

ŠTĚPENÍ SPEKTRÁLNÍCH ČAR

Pavel Werner

1. Úvod

Štěpení spektrálních čar je jev, který neumí objasnit ani Bohrov model atomu, ani vylepšený model podle Sommerfelda, ale ani vlnový model Schrödingerův. Teprve kvantová mechanika zavedením matematicky definovaného virtuálního spinu elektronu předkládá hypotézu a matematické objasnění štěpení spektrálních čar. Co brání těmto modelům vysvětlit pozorovaný jev? Je skutečně nutné zavádět fyzikálně nepodložený virtuální vnitřní spin elektronu, abychom mohli vysvětlit štěpení spektrálních čar atomů? Na tyto otázky se pokusíme odpovědět pomocí návrhu modelů prstencové struktury elementárních částic hmoty podle Prstencové teorie [1].

2. Typy štěpení spektrálních čar

Rozštěpení spektrálních čar [4] může být způsobeno vlastní vnitřní strukturou elementárních částic nebo působením vnějšího elektromagnetického pole. Jako známý efekt pozorovaný v experimentu můžeme uvažovat:

1. Hyperjemné štěpení energie základního stavu neutrálního atomu vodíku na dvě podhladiny s vyzářením energie na vlnové délce 21.1 cm.
2. Jemné štěpení spektrálních čar atomů bez přítomnosti vnějšího EMG pole.
3. Štěpení spektrálních čar vlivem vnějšího magnetického pole (Zeemanův jev).
4. Štěpení spektrálních čar vlivem vnějšího elektrického pole (Starkův jev).

Objasnění všech typů štěpení se odvolává na existenci spinu elektronu. Hyperjemné štěpení energie je odvozeno od interakce mezi spinem protonu jádra atomu a spinem elektronu obalu. Jemné štěpení je vysvětlováno jako interakce orbitálního magnetického momentu elektronu se spinovým magnetickým momentem protonu. Štěpení v magnetickém poli je vysvětlováno jako působení vnějšího magnetického pole H_{ext} na dva typy elektronů, které se liší opačnou orientací spinu.

Teoretickou možnost vysvětlení těchto jevů bez zavádění a použití virtuálního spinu elektronu nám dává modelování elementárních částic a jejich vzájemné působení podle Prstencové teorie [1]. Modely elementárních částic jsou tvořeny víceúrovňovými prstencovými strukturami, které jsou navzájem vázány v dynamické rovnováze pomocí elektromagnetických sil.

3. Hyperjemné štěpení spektrální čáry neutrálního atomu vodíku na vlnové délce 21 cm

Kvantová teorie nám předkládá myšlenku, že v důsledku existence spinu elektronu a protonu a jejich vzájemnou orientací není základní stav atomu vodíku ve skutečnosti jedním jediným stavem s přesně určenou hodnotou energie. [16].

Vzájemná interakce magnetických momentů elektronu a protonu vede k tomu, že se magnetické energie jednotlivých spinových stavů od sebe maličko liší. Elektron může mít spin orientovaný

bud' směrem nahoru, nebo směrem dolů; totéž platí i pro proton. Pro každý dynamický stav atomu vodíku tak existují čtyři možné spinové konfigurace, čtyři základní stavy [4]:

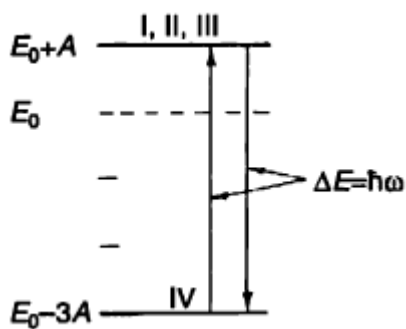
Stav 1: $|++\rangle$ Spiny elektronu i protonu míří směrem nahoru.

Stav 2: $|+-\rangle$ Spin elektronu je orientován směrem nahoru a spin protonu směrem dolů.

Stav 3: $|-+\rangle$ Spin elektronu je orientován dolů a spin protonu nahoru.

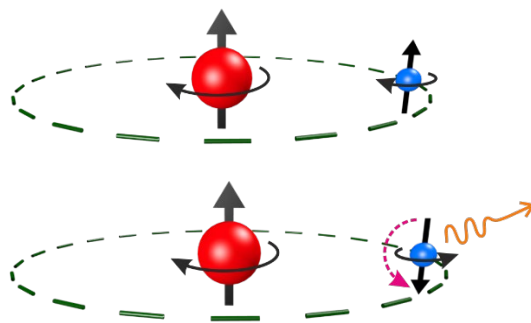
Stav 4: $|--\rangle$ Spiny elektronu i protonu jsou natočeny směrem dolů.

Po vyřešení příslušných vlnových rovnic se dostaneme k závěru, že po zahrnutí vlivu spinu jádra na spin elektronu se čtyři stacionární stavy a jejich energie štěpí na dvě podhladiny. Tři stavy mají vyšší energii A a čtvrtý nižší energii $-3A$. Střední hodnota je nula; když jsme v rovnicích položili referenční hodnotu energie $E_0 = 0$, kterou jsme získali z výpočtů podle Bohrova modelu atomu vodíku, a rozhodli jsme se odečíst všechny energie od této střední hodnoty. Můžeme si proto znázornit schéma energetických hladin základního stavu atomu vodíku tak, jak je naznačeno na obr. 1.



Obr. 1. Schéma energetických hladin základního stavu atomu vodíku

Tady nastává první problém, protože jeden ze stavů s antiparalelními spiny má stejnou energetickou hodnotu jako dva stavy se spiny s paralelní orientací. Kvantová teorie nám říká, že pokud při hyperjemném štěpení energie atomu vodíku v základním stavu, dojde k „samovolnému“ otočení orientace spinu elektronu z paralelní do antiparalelní polohy vůči spinu protonu (obr. 2) dojde k vyzáření fotonu o energii $W_{ph} = 5.9 \cdot 10^{-6} eV$ o vlnové délce $\lambda_{phe} = 21.105 \text{ cm}$, jak je například publikováno v práci [2].

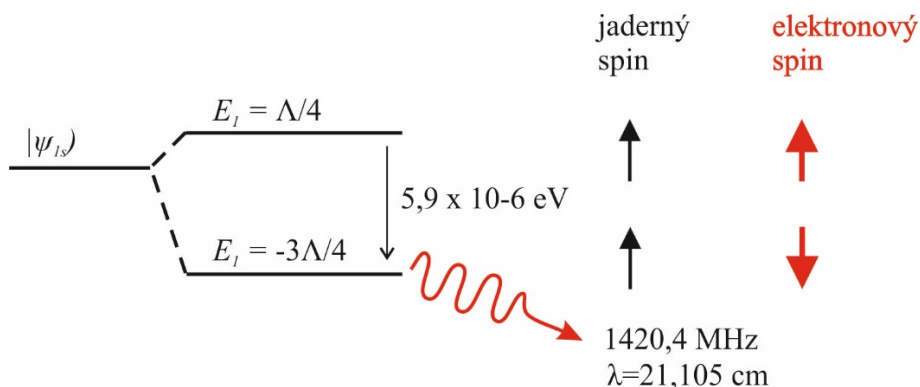


Obr. 2. Model atomu vodíku se znázorněním otočení orientace spinu elektronu a vyzáření fotonu

Z výše uvedených výsledků výpočtů však vyplývá, že může dojít i k tomu, že ačkoliv dojde ke změně orientace spinu elektronu, přesto nedojde k vyzáření žádné energie, protože oba stavy zůstávají na stejné energetické hladině. Pokud stav 1 $|++\rangle$ má vyšší energii a stav 2 $|+-\rangle$ má energii nižší, pak při změně orientace spinu se energie atomu může dostat na nižší úroveň a vyzářit foton. Jestliže však stav 4 $|--\rangle$ má vyšší energii a dojde ke změně orientace spinu na stav 3 $|-\rangle$ o stejné energii, k vyzáření fotonu dojít nemůže.

