

QM v KOCKE I

KKK seminár

Mikuláš Gintner

[http://fyzika.uniza.sk/~gintner
/MYNOTES/QM-LECTURE/qm_v_kocke-1_handout.pdf](http://fyzika.uniza.sk/~gintner/MYNOTES/QM-LECTURE/qm_v_kocke-1_handout.pdf)

jar 2010

LITERATÚRA



Chris J. Isham, *Lectures on Quantum Theory: Mathematical and Structural Foundations*



V. Bužek, *Prednášky z Kvantovej mechaniky* (na webe)
<http://www.quniverse.sk/buzek/>



L. Boček, *Tenzorový počet*

INTERNÉ ZDROJE

- M. Dubec, *matematické základy*
- M. Gintner, <http://fyzika.uniza.sk/~gintner>
 - *Kvantová mechanika*
./MYNOTES/QM-LECTURE/qm2007public.pdf
 - *Základy tenzorového počtu*
./MYNOTES/MATH/tensors.pdf

OUTLINE

- 1 FYZIKÁLNA MOTIVÁCIA
- 2 DVOJŠTRBINOVÝ EXPERIMENT

OUTLINE

1 FYZIKÁLNA MOTIVÁCIA

2 DVOJŠTRBINOVÝ EXPERIMENT

ÚSPECHY FYZIKY DO KONCA 19.STOROČIA

KLASICKÁ MECHANIKA pozemská + nebeská mechanika → **Newton**
Lagrangeov a Hamiltonov formalizmus

ELEKTRODYNAMIKA elektrina + magnetizmus → **Maxwell**

TERMODYNAMIKA **tepelné stroje**

ŠTATISTICKÁ MECHANIKA → termodynamika
diskrétna štruktúra hmoty

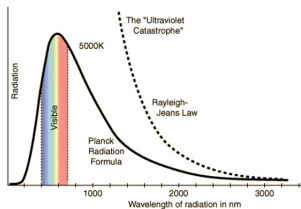
PRETRVÁVAÚCE PROBLÉMY

- Žiarenie dokonale čierneho telesa
- Atómové spektrá
- Stabilita atómu
- Fotoelektrický jav
- Comptonov rozptyl

ŽIARENIE DOKONALE ČIERNEHO TELESA

- klasická termodynamika → BB vyžaruje **kontinuálne** → **Rayleigh–Jeans zákon**:

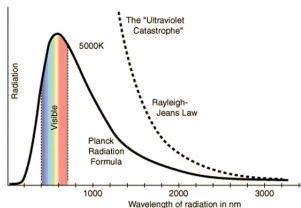
$$\frac{du}{d\lambda} = \frac{8\pi kT}{\lambda^4}$$



ŽIARENIE DOKONALE ČIERNEHO TELESA

- klasická termodynamika → BB vyžaruje **kontinuálne** → **Rayleigh–Jeans zákon**:

$$\frac{du}{d\lambda} = \frac{8\pi kT}{\lambda^4}$$

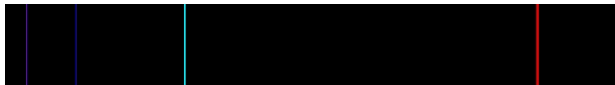


- Planck**: BB vyžaruje po **kvantách**

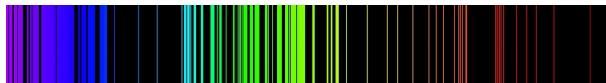
$$E = h\nu, \quad h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

ATÓMOVÉ SPEKTRÁ

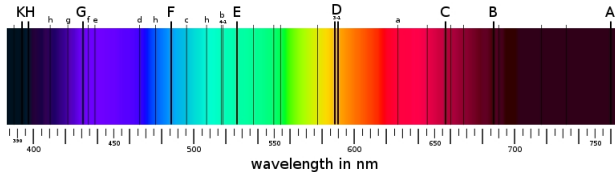
H:



Fe:



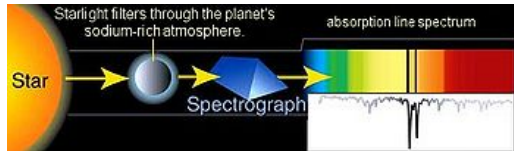
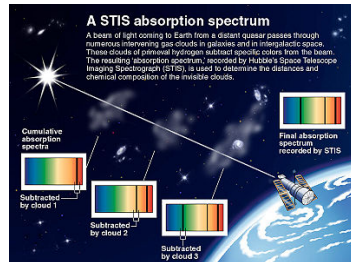
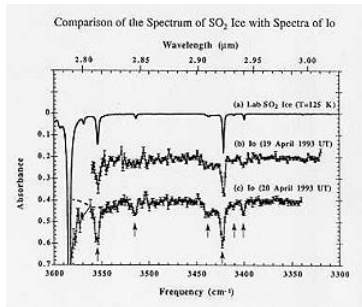
Slnko:



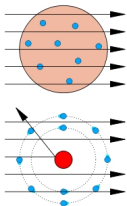
⇒

kvantovanie energie atómu

ATÓMOVÉ SPEKTRÁ V ASTRONÓMII



STABILITA ATÓMU

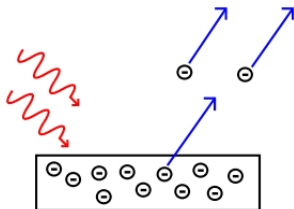


planetárny model atómu + klasická
elektrodynamika



elektrón padne na jadro za 10^{-5} s

FOTOLEKTRICKÝ JAV



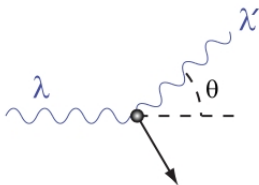
Energia elektrónov vyrazených z kovu nezávisí od intenzity svetla, ale od jeho farby (frekvencie)



kvantovanie svetla

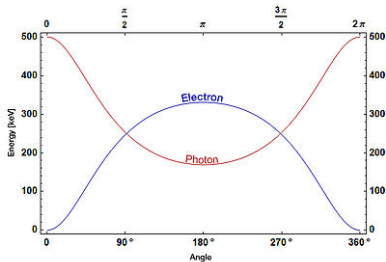
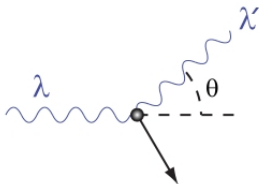
COMPTONOV ROZPTYL

rozptyl RTG žiarenia na voľných (slabo viazaných) elektrónoch
(A. Compton, 1923)



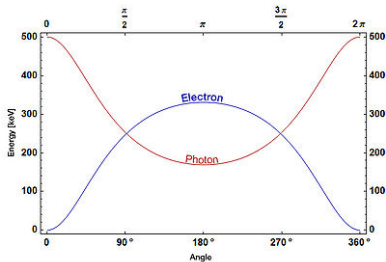
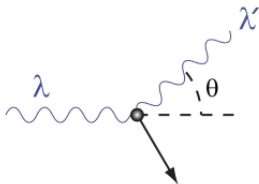
COMPTONOV ROZPTYL

rozptyl RTG žiarenia na voľných (slabo viazaných) elektrónoch
(A. Compton, 1923)



COMPTONOV ROZPTYL

rozptyl RTG žiarenia na voľných (slabo viazaných) elektrónoch
(A. Compton, 1923)



