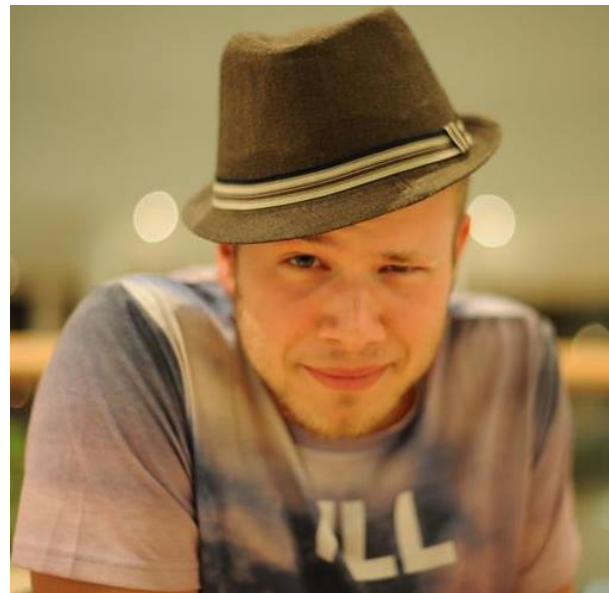


# Vedatour.online

---

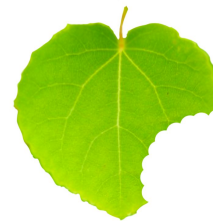
1. 4. 2020, u vás v obývačke (a u mňa v kuchyni)

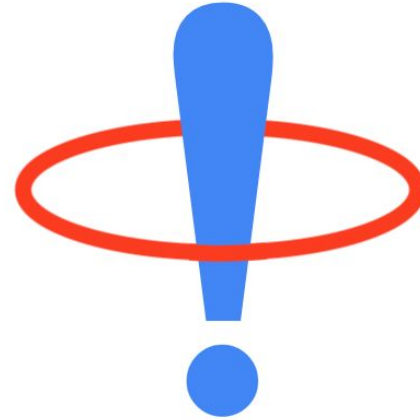




[facebook.com/vedator.svk](https://facebook.com/vedator.svk)







# Vedator\_sk

- Články a krátke príspevky o (populárnej) vede.
- Svet je strašne zaujímavý a porozumenie veciam okolo nás je super.
- Radosť z tohto porozumenia nie je obmedzená pre vedcov.  
Snažíme sa trochu z tohto porozumenia a veľa z tejto radosti odovzdávať ďalej. Čo najprístupnejšie.
- Všetci sme vedci.
- Okrem Facebooku aj [Instagram](#) a [Twitter](#).



vedator.space



# Vedátor

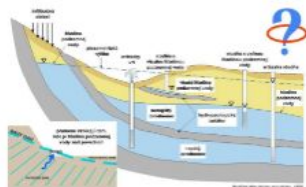
DOMOV ČLÁNKY LONGREAD EVENTY O NÁS KNIŽNICA PODPORTE NÁS



## Koľko rozmerov má vesmír?

20. októbra 2019 0

Bežná skúsenosť hovorí, že tri. Fyzika však posledných sto rokov však naznačuje celkom iný výsledok.



## Prečo tečú rieky, aj keď už dlho nepršalo

27. októbra 2019 0

(Otázka od Zuzany s jej kamarátky, my sme sa opýtali Petra Malíka, hydrologa v Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra v Bratislave.) Predovšetkým chcem oceniť, že ...



## Púšťaj si nás mimozemšťania na diskotéke?

23. októbra 2019 0

Obe sondy Voyager 1 a 2, už opustili slnečnú sústavu a putujú medzi hviezdным priestorom. Ich kurz nie je nastavený na žiadnu konkrétnu hviezdu. No aj ...



## Čo bolo skôr: gram, meter alebo sekunda?

27. októbra 2019 0

Táto otázka znie možno trochu zvláštne, jednotky ktorú používame považujeme za úplnú samozrejmosť. Hollywood nám však pravidelne pripomína, že existujú aj ine možnosti. Vždy, keď ...

## PODPORTE NÁS CEZ PATREONA ...

BECOME A PATRON

## OBLÚBENÉ TÉMY

História medicíny **Biológia** Vedatour **Cena** **Henry** **Hán** **Tung** **Vedomie** **Kozmológia** **Magnetobiológia** **Cena** **Podkava** **Jadrová energia** **Fyzika** **Príroda** **Vesmír** **Archeológia** **Knihy** **Evan** **Bekasova** **Životné prostredie** **alcohol** **IT** **Šarha** **Zlinská** **Dimitrij** **Bakulin** **Magnetobiológia** **resonancia** **Tredia** **Wikingova** **Antropológia** **Kvantová** **optika** **Príroda** **Pascal** **Jordan** **Evolúcia** **Matematika** **Diamanty** **Sírovanie** **CERN** **Čreva** **Zdravie** **Medicína** **Nobelova** **Cena** **Study** **Rádioaktívnosť** **Enigma** **Chémia** **História** **Kuriosity** **Klimatická** **smena**

## NEWSLETTER

Ak chcete dostávať občasny email so zoznamom nových článkov a pozvánky na naše akcie, zadajte svoju adresu

E-mailová adresa:

ZAREGISTROVAŤ SA

## FACEBOOK





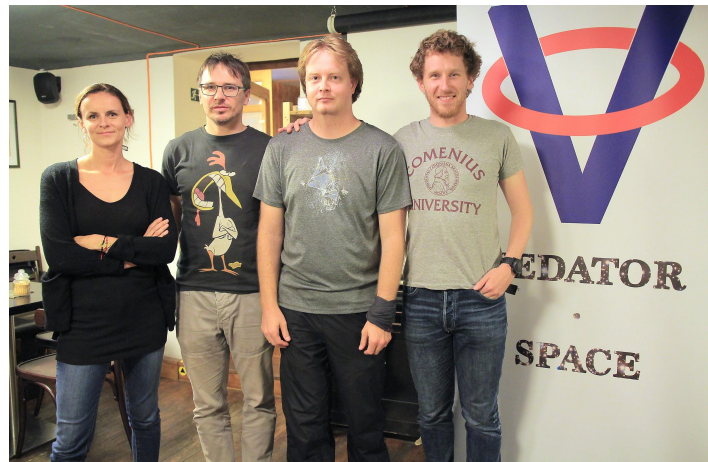
# Vedatour



# Vedatour

- Stretnutia a besedy s vedcami o vede.
- Všetko ako Vedator, len lepšie. Naživo.

  
**Vedatour**



# Čo bude dnes?

- Jedna prednáška dlhá cca 30 minút. Po nej priestor na otázky.
- Ak pôjde všetko ako má, budeme podobné vysielania opakovať.



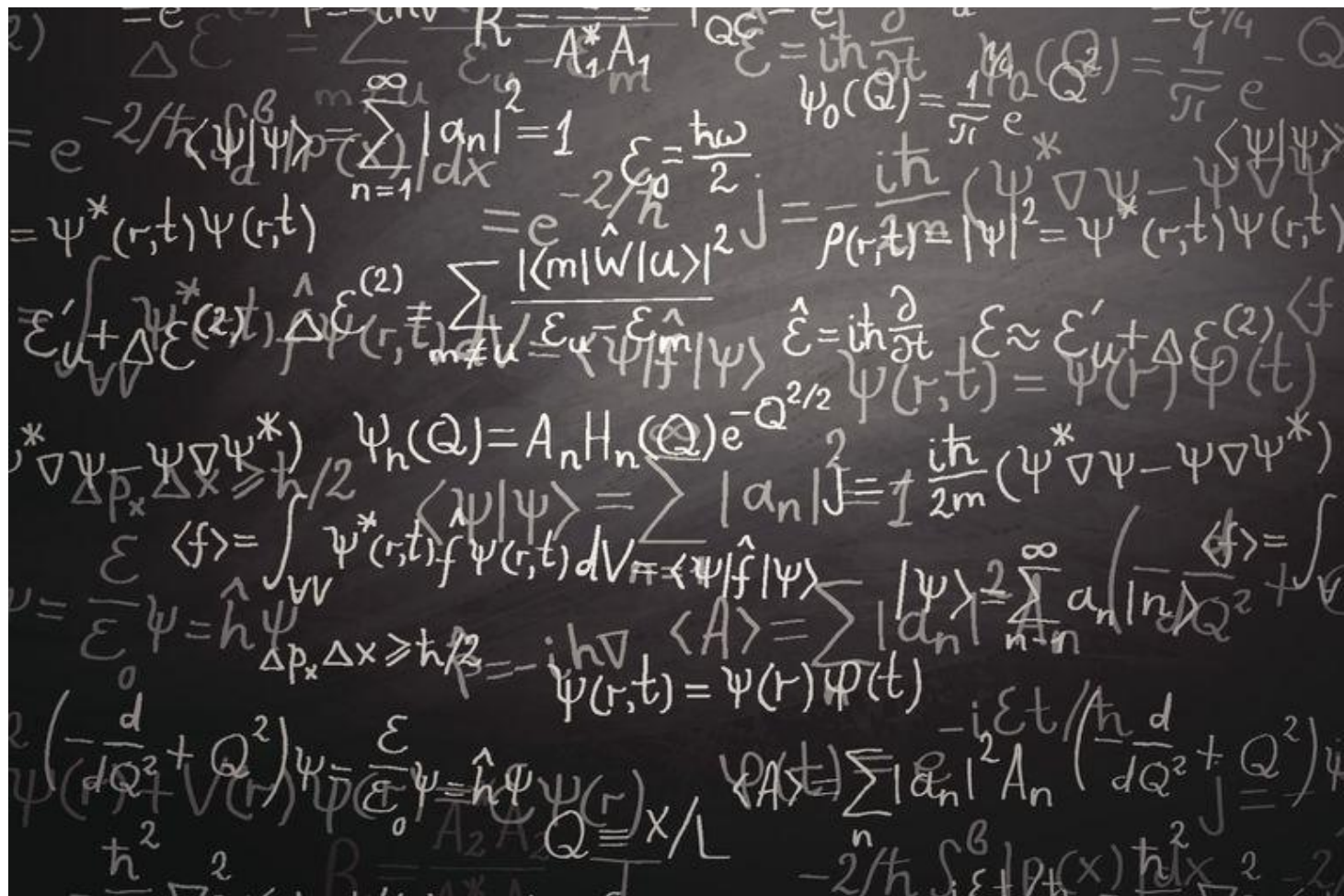
# Ako vieme, že svet riadi kvantová mechanika?