Při hyperjemném štěpení energie atomu vodíku v základním stavu nám kvantová teorie říká, že za dobu přibližně $t_s=10^{-7}$ let dojde k „samovolnému“ otočení spinu elektronu s paralelní do antiparalelní polohy vůči spinu protonu (obr. 3). Při této změně dojde k vyzáření fotonu o energii $W_{ph}=5.9 \cdot 10^{-6} \text{ eV}$ o vlnové délce $\lambda_{ph}=21.105 \text{ cm}$, jak je například publikováno v práci [2].

Tady narážíme na druhou nesrovnalost. Jestliže podle kvantové teorie mohou existovat dva typy atomů vodíku v základním energetickém stavu s opačně orientovanými spiny elektronů, musíme stav elektronů s vyšší energií považovat za základní a druhý s nižší energií za odvozený. Je to dáno tím, že pozorujeme pouze emisi vyzářeného fotonu, a nikoliv jeho absorpci. Kvantová teorie nám předkládá hypotézu rozdělení atomů vodíku z nějaké základní energetické hladiny, na které se ve skutečnosti žádný atom nevyskytuje, na atomy s podhladinou s vyšší energií a atomy s podhladinou s nižší energií (obr. 3). Rozdíl energií těchto dvou energetických hladin je roven energii vyzářeného fotonu o vlnové délce $\lambda_{ph}=21.105 \text{ cm}$. Vlastní energii vodíkových atomů W_{H_2} s těmito dvěma podhladinami nelze zjistit pomocí spektrálních čar, protože atom vodíku na základní energetické úrovni žádné spektrální čáry nevysílá [3]. Pokud by tento proces probíhal „samovolně“ u všech elektronů s vypočítanou dobou poločasu přechodu $\tau_{1/2} \approx 3.5 \cdot 10^{14} \text{ s} \approx 11 \text{ miliónů let}$ [5], nezbyl by ve vesmíru za dobu jeho existence $1.37 \cdot 10^{10} \text{ let}$ žádný atom vodíku ve stavu s vyšší energií, který by podle kvantové teorie mohl změnit svou orientaci spinu a žádná spektrální čára na vlnové délce 21 cm by se neobjevovala.



Obr. 3. Schéma štěpení základní hladiny na dvě podhladiny s uvolněním energie fotonu podle kvantové teorie [7]

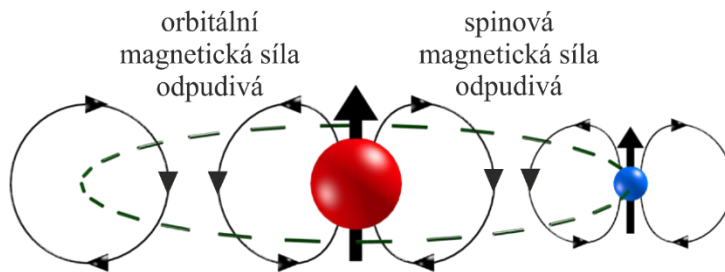
Třetím nedostatkem popisu stavů modelu atomu vodíku je, že předchozí výpočty kvantové mechaniky nám sice umožňují popsat základní stavy atomu vodíku, ale nevyjadřují interaktivní vztah mezi protonem a elektronem. Můžeme se domnívat, že elektron obíhající po orbitální dráze okolo atomového jádra s velmi vysokou frekvencí vytváří ve svém okolí podobné magnetické pole jako uzavřená smyčka vodiče elektrického proudu ve tvaru dráhy elektronu

s ekvivalentním proudem vytvořeným obíhajícím nábojem elektronu. Takováto uzavřená proudová smyčka vytváří magnetické pole s orbitálním plošným (Ampérovým) magnetickým momentem

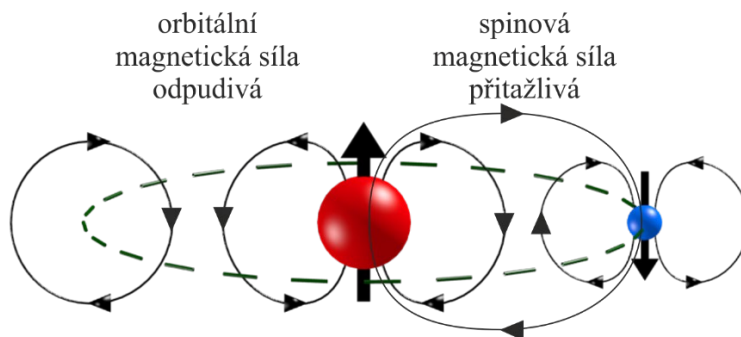
$$\mu_{e\text{ orbit}} = I \cdot S, \quad (1)$$

kde I je proud a S je příslušný orientovaný plošný vektor, daný vodičem ohraničené plochy.

Pokud však uvážíme, že rotace vlastního spinu elektronu vytváří vlastní vnitřní magnetické pole elektronu s magnetickým momentem μ_e , potom musíme brát v úvahu, že i toto magnetické pole působí silou vůči magnetickému poli protonu a naopak. Pokud jsou oba magnetické momenty protonu i elektronu v paralelním postavení (obr. 4), je tato síla odpuzivá. Podle standardního modelu částicové fyziky by se pak tato odpuzivá síla podílela spolu se stejně orientovaným vektorem odstředivé síly na dynamické rovnováze stavu atomu vodíku proti přitažlivé síle Coulombově. S touto silou magnetického pole však standardní model atomu vodíku nepočítá.

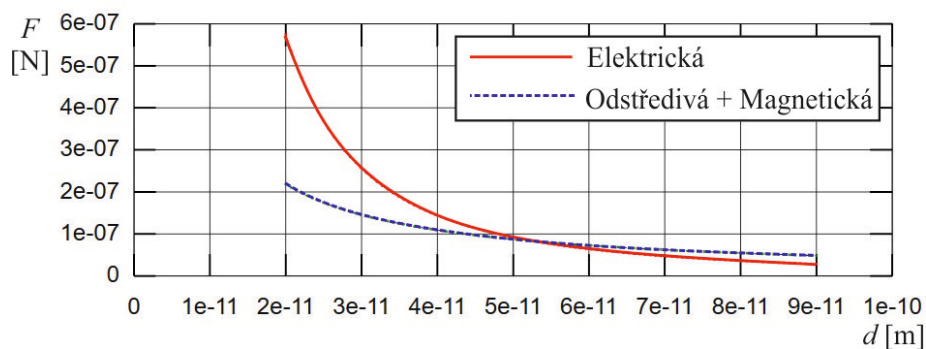


Obr. 4. Model magnetických siločar protonu a elektronu při paralelní orientaci jejich spinů

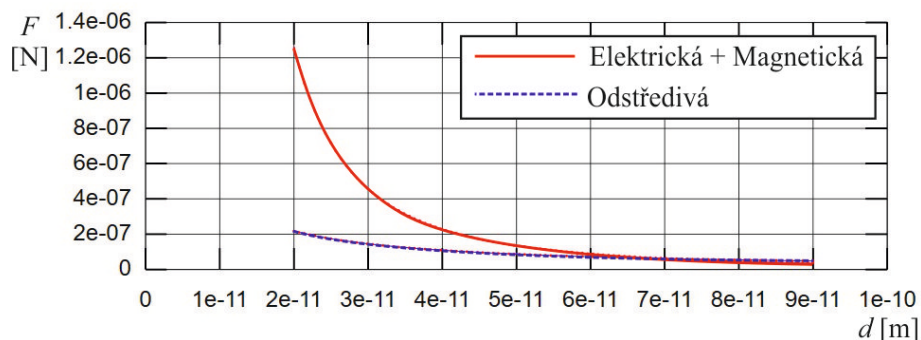


Obr. 5. Model magnetických siločar protonu a elektronu při změně orientace spinu elektronu

Pokud však dojde k „samovolnému“ otočení orientace spinu, jak naznačuje kvantová mechanika, a tím dojde i ke změně orientace magnetického momentu spinu elektronu (obr. 5), změní se magnetická síla z odpuzivé na přitažlivou. Tím se poruší dynamická rovnováha sil a dojde ke zvětšení přitažlivé síly mezi protonem a elektronem a v důsledku toho zmenšení vzdálenosti elektronu od protonu. A protože se zmenšující se vzdáleností roste přitažlivá magnetická síla rychleji než síla elektrická i síla odstředivá (obr. 6, 7), dojde k přitažení elektronu k protonu a zániku celého atomu. Pokud by při tomto ději uvažované hypotézy došlo ještě k vyzáření energie, celý proces by se ještě urychlil. K vyzáření jedné určité energie však podle dosud známých zákonů fyziky není důvod.



