Identifikace absorpčních čar ve slunečním spektru

Seminární práce na téma „Pracovní list“
Pavel Daniel, Gymnázium Ch. Dopplera, 2004

Informace pro učitele

Cíle:
Cílem cvičení je seznámení se slunečním spektrem a jeho vypovídací hodnotou. Studenti si vyzkouší, jak se zpracovávají výsledky ze spektroskopických měření.

Dovednosti:
- základní znalosti z kvantové fyziky (emisní a absorpční spektra, model atomu)
- schopnost měřit pravítkem

Pomůcky:
- pravítko (většina studentů SŠ jím nedisponuje, doporučuji přinést několik k zapůjčení)
- kalkulačka

Fyzikální podstata:
Fyzikální příčinou absorpčních čar je pohlcení záření o určitých vlnových délkách sluneční atmosférou. Elektrony v atomech atmosféry totiž mohou přijmout jen určité kvantum energie odpovídající frekvenci podle rovnice $\Delta E = h \cdot f$, kde h je Planckova konstanta a ΔE rozdíl energií dvou energetických hladin elektronů. Elektron se při dopadu fotonu o odpovídající energii vybudí do vyšší energetické hladiny. Potom se sice vrátí do původní, přičemž se foton znovu vyzáří, ale pravděpodobnost, že směr vyzářeného bude mít směr dopadlého je tak malá, že při spektrálním rozkladu vznikne tmavá čára.

Jak na to:
Studenti dostanou pracovní listy. Každý obsahuje obrázek zachycený spektrografem zkoumajícím Slunce. V první části práce se naučí s obrázkem pracovat. V druhé části určí vlnové délky a porovnají je s přiloženou tabulkou, která obsahuje čáry různých prvků, jak byly změřeny na Zemi v laboratoři. Nakonec by měli být schopni určit několik prvků vyskytujících se ve sluneční atmosféře.

Další nápady:
Nechte studenty přesvědčit se o „vzhledu“ slunečního spektra pomocí spektroskopu. Spektroskop lze použít i bez přímé viditelnosti Slunce, stačí ho namířit na světlou oblohu. Měření porovnejte se spektrem žárovky, které žádné čáry neobsahuje a je celé spojité.

Pracovní list studenta
Identifikace absorpčních čar ve slunečním spektru

Absorpční čáry ve slunečním spektru byly poprvé pozorovány počátkem 18. století. První, kdo je popsal byl Joseph von Fraunhofer. Neznal jejich příčinu, ale nalezl v nich praktické využití jako standardy vlnových délek pro určování vlastností čoček a hranolů, jimiž se zabýval. Čáry, které viděl, popsal několika prvními písmeny abecedy. Toto označení se užívá dodnes.

Pozorované absorpční čáry odpovídají emisním čarám zkoumaným v pozemských laboratořích. Každému atomu a iontu odpovídají určité čáry, čehož lze využít při určování složení plynu podle čar.

Vaším úkolem bude určit složení atmosféry Slunce na základě výsledků spektroskopického měření slunečního záření. Pozorované čáry jsou zachyceny na obrázku č.1.

Úkoly

Část A: Určit měřítko obrázku (doplnit tabulku 2)

1. Na obrázku spektra (obr. č. 1) změřte v milimetrech vzdálenost dvou vzdálených známých čar z tabulky 2 (vzdálenost na papíře).
2. Spočítejte rozdíl vlnových délek v nanometrech za použití tabulky 1.
3. Vydělte rozdíl vlnových délek vzdáleností v milimetrech. Získáte převodní koeficient (počet nm na mm).
4. Zprůměrujte vypočítané koeficienty.

Tabulka 1 – Známé čáry

Označení čáry	Vlnová délka (nm)	Původce (atom nebo iont)
A	759.4	pozemský kyslík
B	686.7	pozemský kyslík
C	656.3	vodík (H)
D_1	589.6	sodík (Na I)
D_2	589.0	sodík (Na I)
E	527.0	železo (Fe I)
F	486.1	vodík
H	396.8	ionizovaný vápník (Ca II)
K	393.4	ionizovaný vápník (Ca II)

(Ca II značí vápník s jedním ztraceným elektronem)

Část B: Určit vlnové délky „neznámých čar“ (doplnění tabulky 3)

1. Zvolte si jednu známou čáru jako výchozí. (Např. K na 393.4nm). Doplňte její název a vlnovou délku do tabulky.
2. Změřte vzdálenost zkoumané neznámé čáry od výchozí.
3. Podle převodního koeficientu spočítejte jejich rozdíl vlnových délek.
4. Přičtěte spočtený rozdíl k vlnové délce výchozí čáry, výsledek je vlnová délka zkoumané čáry.
5. Podle tabulky 4 doplňte k čarám jejich původce, tedy atom či iont, který je způsobuje. Stačí vyplnit prvek, nemusíte uvádět, jestli se jedná o iont.