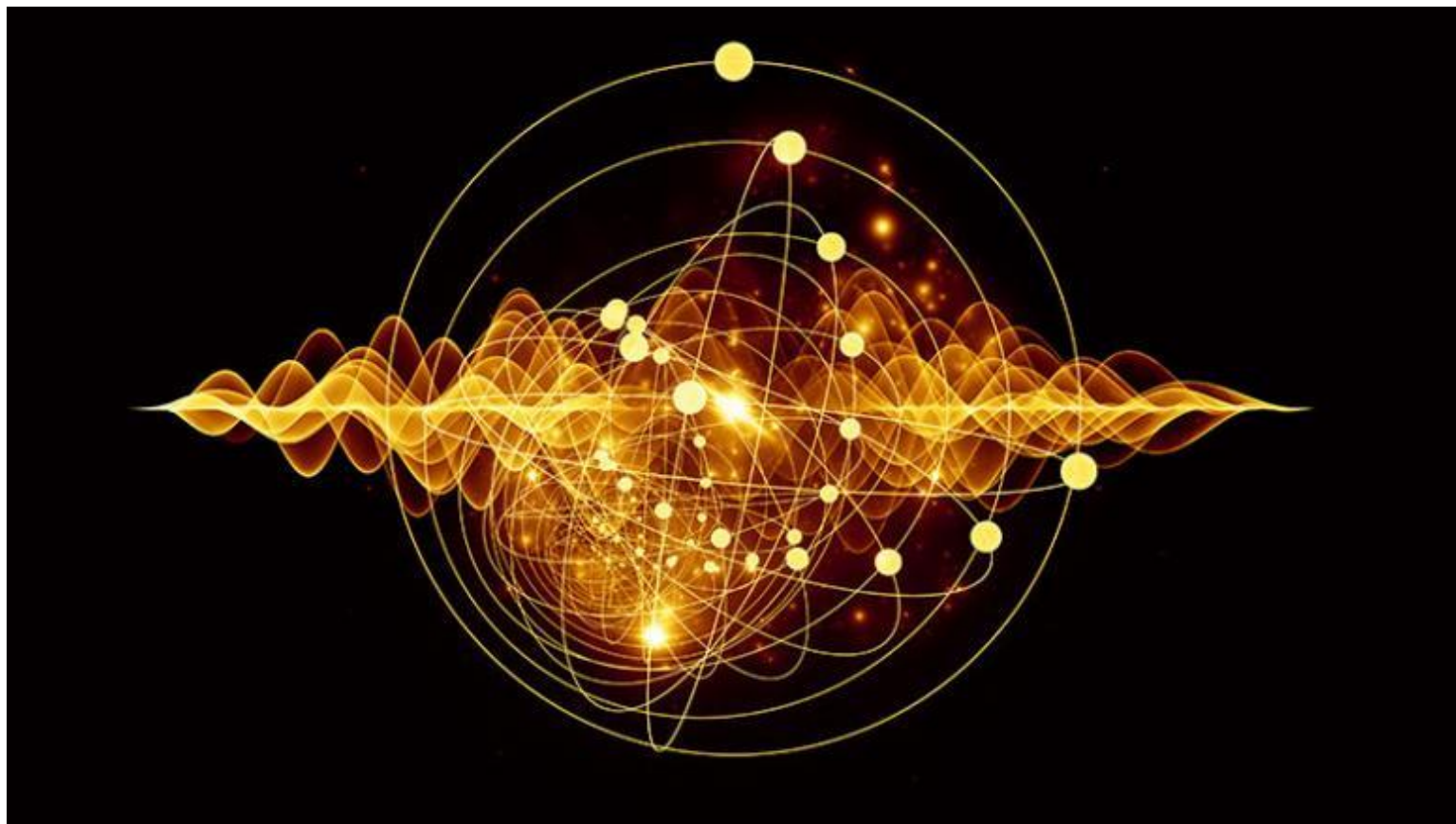
---



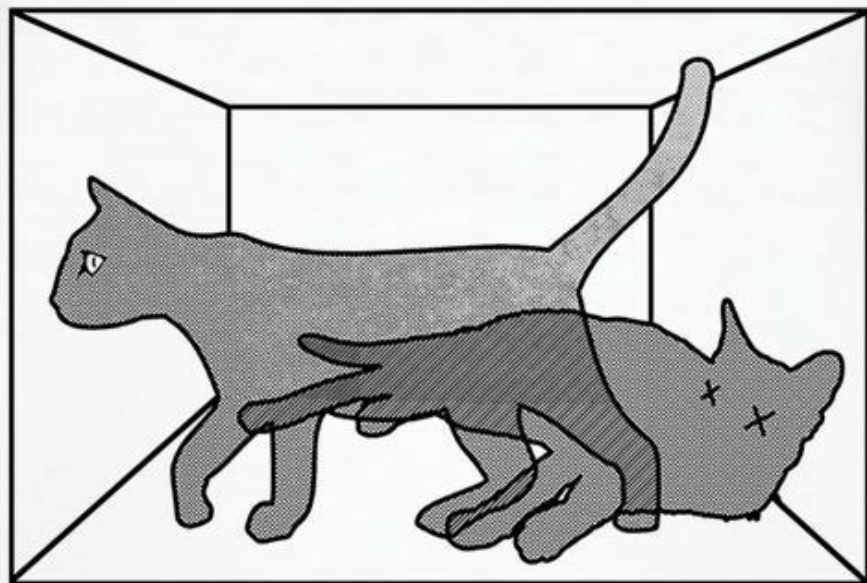
**Juro Tekel**, FMFI UK

**Čo je to  
kvantová  
mechanika?**









**SCHRÖDINGER'S CAT IS  
A L E A V I E**



BUT DOGS CAN OBSERVE  
THE WORLD, WHICH MEANS  
THAT ACCORDING TO  
QUANTUM MECHANICS  
THEY *MUST* HAVE SOULS.



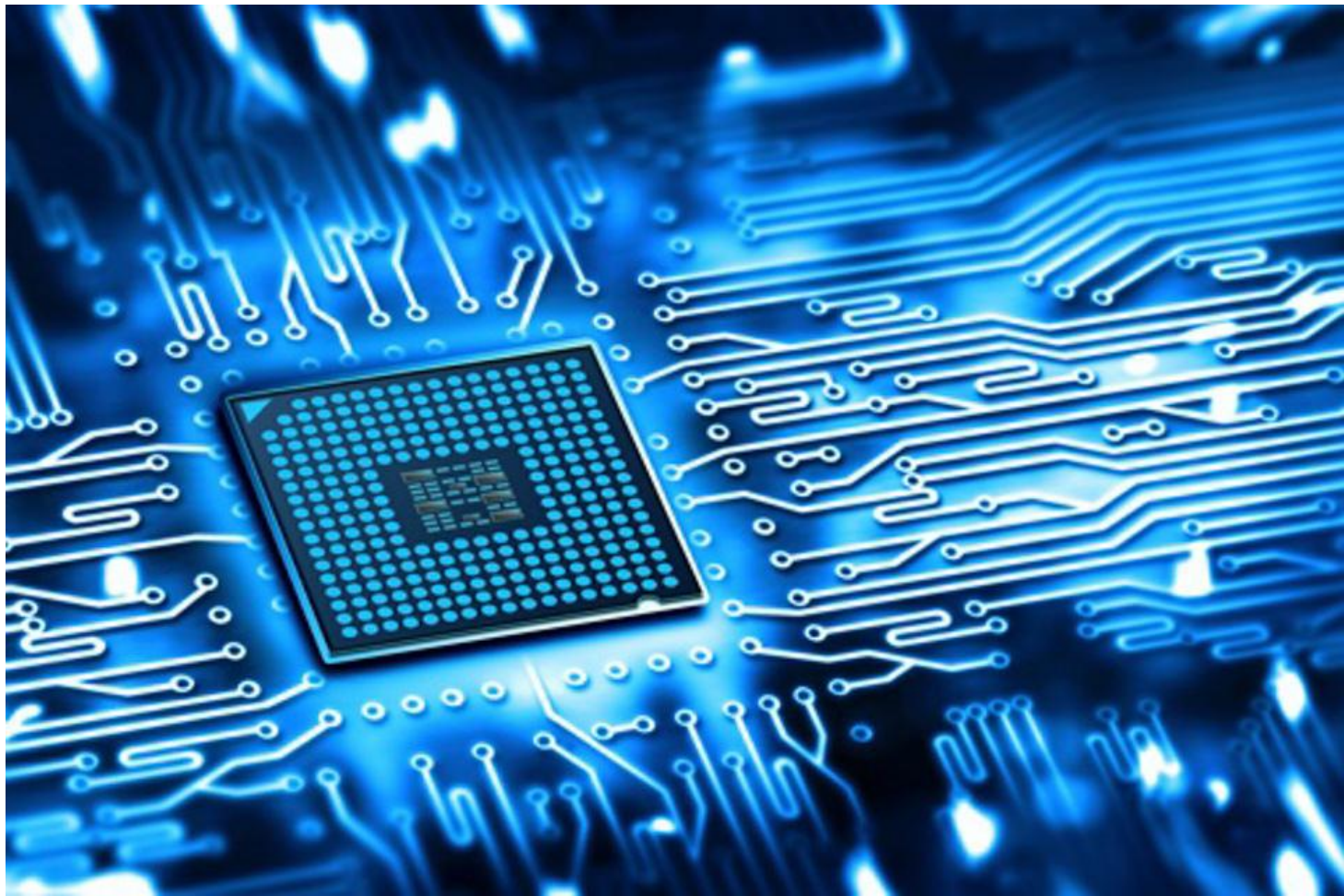
**PROTIP:** YOU CAN SAFELY  
IGNORE ANY SENTENCE THAT  
INCLUDES THE PHRASE  
"ACCORDING TO  
QUANTUM MECHANICS"





