

Balmerova série vodíku

Adéla A. Mládková¹, Fabián Bodnár², Daniel Vlk³, Kristína Júlia Jarinová⁴

AG Štěpánská, a.mladek@email.cz¹

Gymnázium Kadaň, fabian.bodnar@seznam.cz²

Masarykovo gymnázium, daniel.vlk@gypri.cz³

Športové gymnázium Banská Bystrica, kristina.jarinova1@gmail.com⁴

Abstrakt

Vodík je nejrozšířenějším prvkem ve vesmíru a zároveň nejjednodušším - skládá se z jediného elektronu a jádra s jedním protonem. Výskyt vodíku ve vesmíru (ve hvězdách nebo mlhovinách) je často doprovázen emisemi, přičemž čtyři spektrální čáry náleží do oblasti viditelné lidským okem - ty se nazývají Balmerova série (červená, azurová, modrá (modrofialová) a fialová čára). Jejich vlnové délky lze nejen změřit, ale i vypočítat, dokonce bez použití moderní kvantové teorie, vychází-li se například z modelu elektronu vázaného jako stojatou vlnu na kruhovou orbitu, tzv. Bohrova modelu atomu. Podle něj může atom vodíku existovat jen v některých stavech a přechodem mezi nimi dochází k vyzáření (nebo naopak pohlcení) záření. Vyčíslování zjednodušuje převod do vhodných atomových jednotek. Vodíkové spektrum lze měřit i laboratorně v regulovaných podmínkách - z odchylek astronomických měření od pozemských lze pak usuzovat na velikosti magnetických polí ve vesmíru, jiná izotopová složení, expanzi vesmíru apod. Většinová shoda ovšem potvrzuje, že chemická struktura látky v dalekém vesmíru a fyzikální zákony tamtéž odpovídají pozemským.

Úvod

Balmerova série jsou čtyři lidským okem viditelné emisní spektrální čáry vodíku. Hodnotu vlnové délky lze vypočítat v teoretickém (Bohrově) modelu a naměřit například s pomocí výbojky a mřížky. Porovnáním obou hodnot můžeme ověřit představy o vlnově částicové povaze světla i atomů. Pro nejpřesnější výsledky je vhodné kalibrovat mřížku pomocí jiné výbojky se známými vlnovými délkami.

