

Projekt **ŠABLONY NA GVM**

registrační číslo projektu: CZ.1.07/1.5.00/34.0948

III-2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

**4. Optika, STR, Fyzika mikrosvěta**

**4. 9 Vlnové vlastnosti částic aneb „elektrony to dělají také“**

**Autor:**  Aleš Trojánek

**Jazyk:** čeština

**Datum vyhotovení:** leden 2014

**Cílová skupina:**  žáci gymnázia: 4. ročník čtyřletého studia a 8. ročník

 osmiletého studia, maturitní ročník, věk 17-19 let

**Druh učebního materiálu:** podpora a doplnění výuky fyziky, materiál je určen i pro samostatnou práci žáků

**Očekávaný výstup:** žáci si osvojí řešení typických fyzikálních úloh z Fyziky mikrosvěta.

**Anotace:** Učební materiál obsahuje vzorové příklady a úlohy z části – vlnové vlastnosti částic. Může sloužit při výkladu, procvičování i pro samostatnou práci žáků. Velmi vhodný je pro přípravu k maturitní zkoušce z fyziky.

**4.9 Vlnové vlastnosti částic aneb „elektrony to dělají také“**

**Příklad 1**

(Jedná se o příklad 49C z [3], s. 1052.)

Projektil o hmotnosti 40 g má rychlost 1000 m·s-1. (a) Jakou de Broglieho vlnovou délku můžeme projektilu přiřadit? (b) Proč nelze vlnový charakter projektilu demonstrovat pomocí difrakčních jevů?

***Řešení:***

(a)

$$λ=\frac{h}{mv}=\frac{6,63·10^{-34}}{4·10^{-2}·1000} m=1,66·10^{-35} m.$$

(b) Taková to hodnota vlnové délky je příliš malá. (Pro srovnání: např. rozměry jádra atomu jsou 10-15 m.)

**Příklad 2**

(Jedná se o příklad 21.4 z [1], s. 219.)

Elektrony jsou urychlovány napětím 10 kV. Úkoly:

1. Určete jejich de Broglieho vlnovou délku.

2. Vysvětlete, proč např. k zobrazování jednotlivých atomů v krystalové mřížce se používají např. elektronové mikroskopy (použijte nerelativistický vztah mezi energií a hybností elektronu).

***Řešení:***

1. Konáním práce elektrického pole se kinetická energie elektronu změní:

$$W\_{e}=∆E\_{k}$$

$$eU=E\_{k}-0=\frac{1}{2}mv^{2}=\frac{p^{2}}{2m}.$$

De Broglieova vlnová délka elektronu je

$$λ=\frac{h}{p}=\frac{h}{\sqrt{2meU}}=\frac{6,63·10^{-34}}{\sqrt{2·9,11·10^{-31}·1,60·10^{19}·10^{4}}}m=1,23·10^{11 }m.$$

2. Pomocí mikroskopu nemůžeme „vidět“ menší objekty, než je použitá vlnová délka. Vlnová délka světla je řádově 10-7 m, což je o tři řády více, než jsou rozměry atomů. Proto se nepoužívají k zobrazování mikrostruktur optické mikroskopy, ale např. elektronové, v nichž se využívá vlnových vlastností elektronů. Jejich de Broglieova vlnová délka je srovnatelná nebo menší, než jsou např. rozměry atomů.

**Úloha 1**

(Jedná se o příklad 21.2 z [1], s. 214.)

Určete vlnovou délku de Broglieovy vlny částice, kterou pozorujeme při sledování Brownova pohybu. Její průměr nechť je 1 μm, hmotnost 10-15 kg a střední kinetická energie při pokojové teplotě je přibližně 10-20 J. Mohou se v tomto případě projevit vlnové vlastnosti částice?

[Výsledek: *λ* = 1,50·10-16 m. Vlnové vlastnosti se neprojeví.]

**Úloha 2**

(Jedná se o příklad 21.2 z [1], s. 214.)

Určete vlnovou délku de Broglieovy vlny elektronu urychleného napětím 100 V z nulové počáteční rychlosti. Srovnejte tuto hodnotu s rozměry atomů a s meziatomovými vzdálenostmi v krystalech.

[Výsledek: *λ* = 1,23·10-10 m. Vlnová délka je srovnatelná s rozměry atomů a s meziatomovými vzdálenostmi.]

**Úloha 3**

(Jedná se o úlohu 21.1 U z [1], s. 250.)

Světlo z přibližně bodového zdroje prochází dvěma štěrbinami a na stínítku vznikne interferenční obraz. Zakroužkujte správné odpovědi:

**A**

Foton, který prochází levou štěrbinou, interferuje s jiným fotonem, který prochází pravou štěrbinou.

**B**

Každý foton prochází oběma štěrbinami a interferuje sám se sebou.

**C**

Jestliže snížíme intenzitu světla na takovou hodnotu, že mezi zdrojem světla a stínítkem bude vždy jen jeden foton, interferenční obrazec se **změní** (vzhledem k situaci, kdy je mezi zdrojem světla astínítkem vždy mnoho fotonů).

**D**

Jestliže snížíme intenzitu světla na takovou hodnotu, že mezi zdrojem světla a stínítkem bude vždy jen jeden foton, interferenční obrazec se **nezmění** (vzhledem k situaci, kdy je mezi zdrojem světla a stínítkem vždy mnoho fotonů).

[Výsledek: Správné odpovědi: B, D]

**Úloha 4**

(Jedná se o úlohu 57Ú z [3], s. 1052.)

Uvažujte balon plněný plynným heliem při pokojové teplotě a atmosférickém tlaku. (a) Určete průměrnou de Broglieho vlnovou délku atomů helia a průměrnou vzdálenost mezi atomy helia za těchto podmínek. Střední kinetická energie atomu je rovna $\frac{3}{2}kT$, kde $k$ je Boltzmannova konstanta. (b) Můžeme atomy považovat za těchto podmínek za částice?

[Výsledek: (a)$ \overbar{λ}= $7,3·10-11 m, $\overbar{a}=$ 3,5·10-9 m, (b) Ano, můžeme, neboť jejich střední de Broglieho vlnová délka je mnohem menší než jejich střední vzdálenost.]

**Literatura:**

[1]  Šantavý, I., Trojánek, A.: *Fyzika. Příprava k přijímacím zkouškám na vysoké školy.*

 Prometheus, Praha 2000. ISBN 80-7196-138-8.

[2]   TROJÁNEK, A.: *Fyzika mikrosvěta aktivně*. Disertační práce. FMFI UK v Bratislavě. Bratislava,

 2011.

[3]  Halliday, D., Resnick, J., Walker, J.: *Fyzika*. *(Vysokoškolská učebnice obecné fyziky.)*

 VUT v Brně - nakladatelství VUTIUM a Prometheus, Brno 2001. Dotisk 2003.

 ISBN 80-214-1868-0.