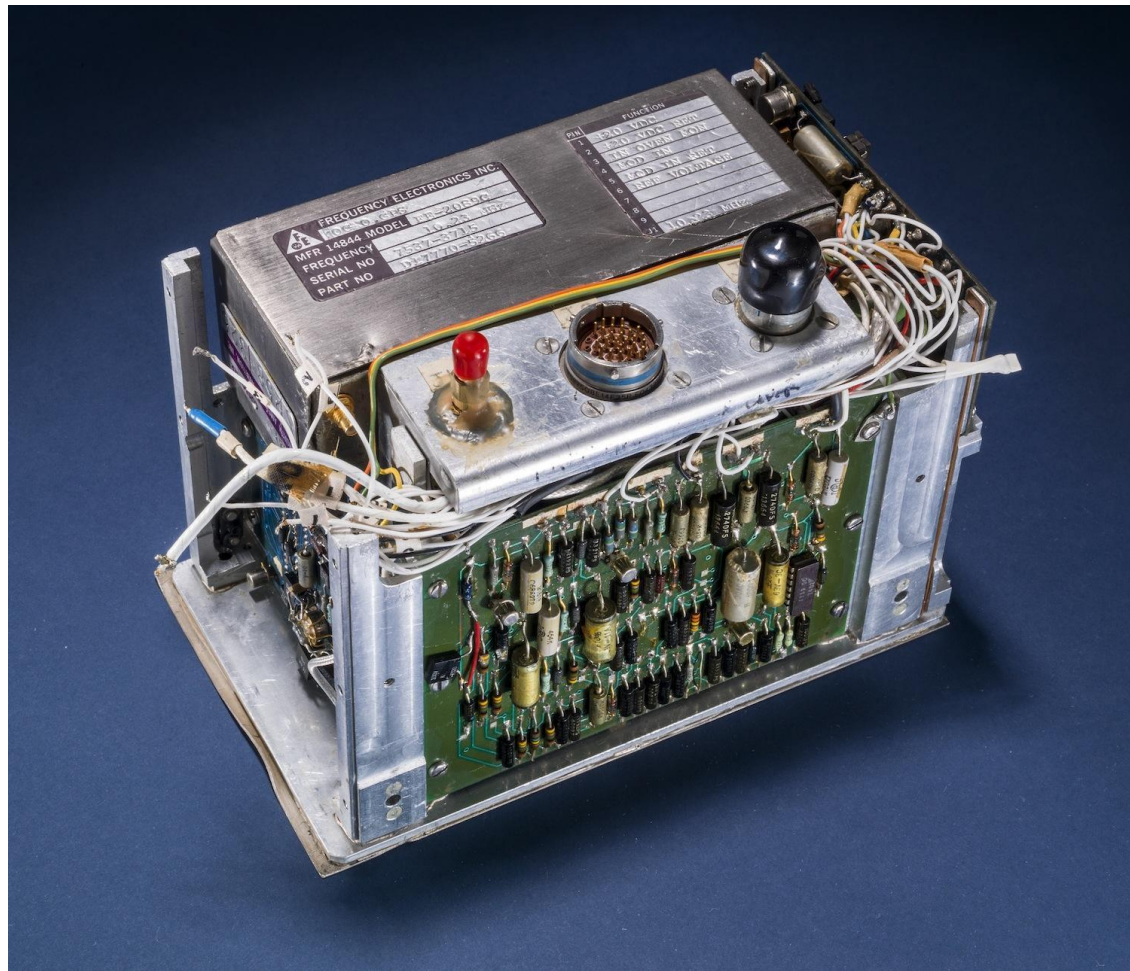












obr.: National Air and Space Museum, Smithsonian Institution.



GARMIN





# Kvantová mechanika

- **Všetko vo svete** - elementárne častice, svetlo, molekuly, mačky, autobusy, planéty - **má vlnové aj časticové vlastnosti**.
- Pre niektoré veci sú výraznejšie vlnové vlastnosti, pre niektoré časticové.
- Časticovosť a vlnovosť vecí sa od seba nedá úplne oddeliť.
- To vedie na veľmi veľa veľmi divných vecí.

# Kvantová mechanika

- **Všetko vo svete** - elementárne častice, svetlo, molekuly, mačky, autobusy, planéty - **má vlnové aj časticové vlastnosti**.
  - Pre niektoré veci sú výraznejšie vlnové vlastnosti, pre niektoré časticové.
  - Časticovosť a vlnovosť vecí sa od seba nedá úplne oddeliť.
  - To vedie na veľmi veľa veľmi divných vecí.
- 
- Základy kvantovej mechaniky sa objavili do roku **1926**.

**Niečo nebolo  
úplne v poriadku  
už dávno  
predtým**

# Periodická tabuľka chemických prvkov

**PERIODICKÁ SÚSTAVA CHEMICKÝCH PRVKOV** **CIMO**

I. A
II. A
III. A
IV. A
V. A
VI. A
VII. A
VIII. A

SKUPINA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
PERIODA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	<b>H</b> 1,008	<b>Li</b> 6,941	<b>Be</b> 9,012	<b>B</b> 10,811	<b>C</b> 12,011	<b>N</b> 14,007	<b>O</b> 15,999	<b>F</b> 18,998	<b>Ne</b> 20,180	<b>Na</b> 22,990	<b>Mg</b> 24,305	<b>Al</b> 26,982	<b>Si</b> 28,086	<b>P</b> 30,974	<b>S</b> 32,06	<b>Cl</b> 35,453	<b>Ar</b> 39,948	<b>K</b> 39,098	<b>Ca</b> 40,078
	<b>Sc</b>	<b>Ti</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Ga</b>	<b>Ge</b>	<b>As</b>	<b>Se</b>	<b>Br</b>	<b>Kr</b>	<b>Rb</b>	<b>Sr</b>	
	<b>Y</b>	<b>Zr</b>	<b>Nb</b>	<b>Mo</b>	<b>Tc</b>	<b>Ru</b>	<b>Rh</b>	<b>Pd</b>	<b>Ag</b>	<b>Cd</b>	<b>In</b>	<b>Sn</b>	<b>Sb</b>	<b>Te</b>	<b>I</b>	<b>Xe</b>	<b>Ba</b>	<b>Lanthanoidy</b>	
	<b>Rb</b>	<b>Sr</b>	<b>Y</b>	<b>Zr</b>	<b>Nb</b>	<b>Mo</b>	<b>Tc</b>	<b>Ru</b>	<b>Rh</b>	<b>Pd</b>	<b>Ag</b>	<b>Cd</b>	<b>In</b>	<b>Sn</b>	<b>Sb</b>	<b>Te</b>	<b>I</b>	<b>Xe</b>	
	<b>Cs</b>	<b>Ba</b>	<b>La</b>	<b>Hf</b>	<b>Ta</b>	<b>W</b>	<b>Re</b>	<b>Os</b>	<b>Ir</b>	<b>Pt</b>	<b>Au</b>	<b>Hg</b>	<b>Tl</b>	<b>Pb</b>	<b>Bi</b>	<b>Po</b>	<b>At</b>	<b>Rn</b>	
	<b>Fr</b>	<b>Ra</b>	<b>Ac</b>	<b>Ku</b>	<b>Unp</b>	<b>Unh</b>	<b>Uns</b>	<b>Uno</b>	<b>Une</b>	<b>Uun</b>	<b>Uuu</b>								
	<b>Th</b>	<b>Pa</b>	<b>U</b>	<b>Np</b>	<b>Pu</b>	<b>Am</b>	<b>Cm</b>	<b>Bk</b>	<b>Cf</b>	<b>Es</b>	<b>Fm</b>	<b>Md</b>	<b>No</b>	<b>Lr</b>					
	<b>Th</b>	<b>Pa</b>	<b>U</b>	<b>Np</b>	<b>Pu</b>	<b>Am</b>	<b>Cm</b>	<b>Bk</b>	<b>Cf</b>	<b>Es</b>	<b>Fm</b>	<b>Md</b>	<b>No</b>	<b>Lr</b>					

**PERIODA**

6 CÉR 140,12

58 PRÁZEODYM 140,908

73 PROTAKTINIUM 232,038

90 THORIUM 232,038

**WODK**

1,008

1 H

1,008

SLOVENSKÝ NÁZOV

LATÍNSKÝ NÁZOV

RELATIVNÁ ATOMOVÁ HŔMOTNOSŤ

ZNAČKA PRVKU

PROTONOVÉ ČÍSLO

PAULINGOVA ELEKTRONEGATIVITA

OXIDAČNÉ ČÍSLA

© TAOSI P.O.BOX 99, 080 01 PREŠOV

Opojované Ministerstvom školstva SR ako učebná pomôcka pod číslom 4087/05-155.