fotón je častica

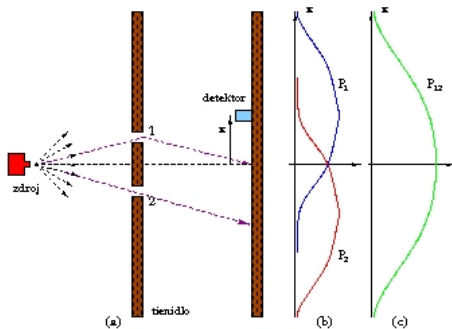
OUTLINE

1 FYZIKÁLNA MOTIVÁCIA

2 DVOJŠTRBINOVÝ EXPERIMENT

2-ŠTRBINOVÝ EXPERIMENT S KLAS. ČASTICAMI

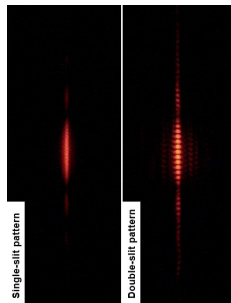
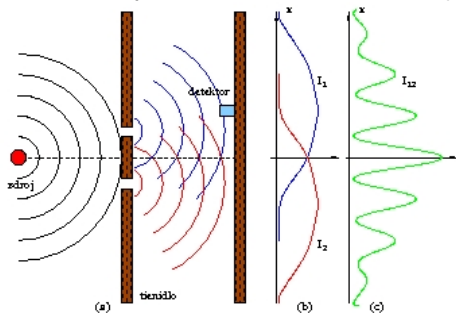
[Kreslené obrázky dvojštrbinového experimentu sú prebraté z prednášky V. Bužeka]



$$P_i(x) = N_i(x)/N_i, \quad i = 1, 2$$

$$P_{12} = P_1 + P_2$$

2-ŠTRBINOVÝ EXPERIMENT S VLNAMÍ

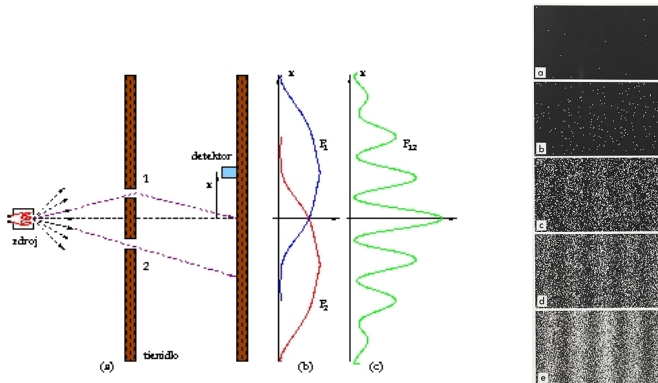
vlny sú riešením lin. dif. rovnice \Rightarrow princíp superpozície

$$a_1(x)e^{i\varphi_1(x)}, \quad a_2(x)e^{i\varphi_2(x)}$$

$$I_1(x) = [a_1(x)]^2, \quad I_2(x) = [a_2(x)]^2$$

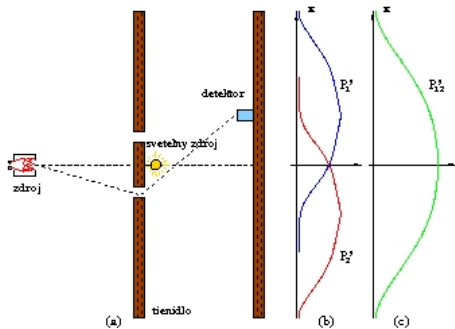
$$I_{12}(x) = |a_1(x)e^{i\varphi_1(x)} + a_2(x)e^{i\varphi_2(x)}|^2 = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_1 - \varphi_2)$$

2-ŠTRBINOVÝ EXPERIMENT S ELEKTRÓNMI



- obrazok vpravo: Results of a double-slit-experiment performed by Dr. Tonomura showing the build-up of an interference pattern of single electrons. Numbers of electrons are 10 (a), 200 (b), 6000 (c), 40000 (d), 140000 (e).
- cez štrbinu ako vlny: $P = |\psi_1 + \psi_2|^2$
- na tienidle ako častice

VPLYV MERANIA



$$P_{12} = P_1 + P_2$$

SUMÁR

- pravdepodobnosť experimentálneho výsledku: $P = |\psi|^2$

SUMÁR

- pravdepodobnosť experimentálneho výsledku: $P = |\psi|^2$
- dva vzájomne sa vylučujúce spôsoby realizácie fyzikálneho procesu:

$$P_{12} = |\psi_1 + \psi_2|^2$$

SUMÁR

- pravdepodobnosť experimentálneho výsledku: $P = |\psi|^2$
- dva vzájomne sa vylučujúce spôsoby realizácie fyzikálneho procesu:

$$P_{12} = |\psi_1 + \psi_2|^2$$

- ak vieme, ktorá možnosť sa uskutočnila:

$$P_{12} = |\psi_1|^2 + |\psi_2|^2$$