac{B \cdot I}{m q s}$

 $n = \frac{B \cdot E}{Q s \cdot E}$

 $U_H = E \cdot d$

 $U_H = \frac{B \cdot I \cdot d}{Q \cdot s \cdot q}$

LORENTZOVA SILA

- SILA PŮSOBÍCÍ NA NABÍTU ČÁSTICI POHYBUJÍCÍ SE RYCHLOSTÍ \underline{v} V MAGNETICKÉM POLI \underline{B} . JE VĚDY KOLMA NA OBĚ VEKTORY \underline{v} A \underline{B} . SILA F_B PŮSOBÍ NA NABÍTU ČÁSTICI, JE TĚDY ROVNA SOUČINU JEJÍHO NABÍTOJE Q A VEK. SOUČINU RYCHLOSTI \underline{v} A \underline{B}

$$\vec{F}_B = Q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

~~DVI CESTY K PÁSOUM~~

BOHRŮV MODEL ATOMU (VODÍKU) - SEDÍ NA VODÍK

- 1) ELEKTROM SE POHYBUJÍ PO KRUHOVÝCH TRAJEKTORIÍCH A NEVYŽARUJÍ ŽÁDNÉ EL MAG. ŽÁŘENÍ
- 2) PŘI PŘECHODU Z JEDNÉ HLADINY NA DRUHOU ELEKTROM VYŽÁŘÍ (POHLTÍ) PRAVĚ 1 FOTON.
- 3) JSOU DOVOLY TY TRAJEKTORIE JEJICHŽ MOMENT HYBNOSTI L JE $m\hbar$ ($m=1;2;3...)$

HARMONICKÝ OSCILÁTOR

TĚLESO NA PRŮŽINĚ

$$\downarrow F = m \cdot g \quad \uparrow F_s = k \cdot \Delta l$$

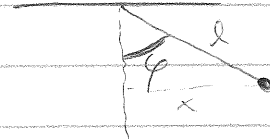
$$k = \frac{m \cdot g}{\Delta l}$$

MATEMATICKÉ VYVADLO

$$R \sin \varphi = \frac{x}{l} \quad m \cdot \frac{dx^2}{dt^2} = -m \cdot g \cdot \sin \varphi$$

$$\frac{dx^2}{dt^2} + \left(\frac{g}{l}\right) \cdot x = 0$$

" ω^2 $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ "



PRŮŽKÉ VYVADLO

$$F = m \cdot a \Rightarrow M = J \cdot \epsilon \quad \epsilon = \frac{d\varphi}{dt}$$

$$M = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

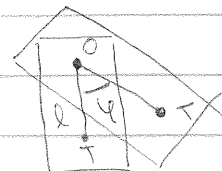
$$M = -m \cdot g \cdot l \cdot \sin \varphi$$

$$J \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + m \cdot g \cdot l \cdot \sin \varphi = 0$$

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \left(\frac{m \cdot g \cdot l}{J}\right) \cdot \varphi = 0$$

" ω^2 "

MALE ÚHLY



TLUMENÍ

$$m \ddot{x} = -kx + F_e$$

\downarrow
B.m

VYVOLENÉ KOTIVY

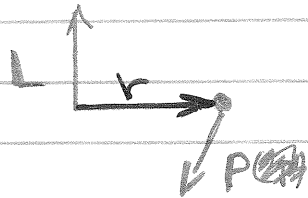
$$m \cdot \ddot{x} = -kx - B\dot{x} + F_{ext}$$

MOMENT HYBNOSTI - POPISUJE ROTACI' POHYBU TELES

$$L = r \times p = m \cdot (r \times v)$$

$$M = r \times F = r \times \frac{dp}{dt} = \frac{dL}{dt}$$

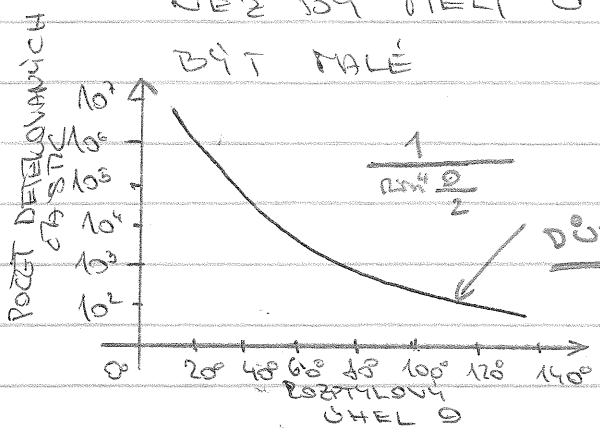
MOMENT HYBNOSTI SE UVEČUJE VZHLÉDŮM
K BODU NEBO OSE.