KOVY

ALKALICKÉ KOVY

KOVY ALK. ZEMÍN

LANTANOIDY

AKTINOIDY

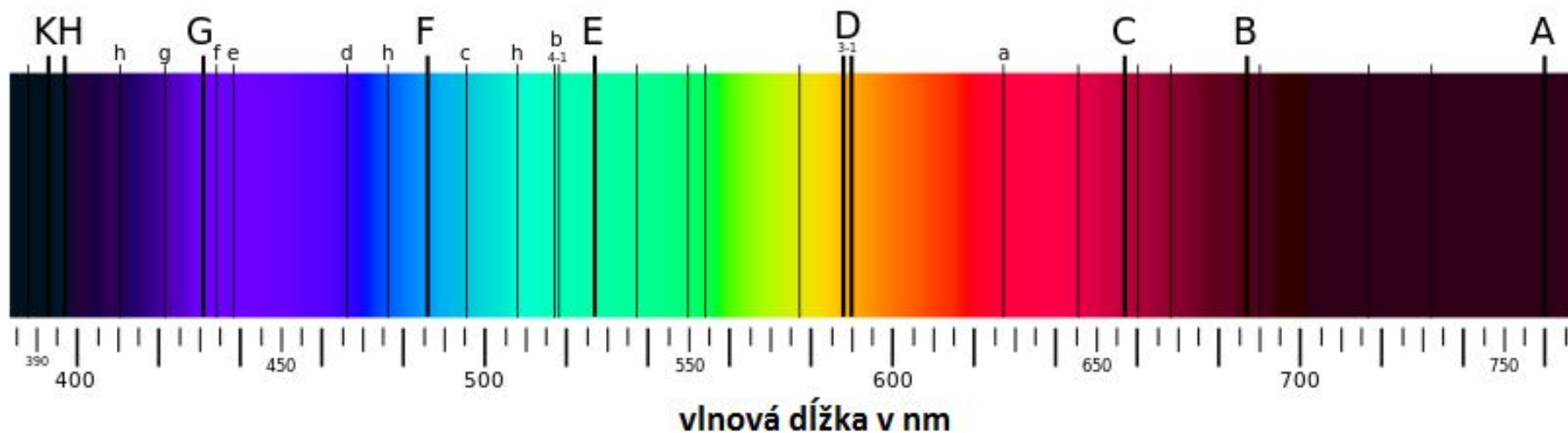
POLOKOVY

NEKOVY

HALOGENY

VZÁČNÉ PLYNY

# Slné spektrum



# Spektrá chemických prvkov



Hydrogen



Sodium



Helium



Neon



Mercury



# Spektrá chemických prvkov

- V roku 1885 objavil v čiarach prekvapivú štruktúru.
- Charakterizovaná celými číslami.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$



Johann Balmer (1825 - 1898)

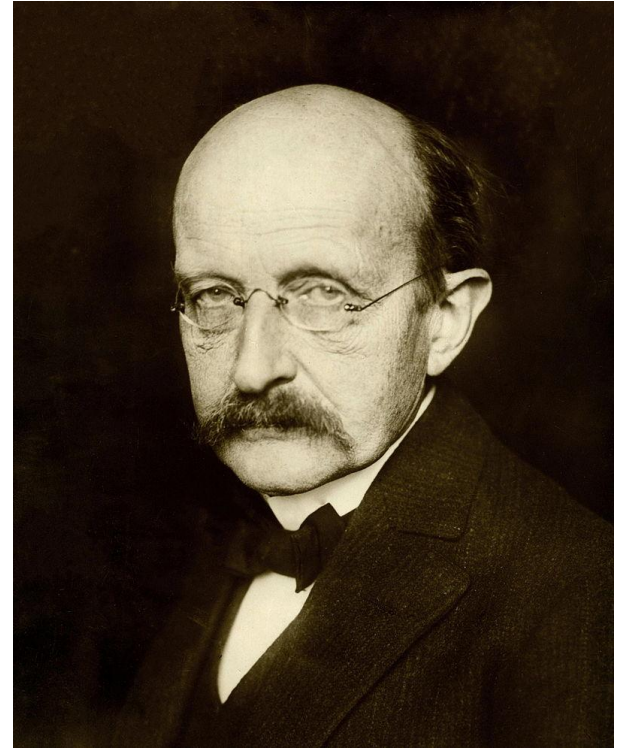
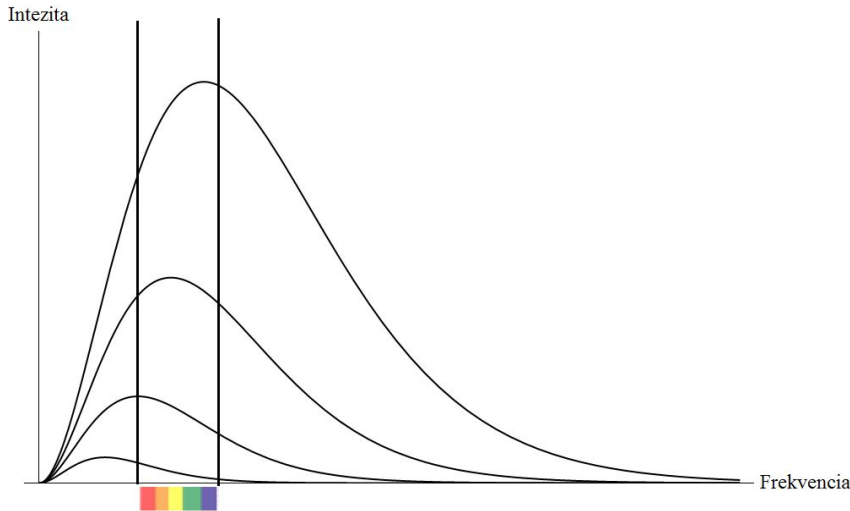


# Začiatky kvantovej mechaniky



# Žiarovka a Max Planck

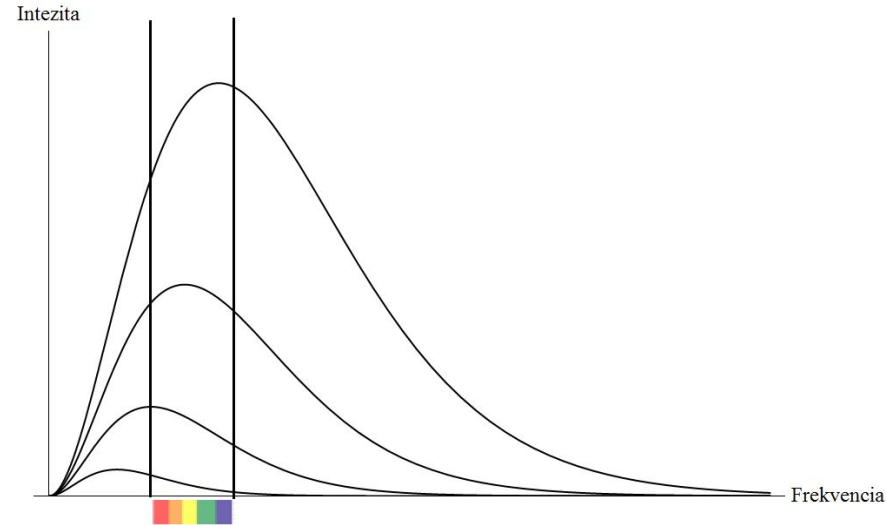
- Ako presne vyzerá svetlo, ktoré vyžaruje rozžeravené vlákno žiarovky?
- Koľko svetla akej vlnovej dĺžky?
- Na **konci 19. storočia**.