Obr. 6. Graf zobrazení sil při paralelní orientaci spinů protonu a elektronu



Obr. 7. Graf zobrazení sil při antiparalelní orientaci spinů protonu a elektronu

O jaké síle magnetického pole tedy uvažujeme? Jakou sílu zanedbal Bohr ve svém modelu a nepočítá s ní ani kvantová mechanika?

Podle databáze konstant CODATA [x] má magnetický moment elektronu velikost

$$\mu_e = -928.4764620 \cdot 10^{-26} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1} , \quad (2)$$

a magnetický moment protonu má velikost

$$\mu_p = 1.4106067873 \cdot 10^{-26} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1} . \quad (3)$$

Předpokládáme, že oba magnetické momenty mají charakter magnetického dipólu a jsou tvořeny rotujícím nábojem q . U protonu si to můžeme snadno představit, protože je znám poloměr protonu $r_p = 8.751 \cdot 10^{-16} \text{ m}$ [18], na kterém může náboj q obíhat kolem středu protonu a vytvářet tak magnetické pole s magnetickým momentem μ_p podobně, jako u kruhového vodiče s jedním závitem.

Protože známe velikost magnetického momentu protonu μ_p , můžeme ze vztahu

$$\mu_p = I_p \cdot \pi \cdot r_p^2 \quad (4)$$

získat po dosazení známých veličin velikost proudu I_p

$$I_p = \frac{\mu_p}{\pi \cdot r_p^2} ,$$

$$I_p = \frac{1.41 \cdot 10^{-26}}{3.14 \cdot (8.751 \cdot 10^{-16})^2} = 5.8637 \cdot 10^3 \text{ A} . \quad (5)$$

Ze vztahu

$$t_p = \frac{q}{I_p} \quad (6)$$

můžeme získat čas potřebný pro jednu otáčku náboje q

$$t_p = \frac{1.602 \cdot 10^{-19}}{5.864 \cdot 10^3} = 2.732 \cdot 10^{-23} \text{ s} \quad (7)$$

a ze vztahu

$$v_p = \frac{2\pi \cdot r_p}{t_p} \quad (8)$$

určit rychlost rotace náboje q po obvodu protonu

$$v_p = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 8.751 \cdot 10^{-16}}{2.732 \cdot 10^{-23}} = 2.0116 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} . \quad (9)$$

Z výpočtů vyplývá, že náboj q protonu se po jeho obvodu pohybuje přibližně dvoutřetinovou rychlostí světla.

U elektronu tato představa proudové smyčky selhává, protože SM i kvantová mechanika předpokládá, že elektron je bodová částice, která nemá poloměr. Můžeme však předpokládat, že elektron se nachází ve vzdálenosti poloměru r_B , a leží v rovině obíhajícího náboje protonu a magnetické momenty protonu i elektronu jsou paralelní se stejnou orientací. Pak můžeme podle Biotova-Savartova zákona vyjádřit magnetickou odpudivou sílu, kterou by působil spinový magnetický moment elektronu na proton podle vztahu:

$$F_{spin\ e\ mg} = \frac{i_p \cdot \mu_0 \cdot \mu_e}{4\pi \cdot r_B^3} , \quad (10)$$

$$F_{spin\ e\ mg} = \frac{5.8607 \cdot 10^3 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 928.4765 \cdot 10^{-26}}{4\pi \cdot (5.3 \cdot 10^{-11})^3} = 3.657 \cdot 10^4 \text{ N} . \quad (11)$$

Proti této síle působí přitažlivá síla podle Coulombova zákona

$$F_{el} = \frac{q_e^2}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot r_B^2} , \quad (12)$$

$$F_{el} = \frac{(1.6 \cdot 10^{-19})^2}{4\pi \cdot 8.854 \cdot 10^{-12} \cdot (5.3 \cdot 10^{-11})^2} = 8.195 \cdot 10^{-8} \text{ N} . \quad (13)$$

Z výše uvedených hodnot vidíme, že odpudivá spinová magnetická síla elektronu by byla o dvanáct řádů větší než přitažlivá elektrická síla mezi kladným a záporným nábojem protonu a elektronu. Elektron by od protonu odlétl a atom vodíku by se rozpadl.

Pokud by spiny a tím i magnetické momenty byly vzájemně opačně orientovány, magnetická i elektrická síla by byly přitažlivé, což by vedlo k zániku atomu.

Z uvedených výpočtů vylívá, že atom vodíku se nemůže nacházet ve dvou energetických stavech s opačně orientovaným spinem elektronu vůči protonu. Špatný model atomu vodíku, nesprávně vyhodnocený experiment Stern-Gerlachův a matematické zavedení spinu elektronu bez jeho fyzikální podstaty vedlo k nesprávnému vysvětlení jevu vyzařování fotonu o vlnové délce 21 cm. Tento jev tedy musí být způsoben jiným procesem, než jak jej vysvětluje hypotéza hyperjemného štěpení energetických hladin kvantové mechaniky.

Pokud tedy vyloučíme vyzáření této energie W_{ph} vlivem změny orientace spinu, jak nám navrhuje hypotéza kvantové mechaniky, pak se musíme ptát, co způsobuje toto záření?

Je zajímavé, že frekvenci spektrální čáry vodíku můžeme vyhodnotit pomocí několika konstant, aniž bychom museli použít spin elektronu.

$$\nu_{10} = \frac{8}{3} g_I \left(\frac{m_e}{m_p} \right) \alpha^2 (R_{MC}) \approx 1420.405751 \text{ MHz} , \quad (14)$$

kde $g_I \approx 5.58569$ je *jaderný g-faktor* pro proton, $\alpha \approx 1/137.036$ je velikost *konstanty jemné struktury*, a R_{MC} je Rydbergova frekvence pro vodík.

$$\nu_{10} \approx \frac{8}{3} \cdot 5.58569 \cdot \left(\frac{1}{1836.12} \right) \left(\frac{1}{137.036} \right)^2 \cdot 3.28984 \times 10^{15} \text{ Hz} \left(1 + \frac{1}{1836.12} \right)^{-1} \quad (15)$$

$$\nu_{10} \approx 1420.4 \text{ MHz} [8] \quad (16)$$

I u tohoto výpočtu se musíme ptát, co jsme to vlastně vypočítali?

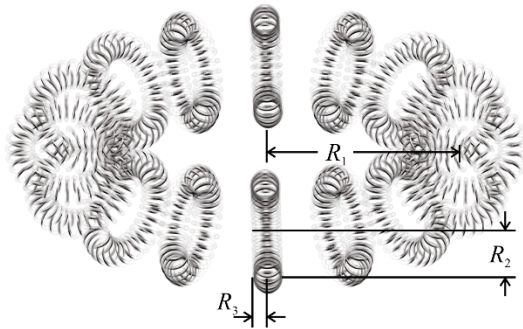
Můžeme citovat Sherlocka Holmese: „*Jakmile vyloučíte nemožné, všechno ostatní, co zůstane, ať je to jakkoli nepravděpodobné, musí být pravda*“.