Tabulka 2 – Určení převodního koeficientu

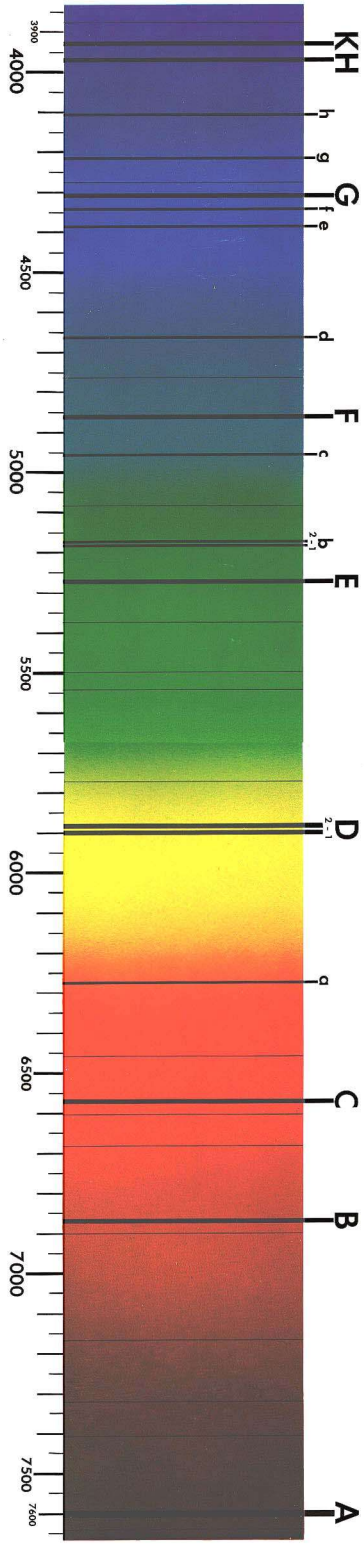
Čáry	Vzdálenost (mm)	Rozdíl vlnových délek (nm)	Převodní koeficient
K – F			
H – E			
F – C			
K – D_2			
			Průměr: nm/mm

Tabulka 3 – Identifikace „neznámých čar“

Název čáry	Vzdálenost od výchozí (mm)	Rozdíl vlnových délek (nm)	Spočtená vlnová délka (nm)	Původce
výchozí:	0	0		
a				
b_1				
b_2				
c				
d				
e				
f				
g				
h				

Tabulka 4 – Prvky příslušející k čarám (I značí atom, II jeden ztracený elektron)

Vlnová délka (nm)	**Šířka čáry (nm)**	**Prvek**
393.3682	2.0253	Ca II
394.4016	0.0488	Al I
396.1535	0.0621	Al I
396.8492	1.5467	Ca II
404.5825	0.1174	Fe I
406.3605	0.0787	Fe I
407.1749	0.0723	Fe I
407.7724	0.0428	Sr II
410.1748	0.3133	**H**
413.2067	0.0404	Fe I
414.3878	0.0466	Fe I
416.7277	0.0200	Mg I
420.2040	0.0326	Fe I
422.6740	0.1476	Ca I
423.5949	0.0385	Fe I
425.0130	0.0342	Fe I
425.0797	0.0400	Fe I
425.4346	0.0393	Cr I
426.0486	0.0595	Fe I
427.1774	0.0756	Fe I
432.5775	0.0793	Fe I
434.0475	0.2855	**H**
438.3557	0.1008	Fe I

Vlnová délka (nm)	**Šířka čáry (nm)**	**Prvek**
440.4761	0.0898	Fe I
441.5135	0.0417	Fe I
452.8627	0.0275	Fe I
455.4036	0.0159	Ba II
470.3003	0.0326	Mg I
486.1342	0.3680	**H**
489.1502	0.0312	Fe I
492.0514	0.0471	Fe I
495.7613	0.0696	Fe I
516.7327	0.0935	Mg I
517.2698	0.1259	Mg I
518.3619	0.1584	Mg I
525.0216	0.0062	Fe I
526.9550	0.0478	Fe I
532.8051	0.0375	Fe I
552.8418	0.0293	Mg I
588.9973	0.0752	Na I (D_2)
589.5940	0.0564	Na I (D_1)
610.2727	0.0135	Ca I
612.2226	0.0222	Ca I
616.2180	0.0222	Ca I
630.2499	0.0083	Fe I
656.2808	0.1020	**H**

Obrázek č. 1 – Spektrum Slunce