Max Planck (1858 – 1947)

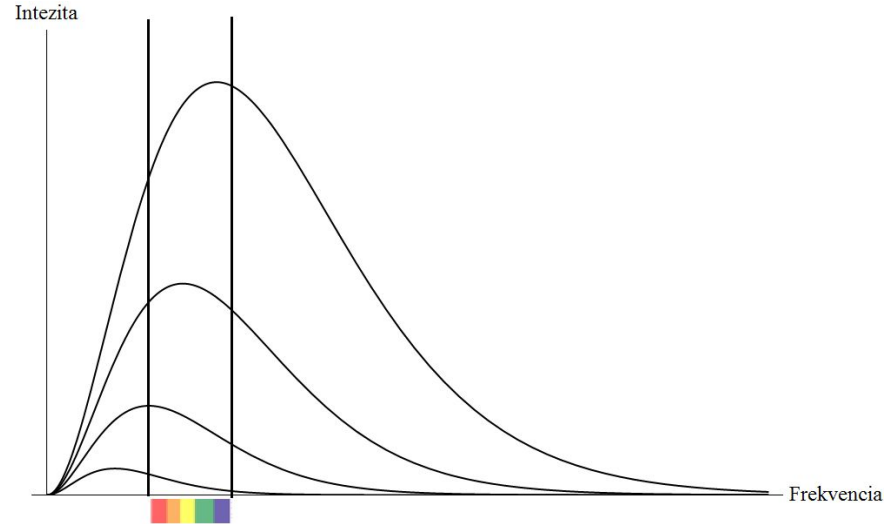
# Žiarovka a Max Planck

- **Žiarovka sa nedá rozsvietiť!**
  - Energia elektromagnetického žiarenia je úmerná jeho frekvenciám.
  - Svetlo žiarovky by malo obsahovať všetky frekvencie.
- Celá energia, ktorú vláknu pri zahrievaní žiarovky dodáme, sa stratí vo vysokofrekvenčných módoch žiarenia.



# Žiarovka a Max Planck

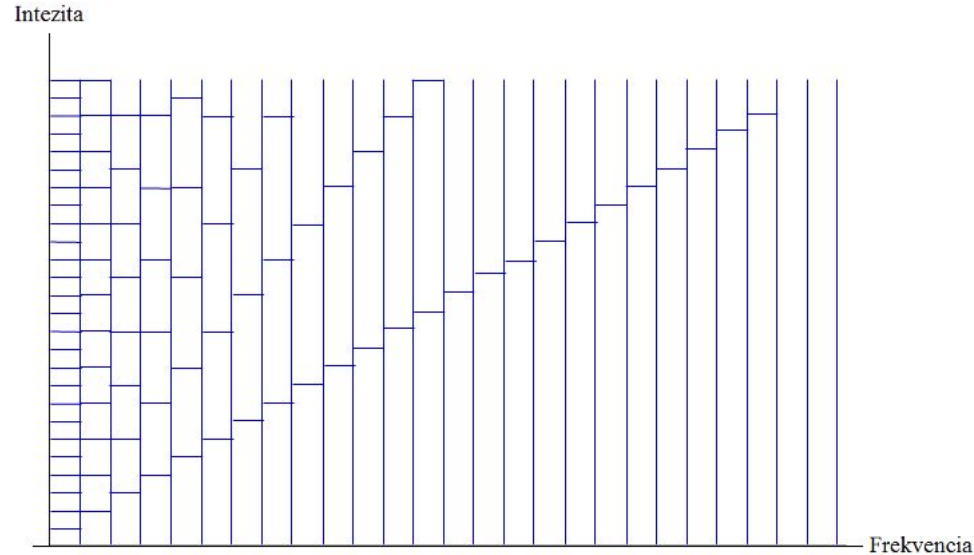
- **Rozsvietená žiarovka je nositeľ skazy!**
  - Ak sa nám nejakým zázrakom podarilo žiarovku, rozsvietiť, jej svetlo obsahuje nekonečne veľa vysokoenergetického UV žiarenia.



# Žiarovka a Max Planck

$\hbar$

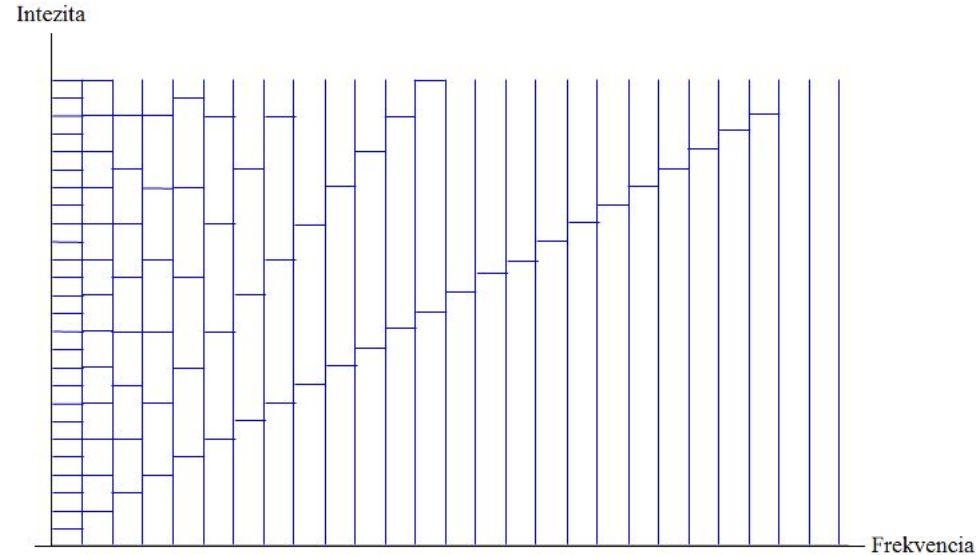
- Riešenie - vlákno žiarovky nevie vyžarovať ľubovoľne, ale **vyžarovanie je rozdelené na intervaly dané Planckovou konštantou.**
- V intervaloch s veľkou frekvenciou nevie byť ľubovoľne málo energie.



# Žiarovka a Max Planck

$\hbar$

- Slabo zohriata žiarovka nevie dať do týchto intervalov dostatok energie.
- Všetko je v poriadku. V dobrej zhode s experimentom.



**Planck bral túto  
hypotézu “ako keby”.**



**Nie ako keby, ale  
naozaj**

# Fotoelektrický efekt a Einstein

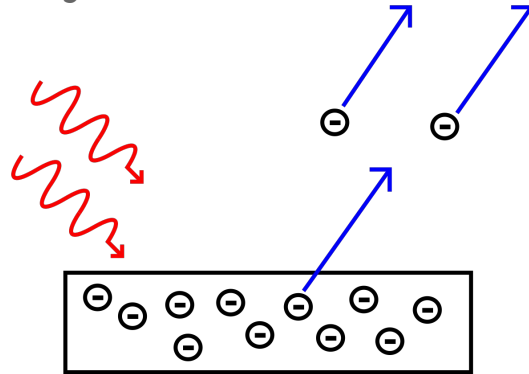
- *Annus mirabilis* 1905.
- Planckov trik je to isté, ako keby sa svetlo šírilo v balíčkoch.
- Svetlo **SÚ** balíčky, energia balíčka je daná frekvenciou a Planckovou konštantou.
- Slabo zahriata žiarovka nedokáže vytvoriť balíčky s veľmi vysokou frekvenciou.



Albert Einstein (1879 – 1955)

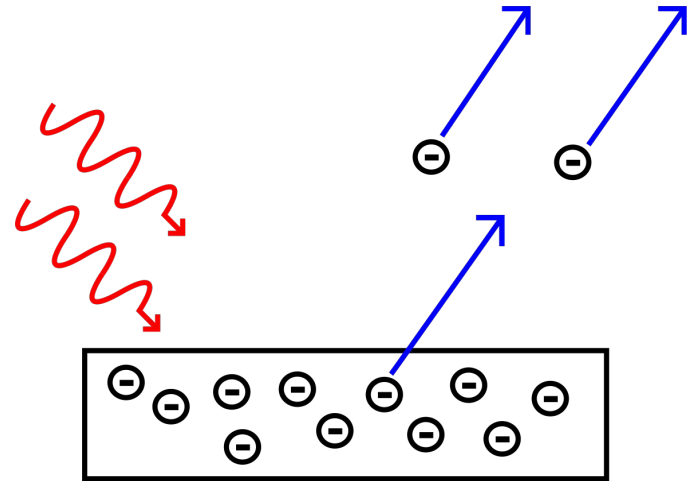
# Fotoelektrický efekt a Einstein

- Einstein odvodil Planckove výsledky, avšak všeobecnejšie, elegantnejšie a hlavne fyzikálnejšie.
- Popri tom vyriešil iný veľký problém - **fotoelektrický efekt**.
- Na konci 19. storočia sa zistilo, že dopadajúce UV žiarenie dokáže z kovu uvoľňovať elektróny.



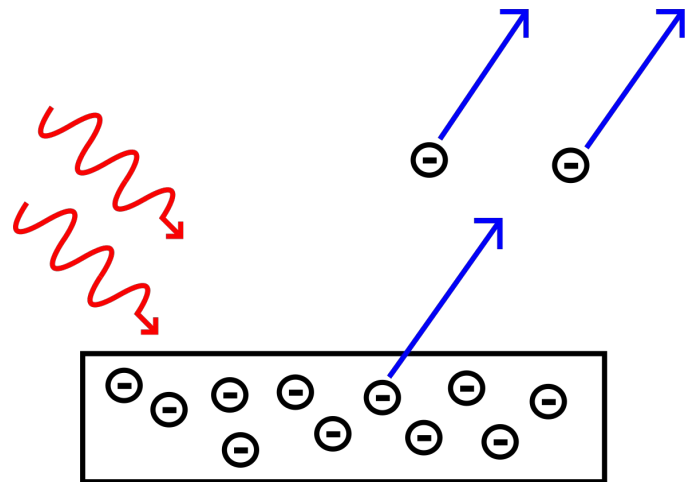
# Fotoelektrický efekt a Einstein

- Množstvo uvoľnených elektrónov závisí od intenzity svetla, ale ich energia od vlnovej dĺžky.
- Einstein si uvedomil, že presne to sa dá očakávať, ak by svetlo boli spomínané balíčky
  - intenzita svetla = množstvo balíčkov,
  - frekvencia = energia jednotlivých balíčkov.