Pokud výše uvedené nedostatky modelů a hypotéz nejsou pro objasnění jevu hyperjemného štěpení energie atomu vodíku vhodné, pokusíme se o vysvětlení tohoto jevu pomocí Prstencové teorie [1].

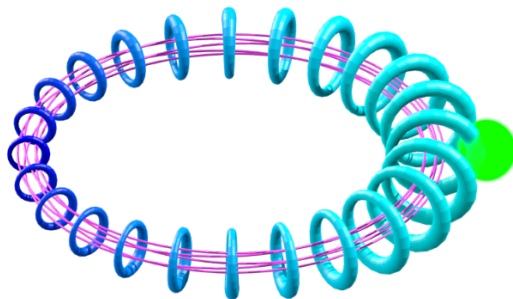
V práci [1] je představen model elektronu, atomu atd. jako víceúrovňová struktura složená z prstencových podstruktur (obr. 8, 9), které jsou v dynamické rovnováze udržovány elektromagnetickými silami [6]. V tento okamžik není důležité ani technicky dostupné experimentálně ověřovat možnost nebo existenci těchto podstruktur.

V současné době jsme schopni pomocí urychlovačů zkoumat částice o velikosti přibližně 10^{-18} m. Teoreticky však existuje předpoklad a možnost existence elementů hmoty a její struktury o velikosti Planckovy délky, která je přibližně rovna 1.6×10^{-35} metrů [7]. Tento rozdíl velikostí o dalších 17 řádů zakládá domněnku, že existují elementy-částice strukturované hmoty, které možná nikdy nebudeme schopni experimentálně poznat nebo „uvidět“ jejich zachycený obraz, ale které jsou všudypřítomné a vyplňují „prostor“ i mezihvězdný vesmír (obr. 10). Dokladem existence těchto podstruktur může být celá plejáda objevených částic včetně hadronů (i rezonancí), a jejich vlastností i výsledků experimentálního hledání částic hypotetických, které zpracovává a aktualizuje mezinárodní sdružení Particle Data Group ve svém přehledu The Review of Particle Physics [17]. Můžeme dokonce vyslovit hypotézu, že právě „vodíková“ čára

je oním klíčovým faktem, který ukazuje na informaci vedoucí k domněnce o existenci strukturované hmoty.



Obr. 8. Model víceúrovňové struktury elektronu



Obr. 9. Model víceúrovňové prstencové struktury elektronu s „obíhajícím“ elektrickým nábojem



Obr. 10. Model elementární prstencové podstruktury strunové teorie [18]

Pokud má model „prstence elektronu“ vlastní vnitřní energii W_e , potom nositeli částí této energie musí být i jeho prstencové podstruktury. Pokud jsou tyto podstruktury složeny z prstencových elementů-částic, musí být také udržovány v rovnováze pomocí elektromagnetických sil. Plyne z toho závěr, že i každá podstruktura musí mít svůj dílčí elektrický náboj, s jeho pohybem a řídí se základními zákony termodynamiky. A tady se nám přímo nabízí energie záření $W_r=5.9 \cdot 10^{-6} eV$, která by mohla být energií jedné podstruktury, nebo velikostí dílčího elektrického náboje elektronu.

Podle dosud používaného modelu vesmíru [8] bychom také mohli říci, že pouze jedné šestině částic o velikosti podstruktur elektronu se podařilo sdružit do organizovaných celků, které nazýváme elementárními částicemi hmoty nebo baryony. Ostatní částice podstruktur zůstaly

neorganizovány (entropické chování) a dnes jim říkáme „temná hmota“. Všechny fyzikální důkazy opřené o hypotézu nebo experiment o temné hmotě se opírají o hypotézu gravitačního působení mezi temnou hmotou a baryony. Přímá interakce mezi baryony a temnou hmotou doposud žádným pozorováním ani žádnými experimenty nebyla potvrzena.

Přesto, pokud tyto volné subčástice temné hmoty jsou chaotické (stochastický přístup k popisu hmoty) a uvažuje se entropický přístup na diskutované úrovni struktury hmoty, částice se náhodně pohybují po mezihvězdném prostoru, neplatí pro ně zákony termodynamiky, existuje nenulová pravděpodobnost, že i přes velmi řídké plasma vesmíru a malou pravděpodobnost dojde někdy k interakci mezi částicemi temné hmoty s podstrukturami elektronu. Oba druhy těchto částic by měly být shodné.

Naproti tomu Prstencová teorie [1] se opírá o deterministický přístup a popis modelu hmoty, podstruktury v elektronu jsou v modelu deterministicky organizovány a navzájem svázané elektromagnetohydrodynamickými silami. Pokud tedy hypoteticky dojde ke srážce, podstruktury elektronu odolají, ale částice „temné hmoty“ se rozpadnou za uvolnění fotonu o vlnové délce 21.105 cm. Přitom vnitřní energie elektronu W_e zůstane nezměněna. Hypoteticky tak nenastane problém se dvěma stavy elektronů s vyšší a nižší energií a k vysvětlení existence jediné spektrální čáry o kmitočtu $f_e=1420.4$ MHz nepotřebujeme spekulovat o existenci spinu elektronu a jeho dvou různých orientacích.

V současné době pozorujeme pouze emisní čáru $\lambda_e=21$ cm, což je dáno vývojovou etapou a teplotou vesmíru. V rané fázi vývoje vesmíru, když byl uvažován vesmír za chladnější, bez hvězd [6.9], v uváděných hypotézách, vznikaly částice temné hmoty za absorpce záření na této vlnové délce λ_e . S podobnými myšlenkami přišli i Julian Muñoz a Abraham Loeb z Harvardu. Ve své práci uvádějí, že pokud by částice temné hmoty měly nepatrný zlomkový elektrický náboj (milionkrát menší než náboj elektronu), došlo by k atypické interakci temné hmoty s látkou, která by mohla být zodpovědná za ochlazení vodíku, [10], [11]. Rennan Barkana z Tel Avivské univerzity také míní [12], že za ochlazení vodíku by mohla být zodpovědná další interakce, která funguje mezi temnou hmotou a normální látkou. Obě tyto teorie spojuje to, že řešení hledají v atypické interakci normální látky s temnou hmotou v období, kdy její hustota byla extrémní.

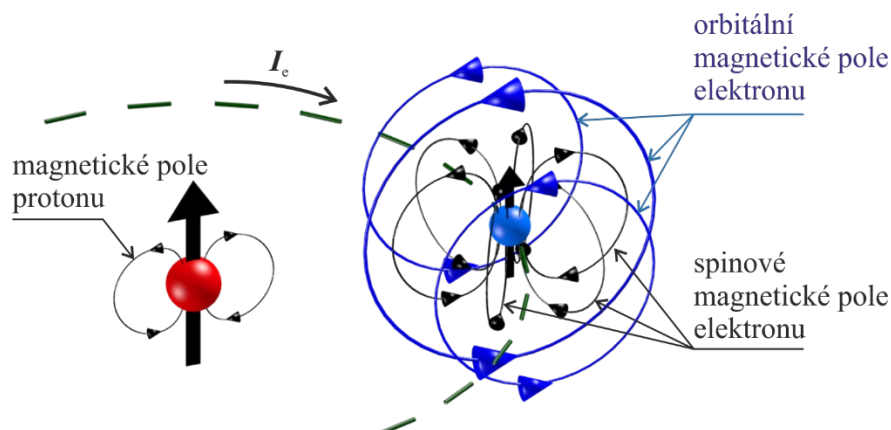
Z výše uvedeného textu vidíme, že k objasnění jevu hyperjemného štěpení nemůžeme použít hypotetické zavedení matematické veličiny spinu elektronu. Vysvětlení jevu hyperjemného štěpení na základě změny orientace spinu elektronu je nevyhovující, protože vzato do důsledku, jeho překlopení by vedlo k zániku atomu vodíku. Pro popis vzniku tohoto jevu musíme hledat jiné vysvětlení.