JE NEUTRÁLNÍ

STRUKTURA ATOMU - VĚDELO SE O ELEKTRONU A O TOM, ŽE JE JÁDRO ATOMU

- THOMSONŮV MODEL - ŠVESTKOVÍ MODEL (KLADNÝ NÁBOJ ROZLOŽEN V CELÉM ATOMU), ELEKTRONY → ŠVESTKY
- RUTHERFORDŮV MODEL - RUTHERFORDŮV EXPERIMENT 1911, α-ČÁSTICE ⇒ PŘECHOD FOLIE. ~~PROČ~~ PROČ α-ČÁSTICAMI PROTOŽE BYLY K DISPOZICI. RUTHERFORD UMĚL α-ČÁSTICE, ~~JE~~ MÁLE MNOŽSTVÍ ČÁSTIC SE ODRAZÍ ÚPLNĚ MIMO, NEŽ BY MĚLI U THOMSONOVA MODELU. ^{KLADNĚ} JÁDRO MUSÍ BÝT MALÉ



STÁLE SE POUŽÍVA - RBS, SODIUM PŘEKOVÉHO SLOŽENÍ PŘVRCHŮ.

VELIKOST JÁDRA

RUTHERFORD - POUKČI KLASICKÉ MECHANIKY, A VĚLO MŮLO.

POUŽÍVAL JÁDRA K DOKAZOVÁNÍ JÁDRA.

- ~~ODRAZ~~ VÝSLEDKEM NA JÁDRO α-ČÁSTICE. α-ČÁSTICE PŘED PRONIKNUTÍM DO ~~JÁDRA~~ ATOMU NIC NEČITÍ (ATOM NEBT). PO PRONIKNUTÍ DO ATOMU ČITÍ VLIV TOHO JÁDRA A ELEKTRONŮ. PODOZŘENÍ ŽE POLOHĚR JÁDRA $R = 1A^{\frac{1}{3}}$ VYCHÁZÍ

$b = 4,2 \cdot 9 \text{ fm}$

$$E_{k\alpha} = \frac{Z^2 \cdot e^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot b}$$

α-ČÁSTICE PROLETÍ ELEKTRONOVÝM OBALEM A DOSTANE SE DĚ K JÁDRU.

ATOM JE SOUBOR ELEKTRONŮ, KTERÉ SE VYSKYTUJÍ 10^6 MŮ OD STŘEDU ATOMU, KDE SE MACHÁZÍ VĚLMÍ, TĚŽKÝ KLADNÝ NÁBOJ, KTERÉMU ŘÍKÁME JÁDRO. JÁDRO JE SOUSTŘEDĚNO V OBLASTI S ROZMĚRECH 10^5 MŮ

SPŮJUJE

HEISENBERGŮV PRINCIP NEURČITOSTI ~~ROZMĚRU~~ ROZMĚRŮ PROSTORU S ROZMĚRŮMÍ HÝBNOSTI (ENERGIE).

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar$$

z HÝBNOSTI VYP KINETICKOU ENERGIÍ.

