

DIAFILM

Diafilm ministerstva kultury

JAK ZJIŠŤUJEME

CHEMICKÉ SLOŽENÍ HVĚZD

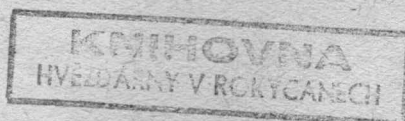
57 obrazů

Autor:

Dr Hubert Slouka

Redaktor:

Jan Polák



1.96-34-0

Jak zjišťujeme chemické složení hvězd.

1.obraz /Willebrod Snell/

Willebrod Snell /1591-1626/, holandský profesor matematiky, zvaný Snellius, objevil roku 1621 optický zákon, později nazvaný zákonem Snelliusovým, který se stal základem všech dalších výzkumů a objevů v optice.

2.obraz /Snelliův zákon/

Snelliův zákon vyjadřuje poměr mezi úhlem dopadu světelného paprsku na rozhraní dvou průhledných prostředí a úhlem lomu. Pro světlo určité barvy, tedy určité vlnové délky, a pro určité prostředí má tento poměr stálou hodnotu, kterou zoveme indexem lomu. O tento zákon se opírá celá astrospektroskopie.

3.obraz /Jan Marek Marci/

Náš vynikající český učenec světového jména Jan Marek Marci /1595 - 1667/, hvězdář, fyzik, matematik, lékař a filozof, byl již před Newtonem na správné cestě, která vedla k objevu spektrálního složení světla.

4.obraz /Titulní list Markova díla "Thaumantia"/

Vc svém slavném díle "Thaumantia" popisuje Marek svůj objev prismatického rozložení bílého světla v barvné složky.

5.obraz /Isaac Newton/

Isaac Newton /1642 - 1727/, zakladatel a tvůrce gravitační teorie, objevil pokusně rozklad světla skloněným hranolem v barevné spektrum a jev správně vysvětlil. Tak vytvořil základy spektroskopie.

6.obraz /Newtonův pokus/

Jednoduchý Newtonův pokus můžeme snadno opakovat, když necháme skleněným hranolem procházet sluneční světlo dopadající z úzké štěrbině a spektrum zachytíme na bílé stínítko.

7.obraz /Josef Fraunhofer/

Pravým otcem moderní spektroskopie se však stal teprve německý fyzik Josef Fraunhofer /1787 - 1826/, syn prostého sklenáře. Konal mnoho pokusů a věnoval se výzkumu slunečního spektra.

8.obraz /Původní Fraunhoferovo spektrum/

Původní Fraunhoferovo spektrum, z kterého poznal, že barevná stupnice probíhající od barvy fialové přes modrou, zelenou, žlutou, oranžovou až k barvě červené obsahuje tmavé čáry, jichž napočítal 576 a jejichž polohy ve spektru přesně zněřil.

9.obraz /Sluneční spektrum/

Fyzik Gustav Kirchhoff /1824 - 1896/ vysvětlil vznik těchto tmavých čar ve sp

spektru. Slunce. Ukázal, že Slunce jako žhavá plynná koule vyzařuje spojitou stupnici barev jako spojité spektrum. Protože je však Slunce obklopeno chladnější atmosférou řídkých plynů, t.zv. obračející vrstvou, pohlcuje tato vrstva určité barvy a místo nich vznikají temná místa ve spektru, t.zv. čáry Fraunhoferovy.

10.obraz /Pokus se svíčkou/

Jednoduchým pokusem můžeme pozorovat spojité spektrum světla svíčky. Vosk svíčky se teplem roztaví a stoupá koutem vzhůru. Zde se mění v plyny, které hoří. Uhlík, který je rozžhavený až shoří, dává plamenu viditelné světlo.

11.obraz /Spojité spektrum/

Zkoumáme světlo svíčky spektroskopem a uvidíme spojité spektrum nepřerušované žádnými temnými čarami jako spektrum sluneční.

12.obraz /Vznik spojitého spektra/

Rozcizáváme různá spektra, která jsou charakteristická pro různé světelné zdroje. Podobně jako světlo svíčky dává i světlo žárovky a světlo rozžhavených kovů spektrum spojité

13.obraz /Vznik emisního spektra/

Spektrum nespojité, charakterizované čarami emisními, dávají zářící plyny

Spektrum tohoto druhu zoveme spektrem emisním.

