

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. 17 O elementárních částicích a fundamentálních silách**

**Autor:**  Aleš Trojánek

**Jazyk:** čeština

**Datum vyhotovení:** duben 2014

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

 osmiletého studia, 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 stručné pojednání o elementárních částicích a základních silách. Může sloužit při výkladu, procvičování i pro samostatnou práci žáků v předmětu Fyzika. Je vhodný pro přípravu k maturitní zkoušce z fyziky.

**4.17 O elementárních částicích a fundamentálních silách**

**Poznámka:** Tento text, který je s drobnými úpravami převzat z [1], má charakter velmi stručné informace. V populárně vědecké literatuře a na internetu je možno najít mnoho dalších aktuálních a velmi zajímavých pojednání, např. o objevu Higgsova bosonu.

Od nepaměti lidi zajímalo, z čeho je svět stvořen, hledali nejmenší částečky věcí. Nebudeme podrobně sledovat vývoj poznatků na existenci nejmenších elementů hmoty, pouze se stručně seznámíme se současným (samozřejmě ne konečným) pohledem na danou problematiku.

V předchozích souborech bylo pojednáno o protonech, neutronech, elektronech. Zdálo se, že z těchto částic by mohla být poskládána veškerá látka. Ve dvacátém století však bylo objeveno v kosmickém záření, v radioaktivních rozpadech, a hlavně při srážkách urychlených částic v urychlovačích velké množství dalších (byť jen zlomky sekundy existujících) částic. Navíc byla předpověděna a posléze i objevena **antičástice** k elektronu – **pozitron,** která měla řadu vlastností stejných jako elektron (hmotnost, spin, dobu života), ale lišila se kladným elektrickým nábojem. Dalším vývojem se došlo k poznání, že každá částice má v přírodě svou antičástici. Když se „potká“ částice s antičásticí, **anihilují** a objeví se záření. Oblast vesmíru, ve které žijeme, je téměř výhradně tvořena částicemi.

Při rozptylu elektronů s velkou energií na protonech a na neutronech se ukázalo, že mají vnitřní strukturu, že nejsou elementární. Z toho vidíme, že pojem elementárnosti je relativní. Částice, z nichž jsou složeny protony, neutrony, ale i jiné, zde neuváděné částice, nazýváme **kvarky**.

Podle **Standardního modelu elementárních** **částic** – současné teorie fyziky částic – jsou elementárními částicemi látky **kvarky** (je jich 6 a označují se písmeny u, d, c, s, b, t) a **leptony** (elektron, mion, -lepton, a příslušná neutrina: elektronové, mionové, tauonové). Neutrina jsou těžko polapitelné částice bez náboje, o jejichž hmotnosti se ví, že je velmi malá, ale nenulová. Přehled základních částic je uveden v tabulce 1. Z částic první rodiny (označena žlutě - kvarky u a d, elektron a elektronové neutrino) se skládá veškerá látka a tyto částice stačí na popis všech běžných procesů. **Z kvarků u a d jsou složeny protony a neutrony, které vytvářejí atomová jádra. Jádra k sobě poutají elektrony, tak vznikají atomy a atomy se seskupují do molekul**. Tímto způsobem jsou poskládány všechny přírodní prvky a více než půl milionu chemických sloučenin, které vytváření náš okolní svět.

Další dvě rodiny, které mají podobnou strukturu jako první rodina, vytvářejí nestabilní částice, s nimiž se můžeme setkat jen v kosmickém záření nebo při vysokoenergiových experimentech na urychlovačích.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  **elektrický** **náboj** |  **1. rodina** |  **2. rodina** |  **3. rodina** |
|  **kvarky** |  **2/3 e** **-1/3 e** |  **u   (up)** **d (down)** |  **c (charm)** **s  (strange)** |  **t (top)** **b (bottom)** |
|  **leptony** |  **-e** **0** |  **e elektron**  **elektronové** **neutrino** |  ***µ* mion** **mionové** **neutrino** |   **tau lepton**   **taunové** **neutrino** |

Tabulka 1: Základní částice Standardního modelu.

Schéma ukazující postupnou stavbu látek ze základních kamenů můžeme znázornit pomocí tabulky 2. Z ní je např. vidět, proč při zkoumání struktury protonu je třeba urychlit částice, kterými protony zkoumáme, na velkou energii.)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  **Soustavy** | **Stavební kameny** |  **Typická vazební energie** |
| **Pevné látky, kapaliny** | **atomy** |  **1 eV** |
| **atomy** | **atomová jádra, elektrony** |  **10 eV** |
| **atomová jádra** | **nukleony** |  **1 MeV = 10 6 eV** |
| **nukleony** | **kvarky** |  **1 GeV = 109 eV**  |

Tabulka 2: Postupná stavba látek ze základních „stavebních kamenů“.

Zatím jsme hovořili jen o stavebních kamenech, ale nezmínili jsme se o tom, co „částice drží pohromadě“, nemluvili jsme o příslušných **silách** či **interakcích** mezi částicemi.

Mezi výsledky Standardního modelu patří rozdělení všech známých interakcí do čtyř skupin:

1. **Silná interakce** – působí mezi kvarky, a proto i mezi nukleony v jádrech atomů.

2. **Elektromagnetická interakce** – působí mezi všemi částicemi s elektrickým nábojem.

3. **Slabá interakce** – působí mezi leptony a kvarky. Vyvolává dezintegraci částic, uplatňuje se např. při

 beta rozpadu. Současné úsilí fyziků je vedeno snahou sjednotit různé typy interakcí do jednoho

 celku. Toto úsilí je úspěšné v případě elektromagnetické a slabé interakce, takže hovoříme

 o elektroslabé interakci.

4. **Gravitační interakce** – působí mezi všemi objekty.

V makrosvětě se uplatňují jen elektromagnetická a gravitační interakce, neboť mají daleký dosah. Slabá a silná interakce se projevují jen v mikrosvětě, mají malý dosah. Viz tabulka 3.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **silná****interakce** |  **elektroslabá interakce** | **gravitační****interakce** |
| **elektromagnetická****část** | **slabá****část** |
| **Relativní velikost vůči silné interakci na vzdálenost** **10-15 m** |  **1** |  **10-2** |  **10-7** |  **10-38** |
| **závislost na vzdálenosti** | **omezena do vzdálenosti 10-15 m** |  **působí na**  **neomezenou**  **vzdálenost** | **omezena do vzdálenosti mnohem menší** **než 10-15 m** | **působí na neomezenou vzdálenost** |
| **částice zprostředkující interakci** |  **gluony** |  **foton** | **bosony****W+, W-, Z0** | **graviton** |

Tabulka 3: Přehled „fundamentálních“ interakcí.

Na závěr se ještě zmíníme o mechanismu působení jednotlivých sil. Zjednodušeně můžeme říci, že současná fyzika popisuje působení sil jako výměnu určitých – „zprostředkujících“ částic. Pro elektromagnetickou interakci je to **foton**, pro slabou sílu tzv. **bosony** W a Z, pro silnou interakci tzv. **gluony** a pro gravitační interakci (zřejmě) **graviton**. Vše je přehledně znázorněno v tabulce 3.

Výměna zprostředkujících částic se modelově často znázorňují tak, že dvě osoby na loďkách si házejí míč, který představuje danou zprostředkující částici. Viz např. stránky prof. J. Chýly [2].

**Literatura:**

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

 2011.

[2] <http://www-hep2.fzu.cz/~chyla/>.