SLOŽENÍ JADRA

- NUKLEONY

- PROTONY - RUTHERFORD (1920) - VOLNÝ PROTON ŽIVOT 10^{32} LET

- NEUTRONY - CHADWICK (1932) - VOLNÝ NEUTRON ŽIVOT 196 S

ELEKTRON JE CHARAKTERIZOVÁN BOHROVÝM MAGNETONEM A

ATOM JE CHARAKTERIZOVÁN JADERNÝM MAGNETONEM S

TÍM ROZDÍLEM ŽE JE TAM HMOTNĚJŠÍ ČÁSTICE

$$\mu_B = g \frac{e\hbar}{2m} \cdot m_s$$

$$\mu_N = \frac{e\hbar}{2m_p} \approx 5 \times 10^{-4} \mu_B$$

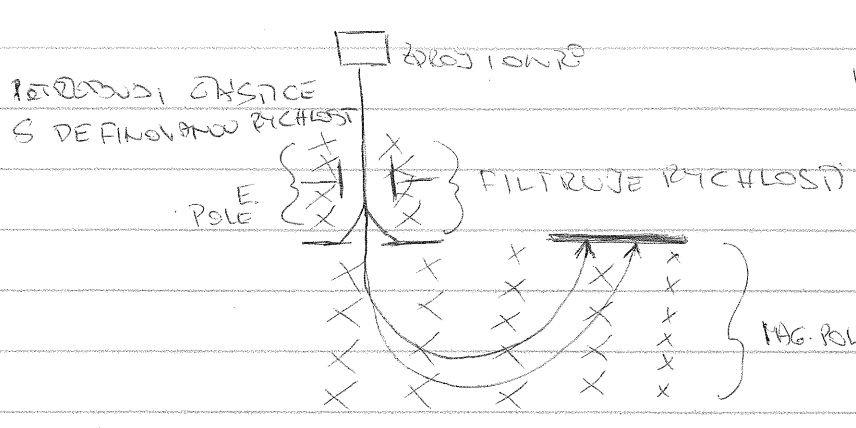
ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY JADER

Hmotnostní číslo A \leftarrow $A = Z + N$ $(N = Z \text{ obvykle})$
 Atómové číslo Z \leftarrow Počet nukleonů (protonů) \leftarrow Neutronů

První číslici se o počet neutronů, jsou z chem. hlediska stejné a říkáme jim izotopy.

Jednotka atómové hmotnosti m_u , $1 m_u \approx 1,661 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Hmotnostní spektrometr



$$F_e = E \cdot Q$$

$$F_e = E \cdot e$$

$$F_b = Q \cdot (\pi \times D)$$

$$F_b = e \cdot v \cdot B$$

$$F_e = F_b$$

$$v = \frac{E}{B}$$

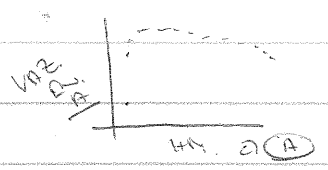
$$e \cdot v \cdot B = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

$$R = \frac{m \cdot v}{e \cdot B}$$

ENERGIE souvisejí se změnou hmotnosti

$$Q = \Delta m \cdot c^2$$

Vázní energie jadra $(\Delta m) =$ součet hmotností oddělených částic je větší než hmotnost vázné soustavy. Energie oddělení těch částic je větší energie toho systému



Energie rozpadu $(\Delta m) =$ rozdíl je součet hmotností vzniklých produktů menší než hmotnost soustavy před rozpadem. Rozdíl je energie produktů větší, takže musíme dodat energii, rozdíl je menší, takže se energie uvolňuje

JADERNÝ SPIN

$$I = \hbar \sqrt{I(I+1)}$$

I - celé nebo polopísčné

$$(\vec{I})_z = m_I \cdot \hbar \quad m_I = -I, -I+1, \dots, I$$

$$(\vec{\mu}_I)_z = g m_I \cdot \mu_N \quad \mu_N \approx 5 \cdot 10^{-27} \text{ J/T}$$

Jadro má vliv na energetické spektrum, ale malý.

Pomocí rozšíření, čáry můžeme zjistit mag. pole uvnitř atomu (četná struktura $U = \mu_B \cdot B_{orb}$) (hyperjadr. strukt. $U_{HFS} = \mu_B \vec{B}_I$)

OBJEV, SLOZENÍ A PRŮBĚH JADRA

- 1897 - ELECTRON
- 1911 - RUTHERFORD MODEL
- 1913 - BOHR MODEL
- 1919 - RUTHERFORD - PROTON
- 1926 - QM
- 1932 - CHADWICK - NEUTRON
- 1931-32 - PRVNÍ URČLOVACÍ
- 1934 - FERMI - OSTRŮŽOVÁNÍ JADRA TEPLENÝMI NEUTRONY