14.obraz /Vznik spojitého spektra s absorpčními čarami/

Spojité spektrum přerušované absorpčními čarami a pásy vzniká, když světlo zářícího zdroje prochází vrstvou plynu, jež obklopuje zdroj. Tato vrstva plynu by sama o sobě dávala jasné čárové spektrum; je-li však chladnější než zářící zdroj, jehož světlo jím prochází, jeví se čáry temné na spojitém jasném podkladu.

15.obraz /Sluneční spektrum/

Nejlepším příkladem takového spojitého spektra s absorpčními čarami je spektrum sluneční.

Kirchhoff první vysvětlil, že temné absorpční čáry vznikají ve zředěném a chladnějším plynném obalu Slunce, jímž prochází světlo hlubších vrstev větší teploty.

16.obraz /Baňka s vodíkem/

Použijme k našim spektrálním pokusům baňky naplněné zředěným zářícím vodíkem, který je nejrozšířenějším prvkem ve Vesmíru.

17.obraz /Spektrum vodíku/

Spektrum vodíku je spektrum emisní, charakterisované pěti jasnými čarami, čer-

venou, zelenou, modrou a dvěma fialovými. Tyto poslední čáry jsou na hranici viditelnosti, lze je však fotografovat na vhodné fotografické desky.

18.obraz /Stavba atomu vodíku/

Vznik spektra je úzce spojen s vnitřní stavbou atomu. Vodíkový atom je nejjednodušší atom, který existuje. Kolem kladného jádra, t.zv. protonu, krouží jediný záporný elektron a jeho pohyb je jednou z příčin vzniku spektra.

19.obraz /Spektrum lithia/

Spektrum žhavých par lithia má charakteristickou červenou, slabou žlutou a velmi slabou modrou čáru.

20.obraz /Atom lithia/

Atom lithia je již složitější než atom vodíku. Má jádro o třech protonech a čtyřech neutronech. Kolem jádra krouží tři elektrony.

21.obraz /Železný řetěz/

Želcezo je pro člověka jedním z nejužitečnějších prvků. Nedovedeme si náš život bez něho vůbec představit.

22.obraz /Spektrum železa/

Spektrum železa je velmi složité. Známe již více než 5000 čar, které byly vesměs změřeny a katalogisovány.

23.obraz /Katalog a atlas spektra železa/

Katalogy a atlas spektra železa jsou nezbytnou pomůckou jako základní standardy k proměřování jiných spekter.

24.obraz /Spektra caesia, rubidia a thalia/

Poznali jsme, že různé prvky mají různá spektra. Proto jsou spektra velmi užitečným prostředkem k jejich identifikaci. Zde vidíme spektra caesia, rubidia a thalia.

25.obraz /Spektra strontia, vápníku a barya/

Složitější jsou spektra strontia, vápníku a barys.

26.obraz /Spektra kyslíku a dusíku/

Ještě složitější jsou spektra kyslíku a dusíku, která ukazují velký počet charakteristických čar.

27.obraz /Hvězdný spektroskop/

Podobně jako nám slouží laboratorní spektroskop ke zkoumání spekter pozemských látek, slouží hvězdný spektroskop ke zkoumání spekter hvězd.

28.obraz /Schema spektroskopu/

Světelné paprsky ze Slunce nebo z hvězd procházejí několika hranoly, než dospějí do oka pozorovatele nebo na fotografickou desku.

29.obraz /Hvězdný spektrograf/

Hvězdný spektrograf velkých rozměrů nám umožnil poznat hvězdy jako gigantické laboratoře kosmu, v kterých zkoumáme hmotu za krajních podmínek jichž nelze docílit na Zemi.

Širší část spektrografu se připojí k dalekohledu, jím procházejí světelné paprsky do hranolové soustavy /uprostřed diagramu/, kde lze postranním dalekohledem obraz správně justovat, a dále jdou do nakloněné kasety s fotografickou deskou na druhém konci přístroje, kde se spektrum fotografuje.

30.obraz /Průřez objektivem pro fotografování spekter/

K fotografování spekter používáme zvláště světelných objektivů. Průřez jednoho z nich ukazuje obrázek.

31.obraz /Secchiho spektrální třídy hvězd/

Spektrální studium hvězd vedlo již roku 1860 Secchiho /1818-1878/ k roztrídění hvězd ve čtyři skupiny, různící se svými spektry.