4. Jemné štěpení spektrálních čar atomů bez přítomnosti vnějšího EMG pole

Standardní model částic [13] na základě navržených hypotéz předkládá elektron, jako elektrický monopól, který svým orbitálním pohybem kolem kladného jádra vytváří magnetické pole. V tomto modelu, i když je elektron prezentován jako bodový element, přesto má i vlastní vnitřní rotaci (spin) μ_e a vlastní magnetický moment M_e , který se chová jako magnetický dipól. Spin elektronu s jeho vlastním magnetickým momentem a vnější orbitální magnetický moment elektronu spolu interagují se spinem protonu v jádře v tzv. spin-orbitální interakci [4].

Důsledkem této spin-orbitální interakce je rozštěpení spektrální čáry na dvě blízké spektrální čáry. Tento jev se nazývá jemná struktura (jemné štěpení). Kvantová mechanika používá pro vyčíslení jemného štěpení Diracovu relativistickou rovnici odvozenou na několika stránkách [4].

Pokud se podíváme na obrázek 11 vidíme, že orbitální a spinové magnetické pole vytvářené stejným elektronem spolu nijak neinteragují. Orbitální magnetické pole elektronu je tvořeno jeho pohybem kolem jádra atomu a vůči protonu a jeho magnetickému poli působí odpudivou silou. Případná změna orientace vektoru momentu hybnosti elektronu nebo změna orientace vektoru magnetického momentu protonu by vedla k obrácení směru vektoru magnetické indukce a změnila by odpudivou sílu vůči protonu na sílu přitažlivou s důsledkem zániku atomu vodíku. Z toho vyplývá, že nemohou existovat dva stavy orbitálního magnetického momentu elektronu, a proto tato interakce nemůže být příčinou štěpení spektrálních čar.



Obr. 11. Model spinového a orbitálního magnetického pole elektronu

Proč se tedy jemné štěpení neprojevuje u atomu vodíku již v základním stavu ale až od druhé energetické úrovně a nemá žádný vliv na hyperjemné štěpení energetických hladin? Přitom existence magnetických polí je v obou případech stejná. Pokud tedy vyloučíme spin-orbitální interakci, jak vysvětlíme jemné štěpení spektrálních čar?

V tabulce 1 jsou uvedeny vlnové délky fotonů rozštěpených hladin atomu vodíku při excitaci elektronu ze základní hladiny $1s$ na vyšší energetické hladiny np [3]. Při pohledu na hodnoty v tabulce 1 a graf rozdílů vlnových délek rozštěpených spektrálních čar na vzestupných hladinách n (obr. 12) vidíme, že se tento rozdíl zmenšuje úměrně se zvětšující se energií W_{eph} excitačních fotonů, obr.13.

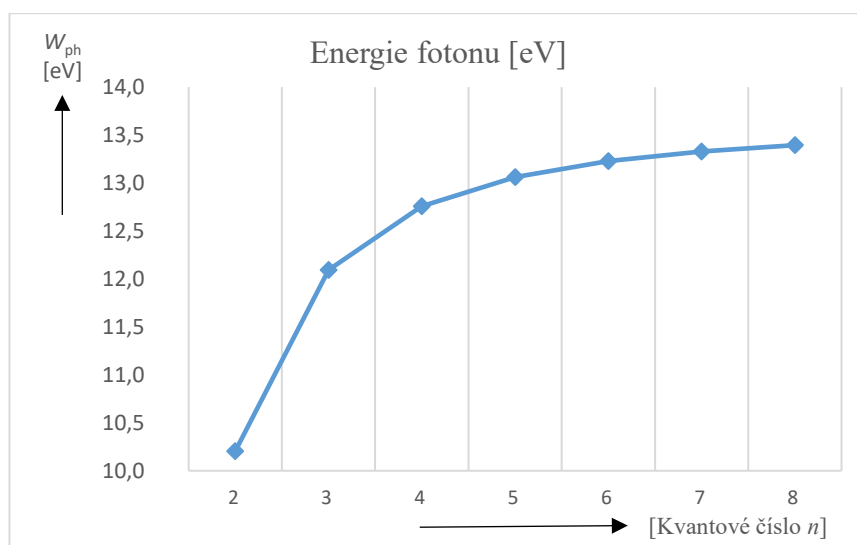
Tabulka 1: Hodnoty vypočítaných vlnových délek fotonů při jemném štěpení hladin elektronů atomu vodíku [6.3] a energetický rozdíl jejich hladin

Vypočtené	$\frac{1}{2} \lambda$ [10^{-9} m]	$\frac{3}{2} \lambda$ [10^{-9} m]	rozdíl λ [10^{-9} m]	rozdíl ΔE [eV]
$1s$				5.87E-06
$2p$	121.5673644608	121.5668237310	0.0005407298	4.53927E-05
$3p$	102.5722965650	102.5721825050	0.0001140600	1.34497E-05
$4p$	97.2537026950	97.2536594376	0.0000432574	5.67398E-06
$5p$	94.9743120700	94.9742909500	0.0000211200	2.90484E-06
$6p$	93.7803480320	93.7803361139	0.0000119181	1.68122E-06
$7p$	93.0748248900	93.0748175100	0.0000073800	1.05690E-06
$8p$	92.6225670063	92.6225621017	0.0000049046	7.09267E-07

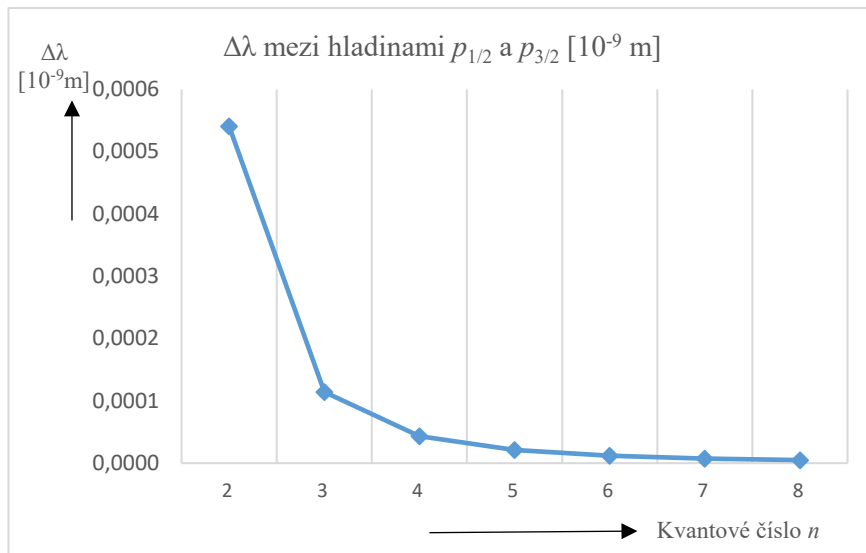
Tabulka 2: Hodnoty naměřených vlnových délek fotonů při jemném štěpení hladin elektronů atomu vodíku [3]

Naměřené	$\frac{1}{2} \lambda$ [10^{-9} m]	$\frac{3}{2} \lambda$ [10^{-9} m]	rozdíl λ [10^{-9} m]	rozdíl ΔE [eV]
2p	121.56699	121.56699	0.00	0.00
3p	102.57280	102.57280	0.00	0.00
4p	97.25410	97.25410	0.00	0.00
5p	94.97420	94.97420	0.00	0.00
6p	93.78010	93.78010	0.00	0.00
7p	93.07490	93.07490	0.00	0.00
8p	92.62290	92.62290	0.00	0.00

Jemná struktura přechodů mezi úrovněmi určenými hlavními kvantovými čísly n (2, 3, 4 ...) nebyla nijak vyřešena a ve výpočtech databáze NIST [3] je uváděna jako střední hodnota hladin jemné struktury. Naměřené hodnoty vlnových délek jemné struktury pozorované ve sluneční koruně [2] a uvedené v Databázi spekter NIST nejsou od sebe rozlišitelné a mají stejnou hodnotu. Teprve vypočtené hodnoty vlnových délek fotonů jemné struktury $\lambda_{\text{ph,fs}}$ vykazují rozdíly, které se zmenšují se zvyšující se hodnotou hlavního kvantového čísla.