RADIOAKTIVNÍ ROZPAD

PROČ SE TO UROZPADNE HNED? OBJASNĚNÍ VYŽADUJE QM

α -ROZPAD \rightarrow Helium

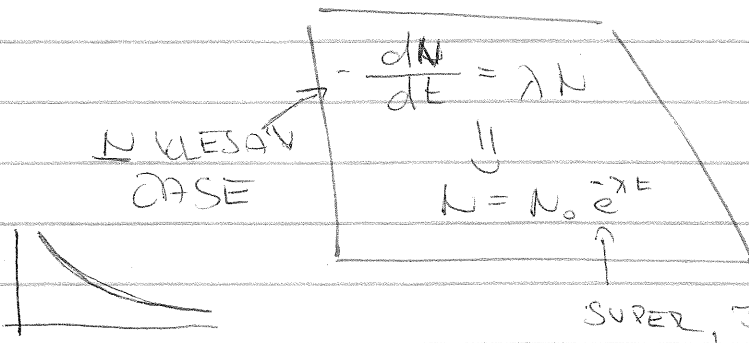
γ -ROZPAD \rightarrow FOTON

β -ROZPAD $\rightarrow e^-$

STATISTIKA \rightarrow ROZPAD JE NAHODNÝ PROCES

JADRO SE ROZPADNE TĚM VÍCE, ČÍM VÍCE JICH JE!

A ČÍM DĚLŠÍ ČASOVÝ INTERVAL.



ČAS ZA KTERÝ SE ROZPADNE POLOVINA ATOMŮ

POLOČAS ROZPADU $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$

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

$\ln \frac{1}{2} = -\lambda T$ $\frac{\ln 2}{T} = \lambda$

$\ln 1 + \ln 2 = -\lambda T$

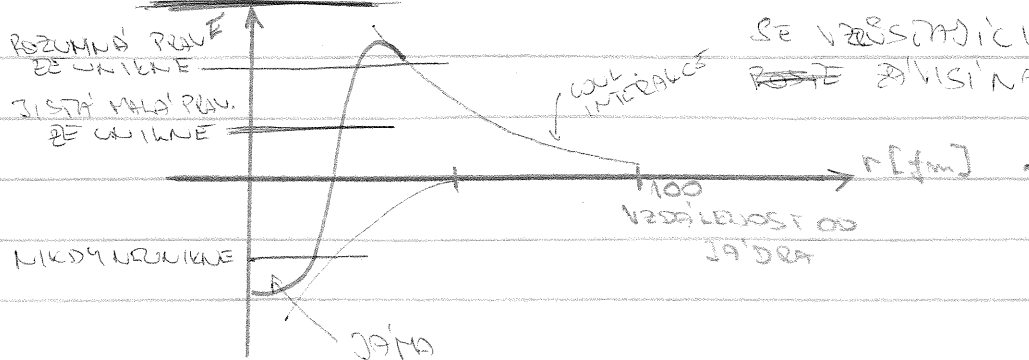
AKTIVITA VZOROU - AKTIVITA RYCHLOST ROZPADU

$R = -\frac{dN}{dt} = R_0 e^{-\lambda t}$

1 BECQUEREL = 1 ROZPAD ZA SEKUNDU

STŘEDNÍ DOBA ŽIVOTA $\rightarrow \frac{1}{\lambda} = T_{1/2}$

ROZPAD α - SUPER PŘÍKLAD NA TUNELOVÁNÍ, KTERÉ JE α -ČÁSTICE



SE VZROSTAJÍCÍ ENERGIÍ DRAMATICKY ROSTE ŽIVISNÁ ŠÍŘKA BARIÉRY (MOŽNOST)

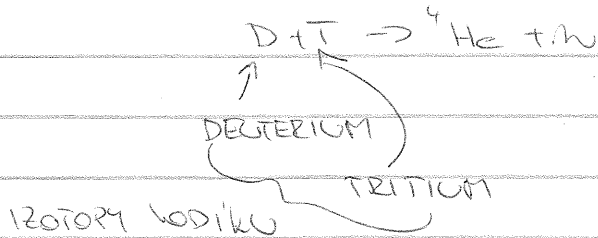
- PROTON-PROTONOVÍ CYKLUS

FÚZE - VE SLUNCI, TOMAKAK - VYSOKÉ TEPLOTNÍ PLAZMA ~~U~~ ~~NETU~~ ~~ŽE~~ ~~M~~ ~~S~~
BUCHTÍN HENCI POTŘEBUJEME ABY TO PRŮZEMNÉ MAG. POLE

- JE TO PROCES PŘI KTERÉM DOCHÁZÍ KE SLUČOVÁNÍ
LEHČÍCH JADER (H) NA HELIUM, DOJDE K UVOLENÍ
ENERGIE.

