

## 4.4.2 Problémy s mikrosvětlem II

**Předpoklady:** 040401

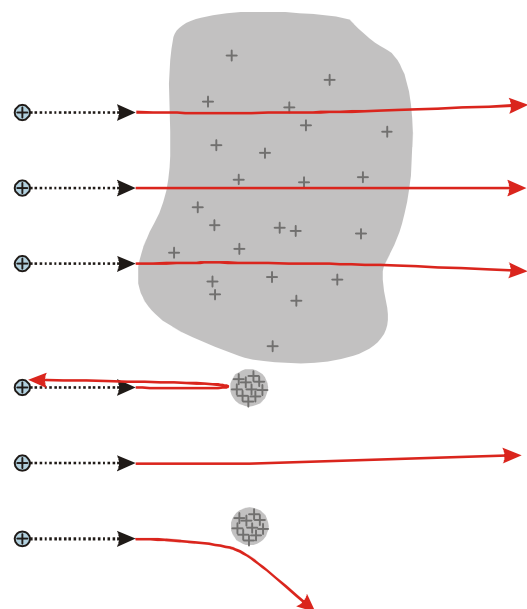
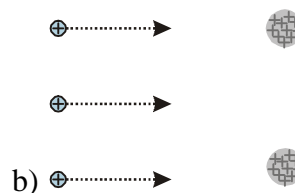
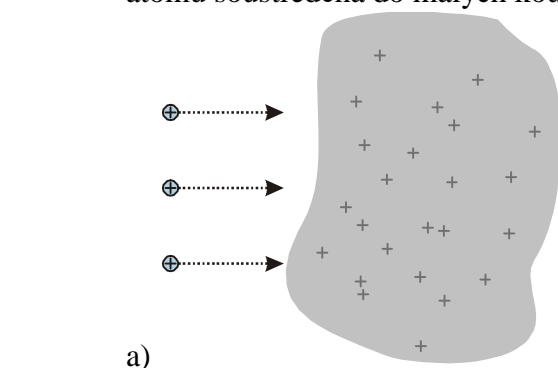
**Pomůcky:**

1911: E. Rutherford

Částice  $\alpha$  můžeme použít k prozkoumání kladného "puddingu", který by měl tvořit většinu hmotnosti a objemu atomu.

Ve svém pokusu vypouštěl částice  $\alpha$  proti velmi tenké zlaté fólii a registroval, jak se změnila jejich dráha po průchodu zlatem.

**Př. 1:** Nakresli předpokládanou další dráhu částic  $\alpha$  na obou obrázcích. Vlevo vyplňuje kladná hmota (nakreslena šedě) celý objem atomu, vpravo je veškerá kladná hmota atomu soustředěna do malých kousků.



Na pronikající  $\alpha$  částice působí z obou stran přibližně stejné množství kladného náboje  $\Rightarrow$  částice z přímého směru vychylují jen málo nebo vůbec ne.

Částice  $\alpha$  letící dál od míst nahromadění kladného náboje se vychylují málo, ale částice  $\alpha$ , které se ocitnou blízko míst nahromadění kladného náboje se mohou vychýlit o velký úhel, vzácně se mohou odrazit zpátky.

Výsledky pokusu: Částice se vychylovaly daleko více než předpokládal "puddinkový" model, některé se odrazily zpět  $\Rightarrow$  jediné vysvětlení: veškerý kladný náboj a téměř veškerá hmotnost atomu jsou soustředěny v malé oblasti - jádře atomu.

Přesnější matematická analýza ukázala, že jádro má rozměry řádově  $10^{-15}$  m, což je přibližně pouhá stotisícina rozměrů celého atomu  $\Rightarrow$  kdyby měl atom průměr 10 m (velikost třídy), průměr jádra by byl pouze 0,1 mm.

### **Planetární model atomu**

Hmotnost a kladný náboj je soustředěn v malém jádře (Slunci), kolem kterého obíhají záporné elektrony (planety). Na oběžné dráze udržuje elektrony přitažlivá elektrická síla (místo gravitace u planet).

Už ve chvíli, kdy planetární model vědci zformulovali, věděli, že je špatný:

- nabitě částice během otáčení vyzařují energii  $\Rightarrow$  elektrony by ztratily energii, postupně se by se přiblížily k jádru a spadly by na něj (podle modelu by se elektron na jádro zhroutil řádově za  $10^{-16}$  s  $\Rightarrow$  atomy by vůbec neměly existovat),
- energii elektron vyzařuje ve formě světla (to je v pořádku), ale měl by vyzařovat světlo všech barev (ne jen několik čar, jak to dělají plyny).