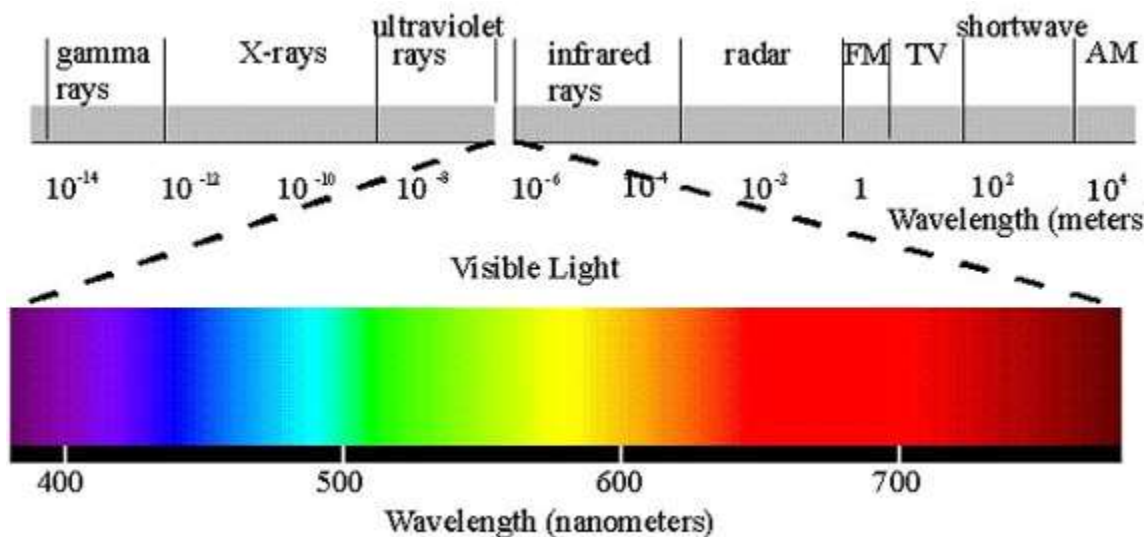
Teoreticky

Barva

Barva vzniká dvěma způsoby. Buď tím, že je objekt ozářen vnějším zdrojem světla, anebo že objekt sám vyzáruje barvu (s ohledem na chemické složení/s ohledem na teplotu).

Jednotka vlnové délky je nanometr nm, který se dají pomocí Einstein-Planckova vztahu převést na elektronvolty eV.

Barvy rozdělujeme např. na lidskému oko viditelné a neviditelné. Lidské oko vnímá elektromagnetické záření přibližně v intervalu od 380 do 750 nm. Pod hodnotou 380 nm se nachází námi neviditelné ultrafialové a nad 750 nm infračervené světlo.



Mezi barvy námi viditelné patří barvy základní (např. červená, zelená a modrá) a barvy doplňkové, které jsou složené ze základních barev. Každá základní barva k sobě má barvu doplňkovou, se kterou se skládá do bílého světla.