32.obraz /Diagram/

Dnes však již známe asi padesát různých více nebo méně se navzájem lišících druhů spekter hvězd, z nichž hlavní označujeme písmeny B A F G K M. Percentuální početnost hvězd v těchto spektrálních skupinách ukazuje diagram.

33.obraz /Výsek spektrální mapy nebe/

Asi čtvrt milionu hvězd sloužilo k roz-
třídění hvězdných spekter. Máme kata-
logy a mapy, které umožňují spektrum
kterékoliv jasnější hvězdy snadno zjis-
tit.

34.obraz /Hvězdy Rigel a Antares/

Spektra hvězd jsou v úzkém vztahu k bar-
vám hvězd a tyto barvy hvězd jsou zce-
la závislé na teplotě jejich povrchu.
Červené hvězdy mají teplotu kolem 3000° ,
žluté kolem 6000° , bílé kolem $10\ 000^{\circ}$
a modré kolem $30\ 000^{\circ}$ - $50\ 000^{\circ}$. Bílá
hvězda na obrázku je Rigel v souhvězdí
Oriona, červená Antares ve Štíru.

35.obraz /Modré hvězdy spektrálního typu B/

Hvězdy o největší povrchové teplotě
 $30\ 000^{\circ}$ - $50\ 000^{\circ}$ září jasně modravým
světlem a v jejich spektru se ukazuje
malý počet čar vodíku a helia. Jsou to
modré hvězdy spektrálního typu B. Pří-
kladem je hvězda gama v Cassiopeji.

36.obraz /Bílé hvězdy spektrálního typu A/

Bílé hvězdy spektrálního typu A o povr-
chové teplotě $16\ 000^{\circ}$ - $20\ 000^{\circ}$ ukazu-
jí ve svém spektru široké pásy vodíku.
Typickým příkladem tohoto druhu hvězd
je nejjasnější hvězda nebe, Sirius.

37.obraz /Žlutobílé hvězdy typu F/

Žlutobílé hvězdy typu F mají povrchovou teplotu 10 000°, vodíkové čáry ztrácejí na intenzitě a začínají se objevovat čáry kovové. Příkladem jsou hvězdy Procyon v Malém Psu a Canopus, druhá nejjasnější hvězda nebe.

38.obraz /Žluté hvězdy typu G/

Žluté hvězdy typu G o povrchové teplotě 6000° - 7000° mají spektrum s početnými kovovými čarami. K nim patří Slunce a Capella ve Vozkovi.

39.obraz /Žluté a žlutěoranžové hvězdy spektrálního typu K/

Žluté až žlutěoranžové hvězdy spektrálního typu K o povrchové teplotě 4000° mají ve svých spektrech početné kovové čáry o ještě větší intenzitě než hvězdy typu G a začínají ukazovat absorpční pásy molekulární. Příkladem jsou Arkturus ve Bootu a Aldebaran v Býku.

40.obraz /Červené hvězdy typu M/

Červené hvězdy typu M mají povrchovou teplotu kolem 3000° a jejich spektrum označujeme M. Obsahuje velký počet absorpčních pásů molekulárních, způsobených sloučeninami kyslíku a uhlíku. Fialová část jejich spektra je velmi slabá. Příkladem jsou hvězdy obří Betelgeuze v Orionu a Antares ve Štíru.

41.obraz /Spektrální čáry různých spekter hvězd/

Dříve se domnívali hvězdáři, že intenzita čar ve spektrech hvězd závisí na množství různých prvků, jež jsou v nich obsaženy. Dnes víme, že složení všech hvězd je zhruba stejné. Spektrální čáry se vyskytují slaběji nebo silněji pouze v závislosti na teplotě hvězd a s klesající teplotou vzrůstá počet čar.

42.obraz /Velké spektrum Slunce/

Ze všech hvězdných spekter známe nejlépe spektrum nejbližší hvězdy, našeho Slunce. Slunce je obrovská plynná koule o povrchové teplotě 6000° a spektrálního typu G.

43.obraz /Důležité čáry ve slunečním spektru/

Sluneční spektrum bylo podrobně zkoumáno a polohy 22 000 čar byly změřeny a katalogisovány. Tak bylo na př. nalezeno ve slunečním spektru 3288 čar železa, 1028 čar chromu a pod. Z 92 prvků známých na Zemi bylo až dosud na Slunci zjištěno šestašedesát.