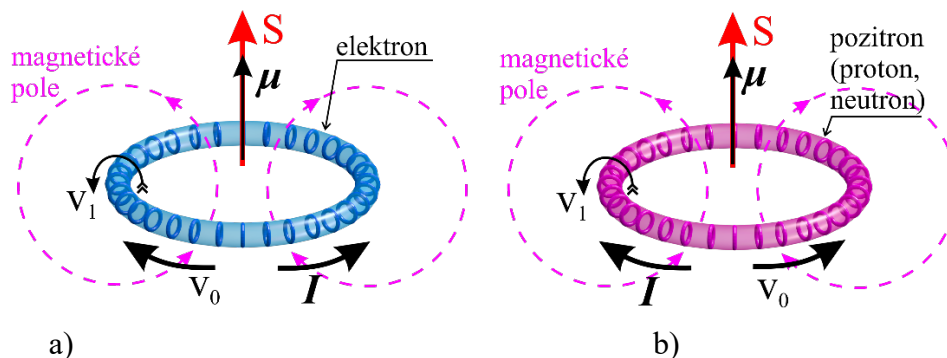


Obr. 12. Graf energií fotonů při excitaci elektronu z hladiny 1s na hladiny s vyšší energií



Obr. 13. Graf rozdílů vlnových délek rozštěpených spektrálních čar na vzestupných hladinách n

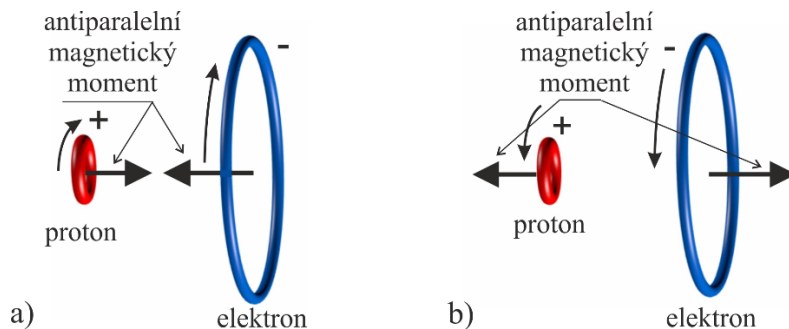
Pokud se vyloučí spin, jako příčina jemného štěpení, můžeme použít deterministický model Prstencové teorie (RT) [1], která nemá potřebu zavádění spinů elektronu a protonu. Stačí použít magnetické momenty jejich prstenců, které jsou naprosto jednoznačně definovány jako fyzikální veličiny. U prstencové struktury můžeme určit směr rotace elektrického náboje q_{out} na vnějším prstenci a směr rotace elektrického náboje $q_{in,n}$ na jeho podstrukturách. Jejich vzájemná kombinace určuje jednak jejich vektor magnetického momentu, ale také určuje, zda je elektrický náboj kladný, nebo záporný, což je u současných hypotéz vlastně věcí dohody. Pokud se bude elektrický náboj pohybovat po drahách definovaných strukturou prstence ve směru n_0 a náboj na jeho podstrukturách směrem n_1 (obr. 14 a), pak můžeme stanovit dohodou, že se jedná o záporný elektrický náboj a strukturu s definovanými geometrickými parametry nazveme elektronem. Elektrický náboj svým pohybem po explicitních drahách na obvodu prstence vytváří proudovou smyčku s proudem $i(t)$, a podle pravidla pravé ruky můžeme určit směr vektoru jeho magnetické indukce [6]. Pokud změněme směr rotace elektrického náboje po obvodu prstence nebo směr rotace nábojů na jeho podstrukturách (obr. 14 b), pak kombinací těchto rotací dostaneme elektrický náboj kladný a strukturu nazveme pozitronem. Kladný elektrický náboj – pozitronu se pohybuje po obvodu prstence v opačném směru než u elektronu. Pak uplatníme pravidlo levé ruky pro stanovení vektoru magnetického momentu pro pohyb kladného náboje ve smyčce.



Obr. 14. Model prstencové struktury a) elektronu, b) pozitronu a jejich magnetické momenty

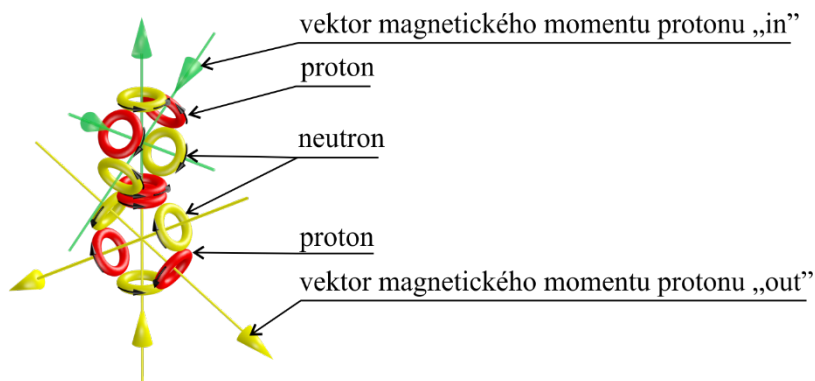
Dále z RT vyplývá, že pokud se elektron, proton nebo neutron nacházejí na společné ose prstenců, jejich elektrický náboj rotuje v souhlasném směru. Modelovaný elektron tak nemá vlastní dva stavy podle spinu, ale nachází se ve dvou pozicích vůči jiným elementárním částicím na společné ose z hlediska polohy vzájemných směrů vektorů jejich magnetických momentů. Vůči modelovaným protonům v jádře atomu při dodržení stejného směru pohybu/rotace elektrického náboje jsou jejich vektory magnetických momentů v antiparalelním postavení (obr. 15). Důsledkem tohoto antiparalelního postavení jejich magnetických momentů vznikají vzájemné magnetické síly - v tomto případě odpudivé síly mezi modelem protonu a elektronu.

V těchto dvou pozicích existuje elektron ve dvou podobách podle spinu „nahoru“ nebo „dolů“, ale vhodnější by bylo popsat tyto stavy podle vektoru magnetického momentu elektronu vůči vektoru magnetického momentu protonu v postavení k sobě (in), nebo od sebe (out) se stejnou energií, [1].