- PROTI JEJICH SLOUČENÍ PŮSOBÍ ELEKTRICKÁ INTERAKCE,
KDYŽ SE VSAK DOSTANOU BLÍŽKO K SOBĚ PŘEVLAĐÍ
JADERNÁ SÍLA A JADRA SE SLOUČÍ, K TOMU ABY SE
DŮE JADRA (PROTONY) POKLADI K SOBĚ JE POTŘEBA
VELKÉ ENERGIE K PŘEKONÁNÍ COULOMBOVSKÉ
BARIÉRY. VYSOKÁ TEPLOTA A TLAK $1,5 \cdot 10^7$ K 17 kPa

FÚZE NA ZEMI - DEUTERON TRITONOVA'



COULOMBOVSKÁ BARIÉRA PRO 2 PROTONY
400 keV

↑
1,3 keV

FÚZE VE SLUNCI



$\beta\beta$ -ROZPAD - UVNITŘ JADRA SE ZMĚNÍ PROTON NA NEUTRON NEBO NEUTRON NA PROTON, A VYLETUJÍ ^(POZITRON) ELEKTRON A NEUTRINO. MUSÍ SE ZACHOVÁVAT NÁBOJ, HLAVNÍ ROZDÍL MEZI α -ROZPADMÍ A β -ROZPADMÍ JE, ŽE U α -ROZPADU JE PŘESNĚ DEFINOVÁNA ENERGIE VYLETUJÍCÍ α -ČÁSTICE, TAK U β -ROZPADU ~~JE~~ KATA' PŘESNOU HODNOTU ENERGIE, KVŮLI TOMU ŽE JE TAM ELEKTRON + NEUTRINO.

TEMEŘ NEZACHYTIŘNÉ (1953)

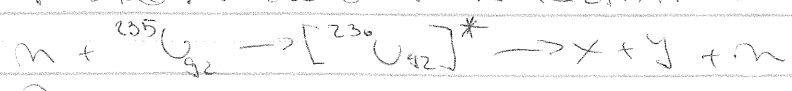
NEUTRINO TEMEŘ NEINTERAGUJE S HMOTOU JE TĚŽKÉ JE CHYTIT. STŘEDNÍ VOLNÁ DĚLÁHA SVĚTLNÉ ROKY.

γ -ZAŘEVENÍ - VENIWA V JADŘE, KDEŽE Z EXCITOVANĚHO STAVU PŘECHÁZÍ DO ZÁKLADNÍHO A PŘI TOM EMITUJE FOTON γ ZAŘEVENÍ (VYSOKÁ ENERGIE). ~~VIDĚT~~ DOPROUŽÍ α A β ROZPAD, NIKDY SAKO TĚŽKO OPSTĪNITRNĚ (GOLDO).

JADERNĚ REAKCE - ŠTĚPNÍ A FÚZE

- PRVNÍ REAKCE S α -ČÁSTICMI
- POTOM S PROTOMY

ŠTĚPNÍ - PAK S NEUTRONY (TEPERNĚ NEUTRONY $kT \approx 10 meV$) S TOUTO ENERGIÍ SE ZACHYŇ A ROZKMITA' JADRO. JADRO SE PAK ROZPADNE NA 2 FRAG. ANEUTRONY



PŘI ROZPADU SE UVOLNÍ ENERGIIE $\approx 200 MeV$.

NOVA' JADRA MAJÍ VĚTŠÍ ENERGIIE NEŽ PŮVODNÍ JADRO, NOVĚ NEUTRONY ~~SE~~ ^{ROZKMITA'JÍ} OPĚT DALŠÍ ATOMY.

ZETĚŽOVÁ ENERGIIE REAKCE. PŘESER NA TO FERMI

ELEKTRON, POZITRON, FOTON

✓ PLUS SE TĚM NAČHÁZÍŠ A TOM TĚŽKĚŠHO PRVKU

$$\hbar \rightarrow e^- + e^+$$

$$e^- + e^+ \rightarrow \hbar + \hbar \quad \text{PROČ NE 1, PŮTÍ ALE ZŮKON ZŮCH.}$$

$$m_e = 0,511 \text{ MeV}$$

HYDRŮSTI. MŮŽE BYT 1 (LOWER GLOVE OK)