# Fotoelektrický efekt a Einstein

- Nobelova cena pre Einsteina v roku 1921.
- Prelomové, lebo dovtedy sa svetlo považovalo za **vlny**.



# Fotoelektrický efekt a Einstein

- Vlnové vlastnosti svetla vysvetľovali javy
  - interferencie,
  - difrakcie,
  - polarizácie.
- Avša fotoelektrický jav sa inak ako časticovo vysvetliť nedá.



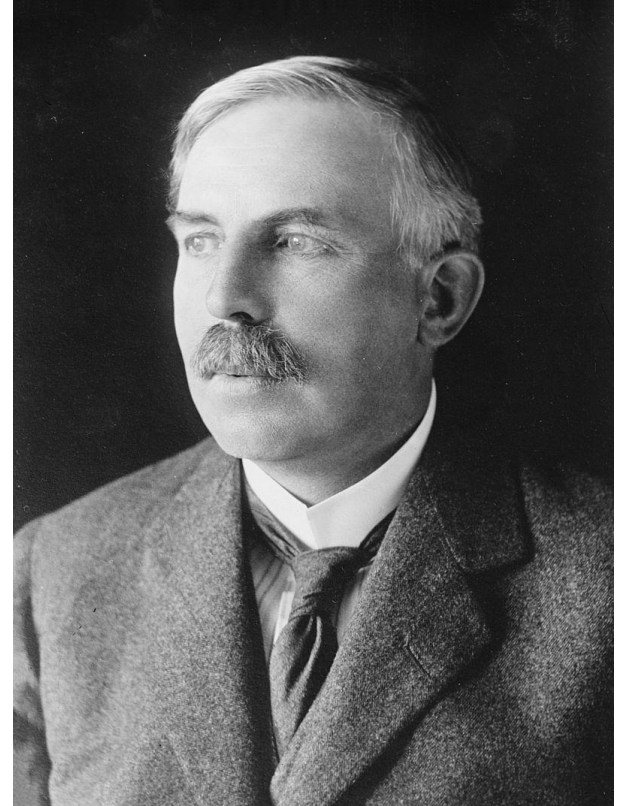


**Svetlo je aj vlna,  
aj častice.**

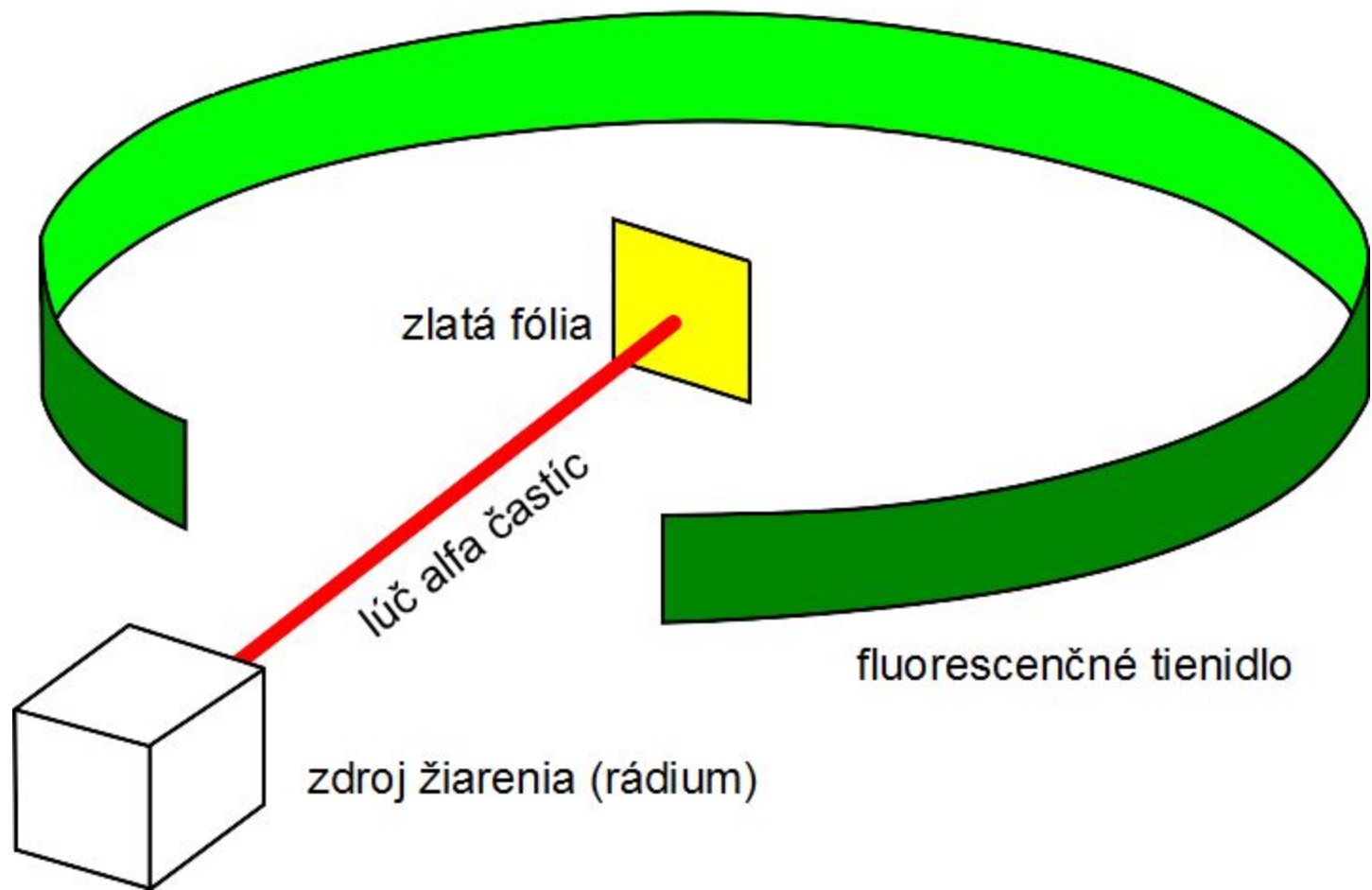
# Objav štruktúry atómu

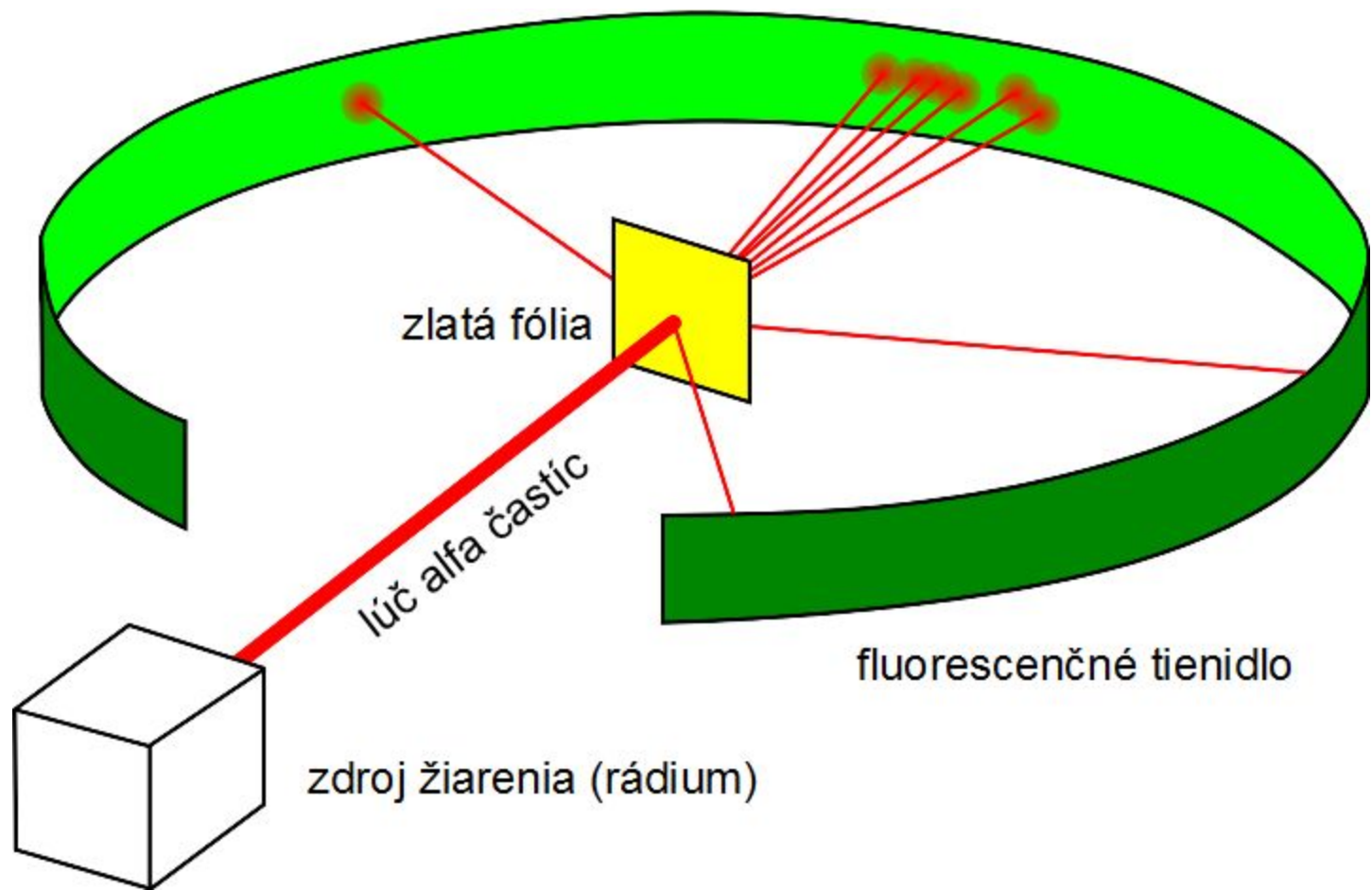
# Štruktúra atómu

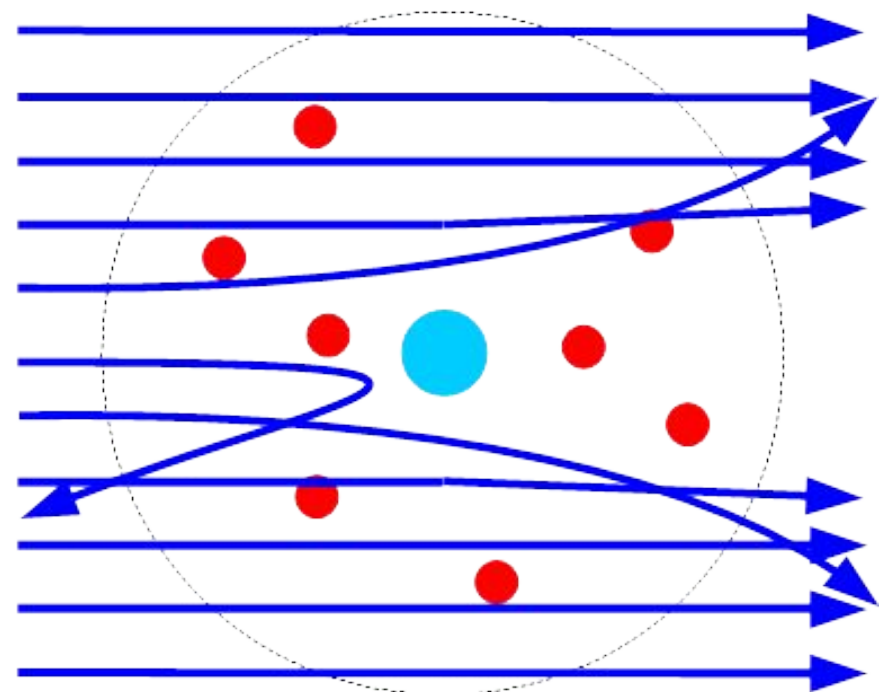
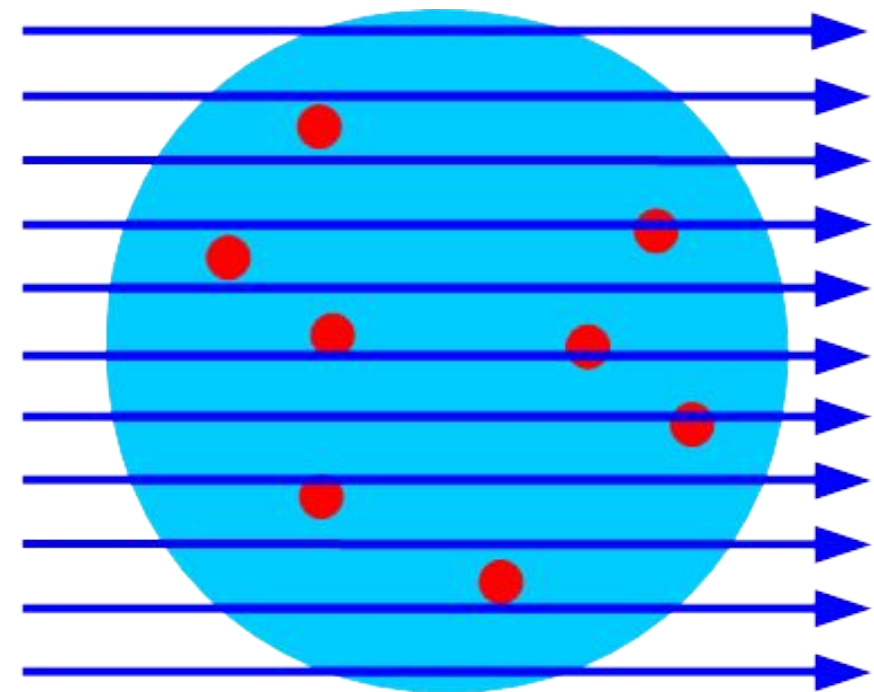
- V roku **1911** jeden z najprekvapujúcejších objavov vôbec.
- Hmota nie je v atóme rozdelená rovnomerne, ale ohromná **väčšina je sústredená v maličkom jadre.**
- Vedelo sa, že
  - v atóme sa nachádzajú elektróny a kladný náboj,
  - jednotlivé elektróny sú oveľa ľahšie ako atómy.



Ernest Rutherford (1871 – 1937)









# Štruktúra atómu

- Kladný náboj, ktorý odpudzuje kladne nabité častice alfa, nie je v atóme rozdelený rovnomerne, ale je koncentrovaný v jeho strede.
- Na častice, ktoré letia blízko stredu atómu, pôsobí veľká odpudivá sila.