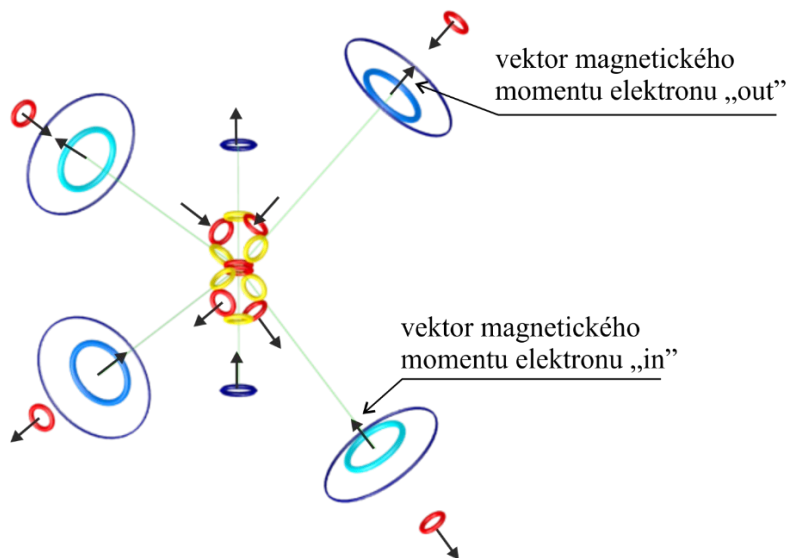


Obr. 15. Model atomu vodíku s postavením vektorů magnetických momentů elektronu vůči protonu v pozici k sobě a) a od sebe b)

Přesto na základě struktury jádra atomu dostáváme elektrony ve dvou stavech, které jsou však způsobeny postavením vektorů jejich magnetických momentů vůči protonům umístěným v jádře atomu [1]. Struktura jádra atomu tak určuje orientaci magnetických momentů elektronů (obr. 16, 17).



Obr. 16. Schéma orientace vektorů magnetických momentů protonů modelu jádra atomu uhlíku

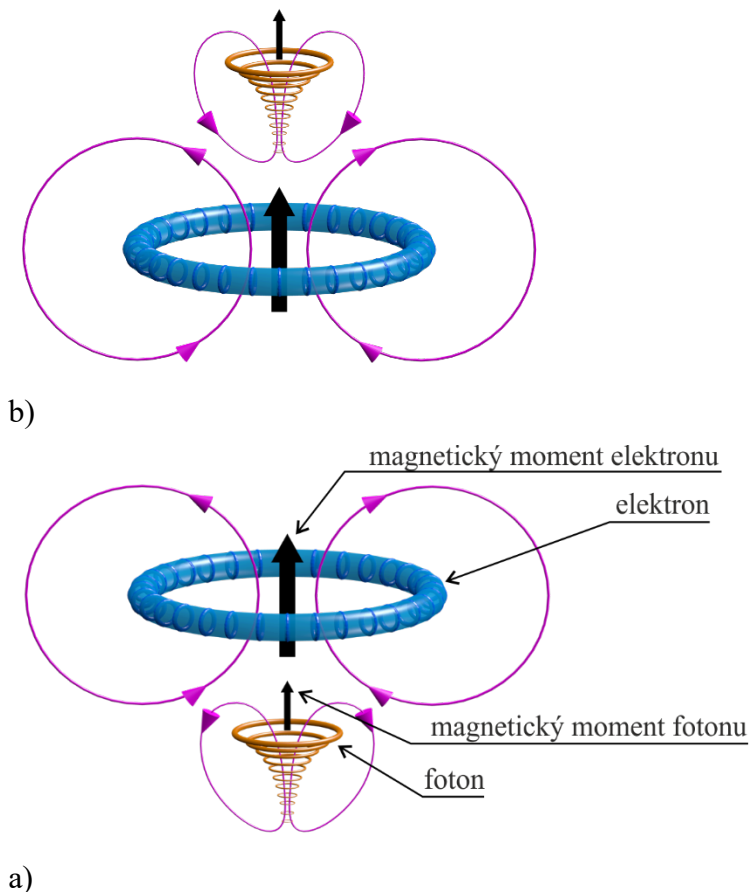


Obr. 17. Schéma opačné orientace vektorů magnetických momentů elektronů proti vektorům magnetických momentů protonů jádra modelu molekuly metanu

Autoři RT zatím detailně neřešili děj, který probíhá při setkání modelu fotonu s modelem elektronu v okamžiku jeho absorpce. V RT se nevyhodnocuje jako parametr explicitního děje pouze energie. Foton jako částice popsaná v RT, má také kmitočet, vlnovou délku, hybnost, polarizaci, elektrické a magnetické pole, a také magnetický moment. A právě magnetický moment by mohl pomoci při objasnění jevu **štěpení spektrálních čar**.

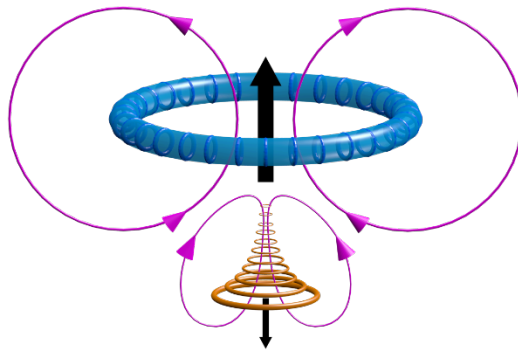
Podle RT můžeme přijmout hypotézu, že foton se skládá ze stejných podstruktur jako elektron a má nenulový magnetický moment, jehož vektor je shodný se směrem jeho pohybu [1]. Potom existují dva způsoby, kterými může v RT foton interagovat s elektronem.

V prvním případě se přiblíží foton k elektronu tak, že jejich vektory magnetických momentů jsou paralelní (obr. 18a). Nehomogenní magnetické pole elektronu bude působit na prstence fotonu souhlasně s magnetickým polem fotonu výslednou střední hodnotou přitažlivé síly, což způsobí navýšení energie fotonu a zkrácení jeho vlnové délky. Jedná se o podobný jev, který nastává při Dopplerově efektu přibližování objektu k měřenému vztažnému místu, proto foton zdánlivě „modrá“ [14]. Protože v našem modelu však elektron absorbuje jen foton o přesné vlnové délce $\lambda_{ph,0}$, musí být původní vlnová délka přicházejícího fotonu $\lambda_{prh,1}$ delší, než vlnová délka fotonu absorbovaného $\lambda_{ph,1} > \lambda_{ph,0}$. Po absorpci RT modelu fotonu dojde ke zvětšení poloměru modelu elektronu a jeho vzdálení od jádra atomu na vyšší energetickou úroveň. Po krátkém časovém intervalu Δt_{ph-e} dojde podle RT k uvolnění fotonu z elektronu. Emitovaný modelovaný foton opouští elektron ve stejném směru jako při absorpci, to znamená, že vektory jejich magnetických momentů jsou paralelní (obr. 18b). Při vzdalování fotonu podle RT od elektronu dochází přitažlivou magnetickou silou elektronu na prstence fotonu ke zmenšení energie fotonu a tím k prodloužení jeho vlnové délky z $\lambda_{ph,0}$ na původní vlnovou délku přicházejícího fotonu $\lambda_{ph,1}$. Emitující foton změnou své vlnové délky posune charakteristickou frekvenci- „červená“.

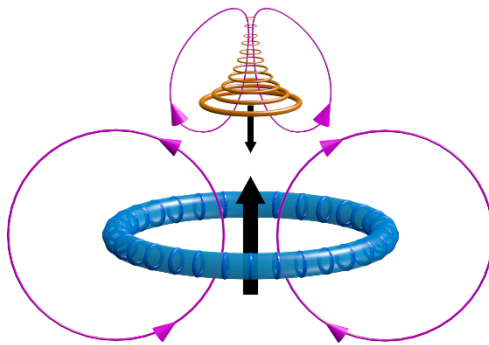


Obr. 18. Přicházející foton a) bude mít menší energii a delší vlnovou délku než λ_0