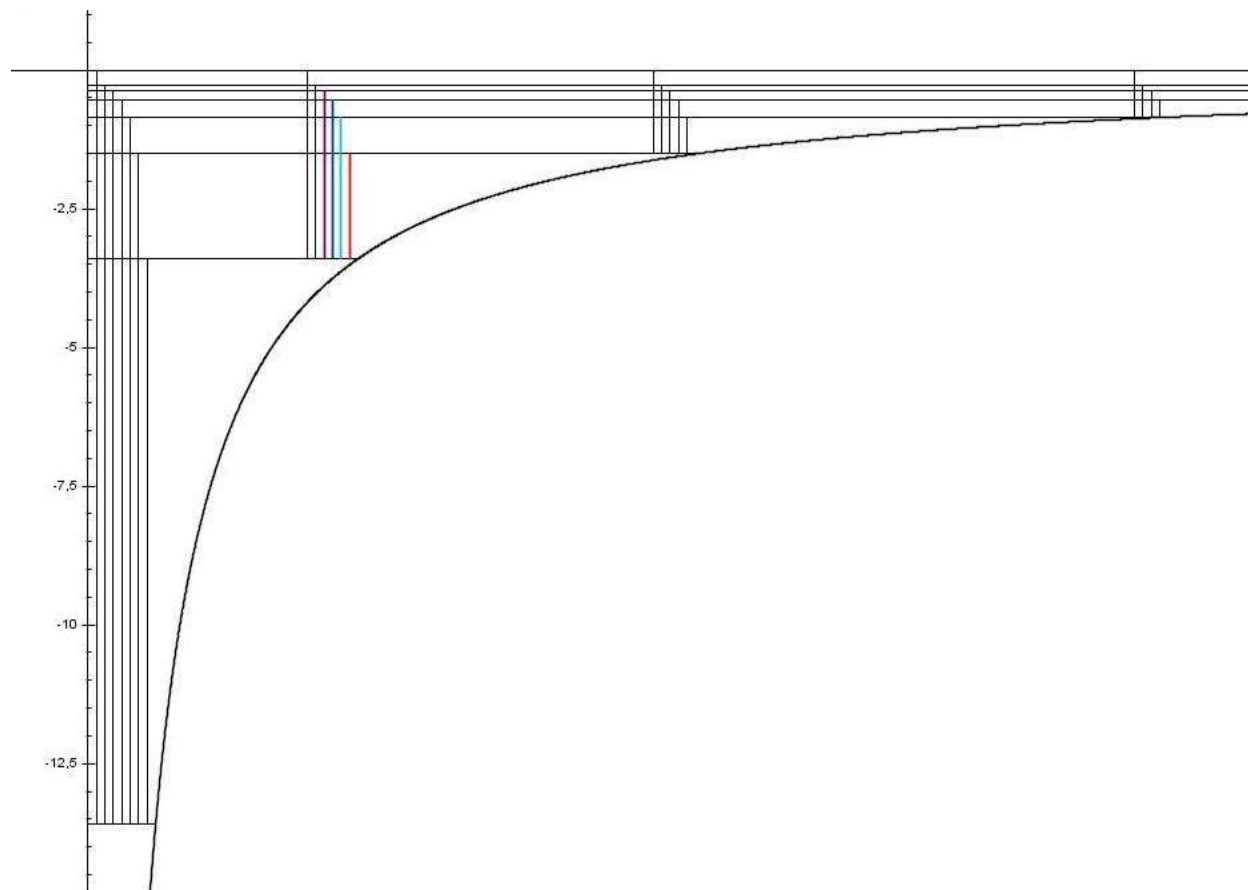
Fotony

Foton je kvantum energie světla s dualistickým charakterem, má tedy vlastnosti jak částice, tak vlnění. Mají danou energii (částicová vlastnost) a vlnovou délku (vlnová vlastnost). Charakter lze pozorovat například při 1 a 2 štěrbinovém experimentu (kruh a interferenční obrazce), stínu, interakci s látkou.

Balmerova série

Atomární (nikoliv molekulární) vodík je nejčastější látka ve vesmíru a atom vodíku je nejjednodušší chemická látka - má jen jeden elektron a jedno jádro (proton a popřípadě několik neutronů). Vnitřní strukturu atomu vodíku lze modelovat i bez moderní kvantové teorie (tzv. „semiklasický“), a sice tzv. Bohrovým modelem atomu, kdy předpokládáme, že elektron je stojatá vlna navázaná na kruhovou orbitu - každá orbita představuje ostře vymezené povolené stavy, mezi nimiž může atom/elektron přeskokovat za současného vyzáření nebo pohlcení rovněž ostře vymezeného kvanta záření - fotonu -, jehož energie je rovna rozdílu mezi hladinami. Tento model je použitelný například i pro některé konjugované organické molekuly.

Díky Balmerově sérii lze zjistit množství energie které atom vyzáří při přechodu elektronu z vyšších do nižších orbitalů atomu vodíku.