Ve skutečnosti model přinesl více otázek než odpovědí.

### **Bohrův model atomu**

1913: N. Bohr (dánský fyzik): elektrony se mohou pohybovat jen v určitých vzdálenostech od jádra, existuje nejbližší povolená dráha, blíž k jádru už se elektron nemůže dostat. Když elektron přechází z vyšší dráhy na nižší, vyzaří rozdíl energií jako světlo odpovídající vlnové délky.

#### **Př. 2:** Jak řeší Bohrův model problémy planetárního modelu?

Existuje nejnižší povolená dráha  $\Rightarrow$  elektron nemůže spadnout na jádro (protože to má zakázané).

Elektron může být jen na určitých drahách  $\Rightarrow$  může vyzařovat jen určité množství energie, které odpovídá určitým barvám světla (které jsme viděli)

Bohrův model není tak velkým podvodem, jak z předchozího vypadá. Povolené dráhy pro obíhání elektronů nebyly vymyšlené jenom s ohledem na energii potřebné k vyzaření světla, které odpovídá čarám ve spektru. Rovnice, které dráhy popisovaly, připisovaly elektronům chování, které známe z vlnění provázku nebo struny: elektrony si vybírají jen takové dráhy, na kterých mohou rozložit celé násobky své vlnové délky.

Co znamená vlnová délka elektronu, když elektron je částice (malá kulička)?

Podobné problémy se světlem

Od poloviny 19. století vědci věděli, že světlo je vlnění (na mřížce interferuje a vytváří sled maxim a minim).

Od přelomu 19. a 20. století se začaly objevovat experimenty, které nešlo vysvětlit, za předpokladu, že světlo je vlnění, ale daly se velmi elegantně objasňovat tím, že světlo tvoří proud částic (fotonů), jejichž energie odpovídá frekvenci světla.

Například pokud jsme osvětlovali kovovou destičku světlem s malou frekvencí elektrony se neuvolňovaly bez ohledu na to, jak intenzivně jsme svítily, světlo s vyšší frekvencí elektrony uvolňuje, i když s ním svítíme daleko méně (a dodáváme tak méně energie než v předchozím případě). Pokud si představujeme světlo jako vlny, vysvětlení se nedá nalézt, pokud světlo

vidíme jako částice jejichž energie odpovídá frekvenci světla, je zřejmé – fotony s nízkou frekvencí mají malou energii, aby při srážce uvolnili elektron, fotony s velkou frekvencí mají energie dost a elektrony vyrazí, i když je jich málo).

Konečný závěr: světlo je duální, chová se jako proud částic (fotonů), ale zároveň má i vlnové vlastnosti (interference, ohyb, ...).

V této souvislosti není až tak divné, že elektrony mohou být kromě částicovosti i vlnové a mají vlnovou délku a chovají se podobně jako světlo (jen s podstatně kratší vlnovou délkou).

Dualita částic a vln pak vyústila v nejdívnější fyzikální teorii – kvantovou teorii.

Některé technické vybavení používané pro studium mikrosvěta

- **mlžná komora:** nádoba naplněná podchlazenou párou (chtěla by kondenzovat, ale chybí jí zárodky kapiček – kondenzační jádra), částice, letící prostorem ionizuje (vytrhává z atomů elektrony) své okolí, na ionizovaných částicích se začnou vytvářet kapky páry, které zviditelňují stopu částice,
- **tunelovací mikroskop:** z látky přeskakují elektrony na ostrý hrot (velmi ostrý, hrot tvoří jediný atom), z jejich počtu můžeme poznat, jak daleko je hrot od látky a tím zaznamenat její reliéf,
- **elektronový mikroskop:** místo světla svítíme na látku elektrony (místo čoček se používají magnetické čočky), vlnová délka elektronů je daleko menší než vlnová délka světla  $\Rightarrow$  ohyb na překážkách se projeví později a vidíme větší podrobnosti (platíme tím, že elektrony mají daleko větší energii a svým dopadem pozorovaný předmět ničí).

**Shrnutí:** Světlo i mikročástice chovají najednou jako vlny i částice.