Prvek $h e l i u m$ byl po prvé nalezen na Slunci již roku 1868 při úplném zatmění Slunce, kdy se projevil v bleskovém spektru jako žlutá čára. Teprve roku 1895 objevil ho Ramsay jako jeden z prvků obsažených také v ovzduší Země a roku 1917 byl nalezen jako složka přírodních plynů unikajících na některých místech ze Země.

44.obraz /Sluneční spektrum ve srovnání se
spektrém kobaltu a železa/

Identifikace různých čar ve spektru Slunce byla provedena porovnáním se spektry známých prvků. Tak nám ukazuje obraz nahoře a dole spektrum Slunce, uprostřed první spektrum náleží kobaltu a pod ním železu. Zřetelně vidíme, jak čáry ve spektrech těchto prvků odpovídají čarám ve spektru Slunce.

45.obraz /Čáry vápníku K a H v ultrafialové
části slunečního spektra/

Velmi důležité jsou pro studium Slunce čáry vápníku K a H v ultrafialové části slunečního spektra, které slouží k zhotovení snímků Slunce ve světle těchto prvků.

46.obraz /Snímek Slunce ve světle vápníku/

Snímek Slunce ve světle vápníku ukazuje zřetelně jasná místa, t.zv. fakule, které se nacházejí v blízkosti oblastí slunečních skvrn. Je to t.zv. spektroheliogram, který ukazuje sluneční povrch ve světle jediného prvku.

47.obraz /Snímek velké protuberance/

Snímky protuberancí, zhotovené ve světle vodíkové čáry H alfa ukazují nám nesmírnou rozlohu vodíkových výbuchů na Slunci, které dosahují výšek statisíce kilometrů.

48.obraz /Úplné zatmění Slunce/

Při úplném zatmění Slunce mají hvězdáři mimořádnou příležitost spektrálně zkoumat nejvyšší vrstvy jeho ovzduší.

49.obraz /Tábor hvězdářů/

Tábor hvězdářů s přístroji k fotografování Slunce a jeho spektra.

50.obraz /Moderní spektrograf/

Moderní spektrograf při pozorování úplného zatmění Slunce.

51.obraz /Bleskové spektrum Slunce/

Tak zvané bleskové spektrum Slunce, získané při zatmění Slunce, je hlavním zdrojem našich vědomostí o nejvyšších vrstvách slunečního ovzduší.

52.obraz /Planeta Jupiter/

Zdokonalení astrospektroskopie vedlo také k spektrálnímu zkoumání planet. Planety svítí odraženým světlem slunečním. Největší z nich je planeta Jupiter o hmotě 318krát větší než Země.

53.obraz /Planeta Saturn/

Planeta Saturn obíhající ve vzdálenosti 1426 milionech kilometrů kolem Slunce, poskytuje se svými zajímavými prstenci uchvatný pohled dalekohledem.

54.obraz /Spektra Jupitera a Saturna/

Spektrální výzkum vedl k poznání existence čpavku a methanu v ovzduší Jupitera a Saturna. Čpavek a methan se projevují absorpčními pásy v jejich spektrech. Obraz ukazuje snímky spektra Saturnova prstence A, Jupitera J, Saturna S a Jupiterova měsíce Ganymeda G. Pásy methanu jsou zřetelně viditelné.

55.obraz /Kometa z roku 1843/

Komety patřily vždy k nejzajímavějším a nejpoutavějším objektům astronomie. Obraz ukazuje kometu z roku 1843.

56.obraz /Spektrum komety/

Spektrální rozbor světla komet ukázal, že komety jsou z velmi zředěných plynů, z nichž jsou zastoupeny zejména sloučeniny vodíku, uhlíku a dusíku. Nepatrná hustota těchto plynů vylučuje jakékoli nebezpečí pro lidstvo z eventuelní srážky Země s nimi.

57.obraz /Mlhoviny kolem hvězd Plejád/

Souhrnně můžeme říci, že nejdůležitějším výsledkem astrospektroskopického výzkumu Vesmíru je poznatek, že ve hvězdách podobně jako ve Slunci, na planetách a kometách a také všude jinde v kosmu nacházíme pouze ty prvky, které jsou známy na Zemi. Z tohoto poznatku vyplývá naprostá jednota hmo-

ty a energie v celé až dosud probádané
části Vesmíru, v kterém žijeme.

K O N E C

F 14311

ČESKOSLOVENSKÝ STÁTNÍ FILM