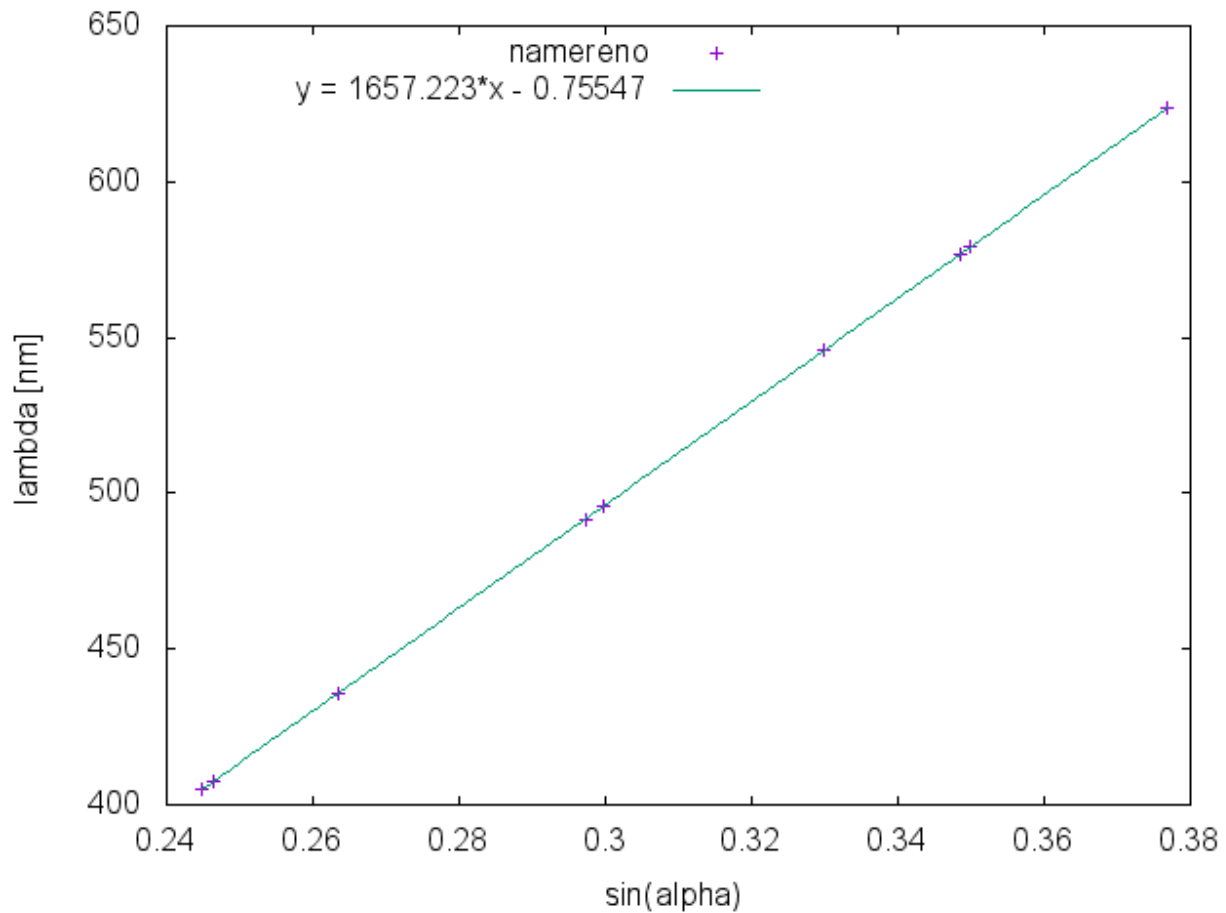


Křivka potenciální energie E_p vodíku a spektrální čáry

Měření

V laboratoři jsme nejprve pracovali se rtuťovou výbojkou, u níž jsme již předem znali vlnové délky spektrálních čar a poté jsme změřili úhly difrakce spektrálních čar. Diagram vlnové délky oproti sinu těchto úhlů jsme metodou nejmenších čtverců proložili přímkou podle vztahu výše, čímž jsme mřížku zkalibrovali (zjistili její mřížkovou konstantu - asi 605 vrypů na milimetr) a do takto nakalibrovaného vztahu dosazovali úhly měřené s vodíkem, čímž jsme automaticky dostávali naměřené vlnové délky vodíku. Dále jsme porovnávali naše naměřené hodnoty tří spektrálních čar s tabulkovými hodnotami.

	Difrakce vlevo		Difrakce vpravo		Polovina	radiány	sin	měření	tabulky	výpočet
Modrá	184° 38' 19"	184,639	154° 14' 42"	154,245	15,1968	0,26523	0,26214	4 336 613	434	433,9
Azurová	186° 02' 10"	186,036	152° 21' 16"	152,354	16,8408	0,29393	0,28971	4 793 651	486,1	486
Červená	192° 50' 07"	192,835	146° 06' 26"	146,107	23,364	0,40778	0,39657	6 564 521	656,3	656,1



Závěr

U dvou ze tří spektrálních čar se námi vypočtené naměřené a tabulkové hodnoty lišily až na čtvrté platné číslici. Úloha je zajímavý a názorný úvod do studia fyziky mikrosvěta.

Poděkování

Celý tým děkujeme vedoucímu projektu Ing. Michalu Špačkovi a fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT za možnost účastnit se Týdnu vědy.

Zdroje, reference

<https://californialightworks.com/light-spectrum-and-plant-growth/>