- Z výsledkov experimentov Rutherford vypočítal, že má veľkosť asi **jednej stotisíciny veľkosti celého atómu.**
- Ak by bol atóm veľký ako futbalové ihrisko, jeho jadro by malo veľkosť jeden milimeter, zrníčko piesku v jeho strede.
- Elektróny obiehajú okolo jadra pod pôsobením elektrickej sily.

**Atómy sú ako  
minuatúrne  
slnečné sústavy.**

**Atómy ako  
mini-sústavy by  
nemali existovať**

# Klasický atóm je nestabilný

- Elektrické náboje pri zrýchľovaní vyžarujú elektromagnetické žiarenie, ktoré odnáša časť ich energie.
- Telesá zrýchľujú aj pri pohybe po kružnici, pretože sa mení smer ich rýchlosti.
- Elektróny obiehajúce okolo jadra by za nepatrný zlomok sekundy všetku svoju energiu vyžiara a spadli do neho.
- Tak, ako ich objavil Rutherford, **atómy nemali vo svete riadenom klasickou fyzikou existovať.**

**Atómy ako  
mini-sústavy by  
nemali  
existovať, sú  
nestabilné.**

**Částice sú vlny**



# Častice sú vlny

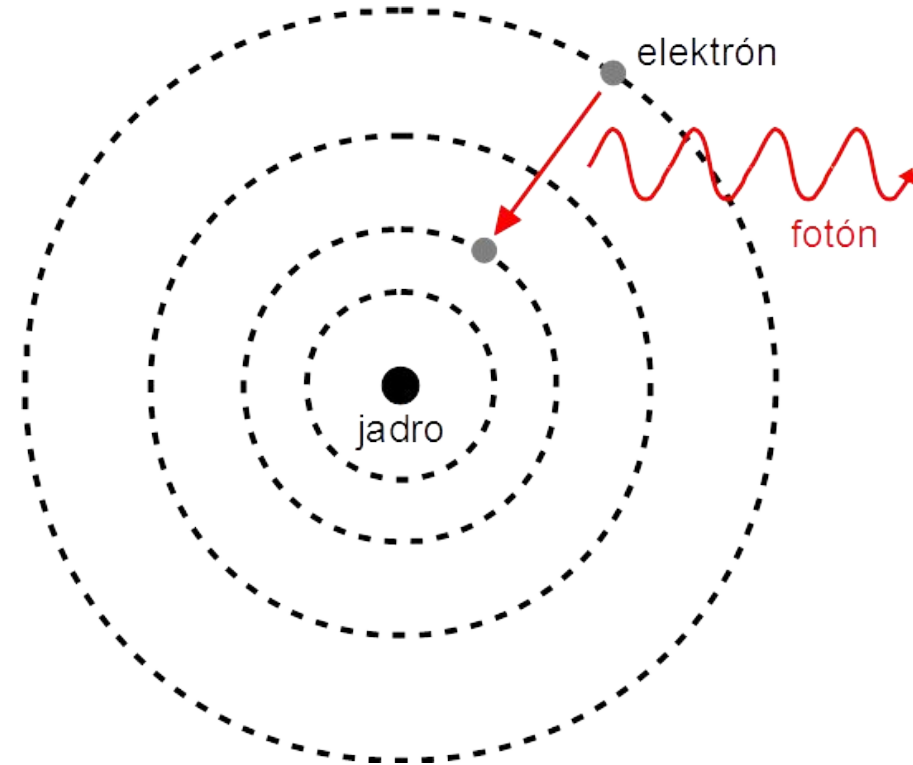
- Prvý krok v roku 1913 Rutherfordov študent.
- Elektróny môžu v atóme obiehať **iba po istých konkrétnych dráhach**.
- Na nich energiu nestrácajú.