Ve druhém případě podle RT přichází modelovaný foton k modelu elektronu ze směru, ve kterém jsou jejich vektory magnetických momentů antiparalelní (in, out). Tento případ je opačný, než v předchozím případě (obr. 19a). Výsledné magnetické pole v modelu elektronu bude působit odpudivou silou na model prstence fotonu, a to proti magnetickému poli fotonu. Dojde tedy ke zmenšení jeho energie a prodloužení jeho vlnové délky $\lambda_{ph,2} < \lambda_{ph,0}$ a frekvence modelu fotonu se sníží- „zčervená“. Při emisi opouští modelovaný foton prostor modelu elektronu v původním směru s magnetickým momentem v antiparalelním postavení vůči magnetickému momentu protonu. Při vzdalování modelu fotonu od elektronu dojde vlivem odpudivé magnetické síly ke zvýšení jeho energie, což má za následek zkrácení jeho vlnové délky $\lambda_{ph,2}$ a foton změní svoji frekvenci - „zmodrá“ jako například u Dopplerova jevu při přibližování hvězdy k pozorovateli [14] (obr. 19b)). Elektron přitom vždy dostane foton požadované vlnové délky $\lambda_{ph,0}$ a odevzdá foton stejné vlnové délky $\lambda_{ph,2}$, jaký přijal před jeho absorpcí.



b)



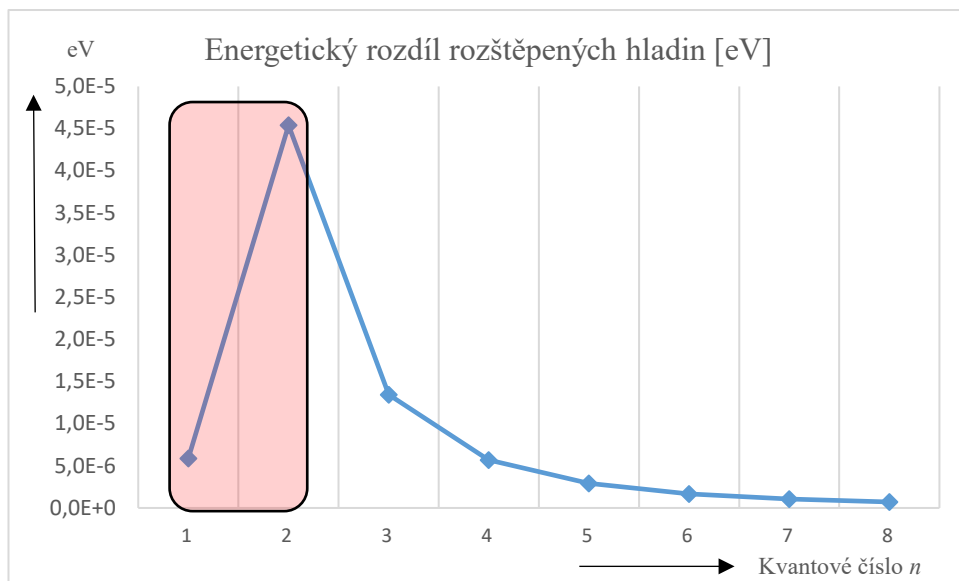
a)

Obr. 19. Přicházející foton a) bude mít větší energii a kratší vlnovou délku než λ_0

Pro vnějšího pozorovatele to znamená, že může při absorpci a emisi, podle RT, registrovat dva rozdílné fotony o vlnové délce $\lambda_{ph,1} > \lambda_{ph,2}$. Podle RT je to dáno tím, že elektron má pouze jeden směr vektoru magnetického momentu, jak bylo ukázáno výše, a foton může přicházet buď v paralelním nebo antiparalelním směru s vektorem magnetického momentu elektronu. Z tabulky 1 a grafu (obr. 13) vyplývá, že čím větší energii má excitační foton, tím je rozdíl vlnových délek mezi rozštěpenými čarami menší. V RT je to dáno tím, že foton s větší energií je méně ovlivňován magnetickým polem elektronu v základním stavu.

Z výše uvedené hypotézy podle RT vidíme, že absorbovaná energie elektronem se nemění od energie vypočítané a nedochází k žádnému rozštěpení energií elektronu a vzniku dvou různých elektronů s různou energií. Existují pouze dvě rozdílné vlnové délky absorpčních a emisních fotonů, které jsme schopni registrovat a změřit.

Z následujícího grafu rozdílů energií v RT mezi rozštěpenými hladinami atomu vodíku H (obr. 20) vidíme, že ačkoliv se struktura atomu a elektronu nijak nemění, přesto hyperjemné rozštěpení na první energetické úrovni nezapadá do systému grafu jemné struktury a je zřejmě způsobeno jiným procesem.



Obr. 20. Graf rozdílů energií mezi rozštěpenými hladinami se vzrůstajícím hlavním kvantovým číslem n u atomu vodíku H (hyperjemné štěpení na hladině $n=1$)

5. Závěr

Závěrem výše uvedené hypotézy podle RT vzniku hyperjemného a jemného štěpení spektrálních čar můžeme konstatovat, že k objasnění tohoto jevu není, na rozdíl od jiných hypotéz, potřeba zavádět a využívat virtuálně zavedený spin elektronu. Nově uvažovaný deterministický strukturální model hmoty – RT vzhledem k limitním možnostem modelu atomu podle Bohra s fenoménem entropie – stochastickým chápáním jevů a dějů může pomoci koncepčně řešit jevy a stavy hmoty nanověd a to experimenty prokázanými efekty. Lze tedy nahradit kvantově mechanické a mechanistické představy struktury hmoty modelem atomu podle RT a dále využít makro, mikro skopicky budované modely elektromagnetických polí, jak byly dříve publikovány [6].

Vysvětlení jevu hyperjemného štěpení na základě změny orientace spinu elektronu podle kvantové mechaniky je velmi sporné a nekonceptní, a v důsledném přístupu k modelu by vedlo k zániku atomu vodíku.

6. Literatura

[1] Werner, P. (2017), *Základy modelování prstencové struktury elementárních částic*. VUT ISBN 978-80-214-5620-4., <https://www.ringtheory.eu>

[2] <https://www.treking.cz/astronomie/oblasti-h1.htm>

[3] NIST Atomic Spectra Database Lines Form: <https://www.nist.gov/pml/atomic-spectra-database>

[4] Zamastil, J., Benda, J. (2016), *Kvantová mechanika a elektrodynamika*, Univerzita Karlova v Praze, 2016.

- [5] <https://www.cv.nrao.edu/course/astr534/HILine.html>
- [6] J. A. Stratton, (1941), *Electromagnetic Theory*, McGraw-Hill, Boston, 1941
- [7] <http://www-ucjf.troja.mff.cuni.cz/~horejsi/popular/smodel.pdf>
- [8] Turner Michael, (2008), *Skrytá látka a skrytá energie ve vesmíru*, ISSN 1214-4029, 2008
- [9] Judd D. Bowman, Alan E. E. Rogers et al.: *An absorption profile centred at 78 megahertz in the sky-averaged spectrum*; Nature volume 555, pages 67–70 (01 March 2018)
- [10] Julian B. Muñoz, Abraham Loeb: *A small amount of mini-charged dark matter could cool the baryons in the early Universe*; Nature, Vol. 557, 31 May 2018
- [11] Julian B. Muñoz, Abraham Loeb: *Insights on Dark Matter from Hydrogen during Cosmic Dawn*; arXiv:1802.10094 [astro-ph.CO], 26 Mar 2018
- [12] https://physics.tau.ac.il/profile/barkana#anchor_general_info
- [13] Robert N. Cahn, Gerson Goldhaber (2009), *The Experimental Foundations of Particle Physics*, isbn: 9780521521475, July 2009
- [14] Possel Markus, (2017). *"Waves, motion and frequency: the Doppler effect"*. Einstein Online, Vol. 5. Max Planck Institute for Gravitational Physics, Potsdam, Germany. 2017.
- [15] Brian Greene, (2001), *Elegantní vesmír. Superstruny, skryté rozměry a hledání finální teorie*, Mladá fronta, Praha 2001, ISBN 80-204-0882-7
- [16] R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands: *Feynmanovy přednášky z fyziky 1;2;3*. Havlíčkův Brod, Fragment, 2000; 2001; 2002
- [17] <http://www-pdg.lbl.gov/>
- [18] <https://physics.nist.gov/cuu/index.html>