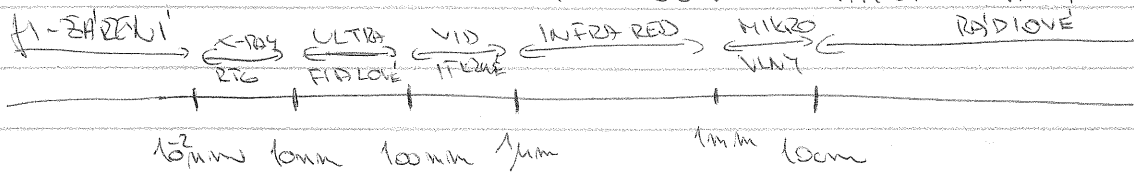
FOTON - ZPROSTŘEDOVUJE INTERAKCI MEZI ELEKT/POZITRONY

- JE KVANTUM ELMAG. POLE

- NULOVÁ KLIDOVÁ HMOTNOST

- RŮDÍ SE A ZANIKÁ

- INTERAGUJE S HMOTOU A ANTIHMOTOU

ČÁSTICE ANTIČÁSTICE - ANTI VODÍK (POZITRON + ANTI PROTON)

PROTON - ANTI PROTON

ELEKTRON - POZITRON

NEUTRON - ANTI NEUTRON

PION - ANTI PION

MION - ANTI MION

HMOTA - ANTIHMOTA

FERMIONY A BOZONY

FERMIONY - ČÁSTICE S PŮLODÍSELNÝM SPINOVÝM KVANTOVÝM ČÍSLEM.

BOZONY - ČÁSTICE S CELODÍSELNÝM SPINOVÝM KVANTOVÝM ČÍSLEM.

PRO FERMIONY PLATÍ PAULIHO VYLUCOVACÍ PRINCIP, BOZONY SE VŠAK TĚMTO PRINCIPEM NEŘÍDÍ

MEZONY, BARYONY, LEPTONY NEBO HADRONY

HADRONY - PŮSOBÍ NA NĚ SILNÁ JADERNÁ SÍLA (PROTON, NEUTRON, PION)

LEPTONY - NEPŮSOBÍ NA NĚ SILNÁ JADERNÁ SÍLA (ELEKTRON, NEUTRINO)

PROTON TVOŘÍ DVA KVARKY u A JEDEN KVARK d .
 NEUTRON ————— u ————— d ————— u .

CYKLOTRON

JE TO URCHLOVAČ ČÁSTIC, VYUŽÍVÁ MAG. POLE K UDRŽENÍ ČÁSTICE NA KRUHOVÉ DRÁZE S \approx VEŘEŠTAVICÍM ROLMÉRSM.

PŘI RYCHLOSTI SROVNATELNÉ S RYCHLOSTÍ SVĚTLA ČÁSTICE VYPADNE Z RYTMU FREKVENCE CYKLOTRONU. TAKŽE JE

DOSAŽETELNÁ RYCHLOST OMEZENÁ

$$F = F_D \quad m \cdot a = Q \vec{v} \times \vec{B} \quad \begin{matrix} 10 \text{ MHz} & 1 \text{ T} \\ \omega_c = \frac{QB}{m} & \omega_c = \omega_{osc} \end{matrix}$$

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m (\omega_c R)^2$$

100 MeV 1 m $v = 10^8 \text{ m/s}$

FREKVENCE JE OMEZENÁ TĚM VÍCE ŽE ČÁSTICE LEHČÍ

SYNCHROTRON - PROTONY

SYNCHROTRON PROBLÉMY S FREKVENCÍ JAKO CYKLOTRON NEMÁ, MÁ TOTŽE PROMĚNNÉ MAG. POLE MAG. INDUKCI A FREKVENCÍ OSCILACÍ. TAKŽE MÁ ČÁSTICE VEĽKOU ENERGIÍ NA KONSTANTNÍM ROLMĚRU.

KLIDNOU ENERGIÍ U PROTONU MŮŽETE ZANEDBAT, PROTOŽE JE "JED" 1 GeV BÁTĚM CO JEHO $E_k = 1 \text{ TeV}$
 JEHO RYCHLOST \approx BLÍŽÍ RYCHLOST SVĚTLA
 TAK MUSÍME POUŽÍT TEOR. RELATIVITY $\frac{mc^2}{\gamma}$

DETRON

- URCHLUJE ELEKTRON PŮVOCI PROMĚNNÉHO MAG. POLE.
- MAG. POLE - DRŽÍ ELEKTRONY NA KRUHOVÉ DRÁZE
- ZMĚNA DĚLA' INDUK. ELEKTRICKÉ POLE, KTERÉ URCHLUJE ELEKTRONY