Niels Bohr (1885 – 1962)

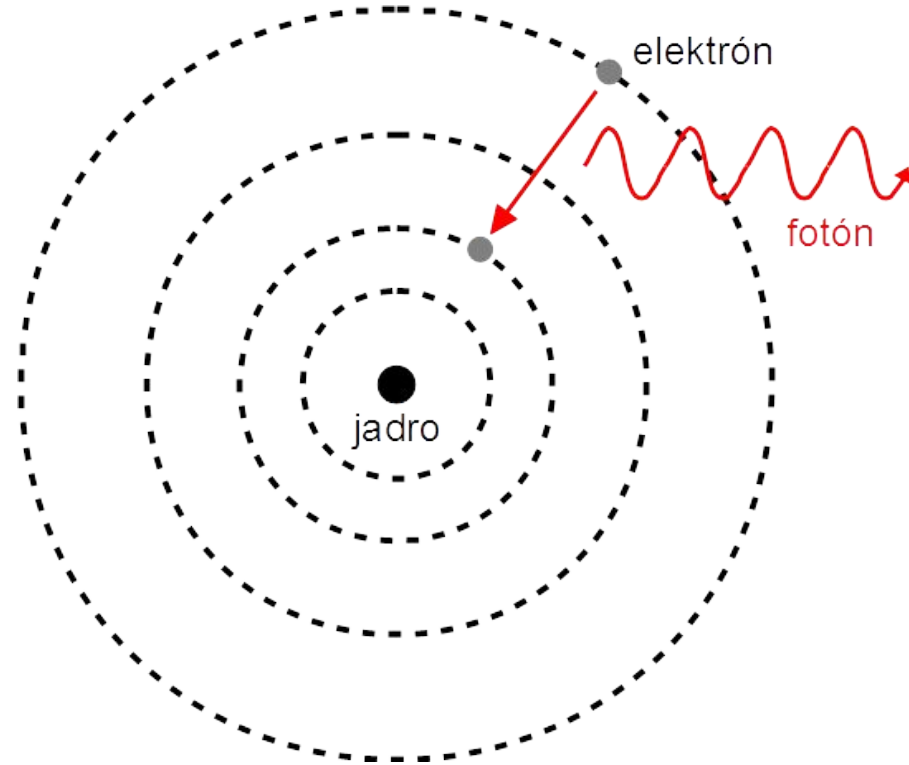
# Častice sú vlny

- Pri prechode medzi dráhami elektrón vyžiari fotón.
- Tak vznikajú čiary v spektrách prvkov.
- Moment hybnosti elektrónu nemôže byť ľubovoľný, ale môže byť iba celočíselným násobkom Planckovej konštanty.
- **Prepojenie črtajúcich sa kvantových vlastností hmoty s kvantovými vlastnosťami svetla.**



# Častice sú vlny

- Takýto model predpovedal frekvencie čiar **pre vodík**.
- Pre zložitejšie prvky to nefungovalo.
- Bohrov model nevysvetľoval prečo sa elektróny správajú práve takto.
- Ani zovšeobecnenia modelu neviedli k správnym výsledkom.



# Častice sú vlny

- V roku 1924.
- Ak sa svetlo môže správať ako vlna a aj ako častica, prečo by podobné vlastnosti nemohli mať **aj elektróny, protóny a ďalšie častice hmoty?**
- Definitívny krok od klasickej fyziky ku kvantovej.
- Jeden z dôsledkov dostal Bohrov model.
- Vlnové vlastnosti elektrónov potvrdené pri odraze od kryštálov v roku 1926.



Louis de Broglie (1892 – 1987)

**Je jasné, že  
mikrosvet  
funguje inak.  
Ostáva nájst'  
zákony tohto  
sveta.**

**Vlnová rovnice**

# Vlnová rovnica

- Cieľom bolo vrátiť spojitosť do mikrosveta.
- V rokoch 1925-26 vypracoval rovnicu pre spojité vlny, popisujúce častice.
- Až z jej riešení dostaneme diskkrétne hodnoty energií.

$$H(t) |\psi(t)\rangle = i\hbar \frac{d}{dt} |\psi(t)\rangle$$



Erwin Schrödinger (1887 – 1961)

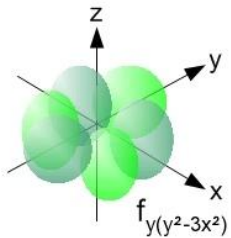
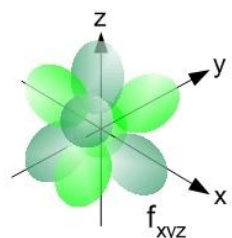
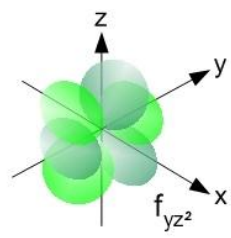
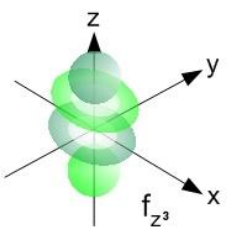
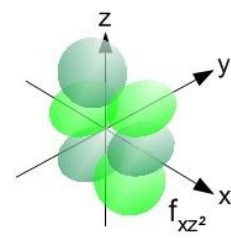
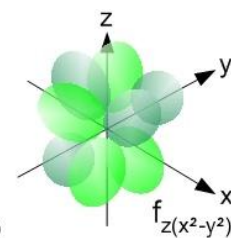
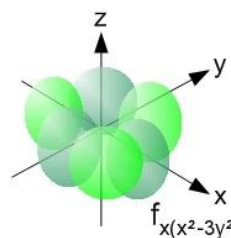
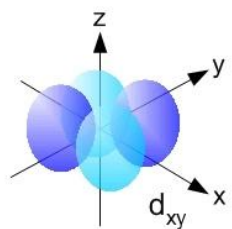
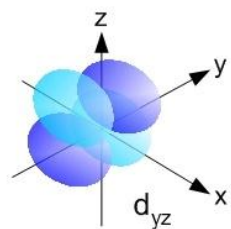
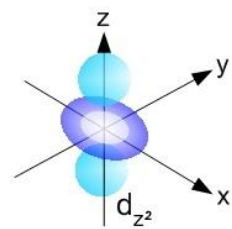
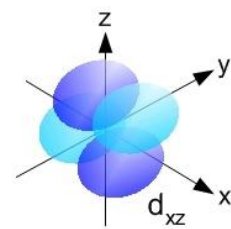
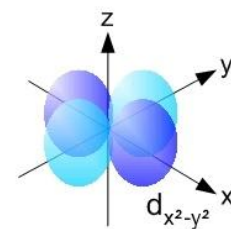
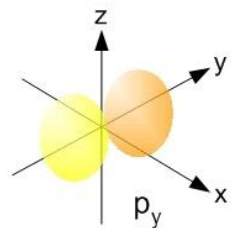
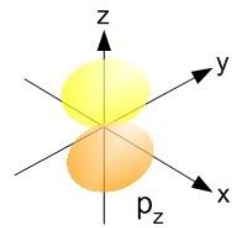
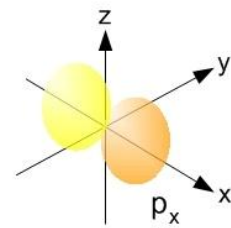
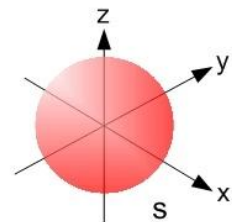
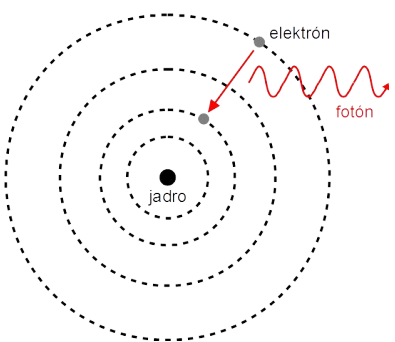


# Vlnová rovnica

- Aká je interpretácia  $\Psi$ ?
- Nemôže byť nič priamo materiálne.
- Ešte v roku 1926 interpretácia ako **pravdepodobnosti výskytu častice.**



Max Born (1882 – 1970)



**Pravdepodobnosti  
sú posledná  
skutočne  
kvantová  
ingrediencia.**

# **Kvantová mechanika**

# Kvantová mechanika

- Píše sa rok 1926.
- Kvantová mechanika ešte zďaleka nie je hotová, ale jej kontúry sú jasné.
- A je jasné, že v mikrosvete častíc je svet úplne iný.
- Pre veľké veci väčšina prekvapivých vlastností vymyzne.

*h*

**Keby svet nebol  
kvantový, vyzerá  
veľmi inak aj pre  
nás veľkých.**

# Ako vieme, že svet riadi kvantová mechanika?

- žiarovky svietia,
- fotoelektrický efekt funguje tak, ako funguje,
- atómy majú jadrá,
- ale nerozpadnú sa,
- atómy prvkov vydávajú veľmi špecifické žiarenie.



**Ďakujem za  
pozornosť!**