

# 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

# 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**

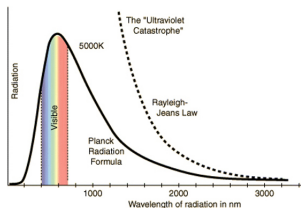
# PRETRVÁVAÚCE PROBLÉMY

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

## ŽIARENIE DOKONALE ČIERNEHO TELESA

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

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

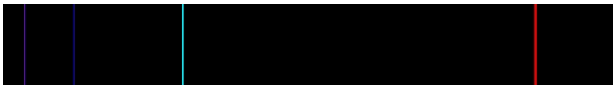


- Planck**: BB vyžaruje po **kvantách**

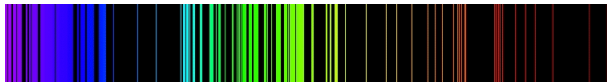
$$E = h\nu, \quad h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

# ATÓMOVÉ SPEKTRÁ

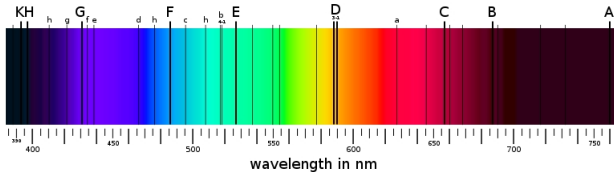
H:



Fe:



Slnko:

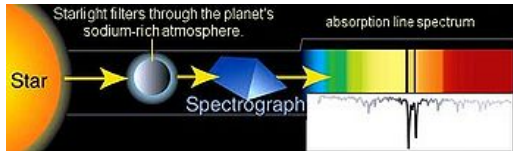
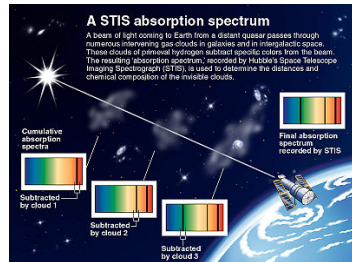
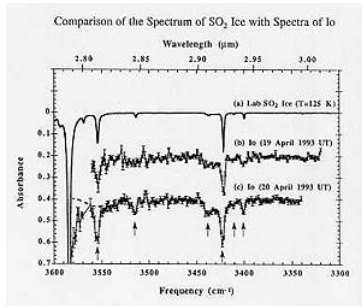


⇒

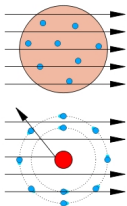
kvantovanie energie atómu



# ATÓMOVÉ SPEKTRÁ V ASTRONÓMII



# STABILITA ATÓMU

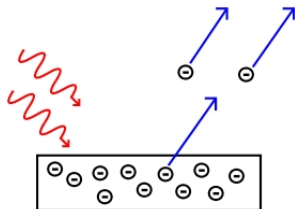


planetárny model atómu + klasická  
elektrodynamika



elektrón padne na jadro za  $10^{-5}$  s

# FOTOELEKTRICKÝ JAV



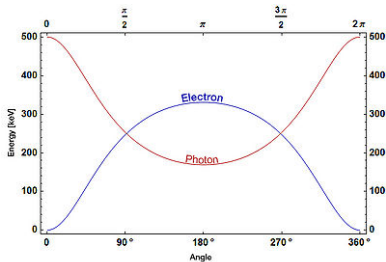
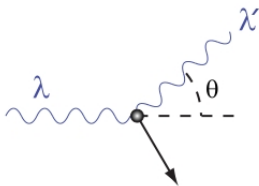
Energia elektrónov vyrazených z kovu nezávisí od intenzity svetla, ale od jeho farby (frekvencie)



kvantovanie svetla

# COMPTONOV ROZPTYL

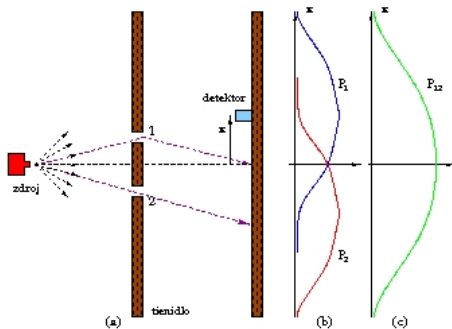
rozptyl RTG žiarenia na voľných (slabo viazaných) elektrónoch  
(A. Compton, 1923)



fotón je častica

## 2-ŠTRBINOVÝ EXPERIMENT S KLAS. ČASTICAMI

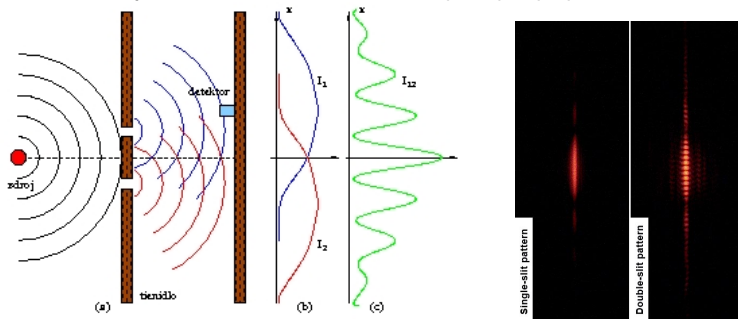
[Kreslené obrázky dvojštrbinového experimentu sú prebraté z prednášky V. Bužeka]



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

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

## 2-ŠTRBINOVÝ EXPERIMENT S VLNAMÍ

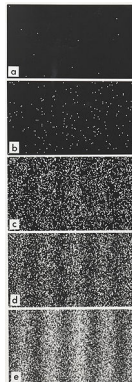
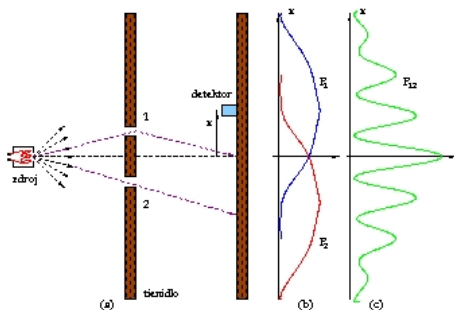
vlny sú riešením lin. dif. rovnice  $\Rightarrow$  princíp superpozície

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

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

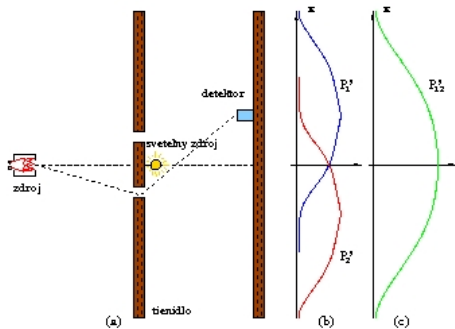
$$I_{12}(x) = |a_1(x)e^{i\varphi_1(x)} + a_2(x)e^{i\varphi_2(x)}|^2 = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_1 - \varphi_2)$$

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

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

- ak vieme, ktorá možnosť sa uskutočnila:

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