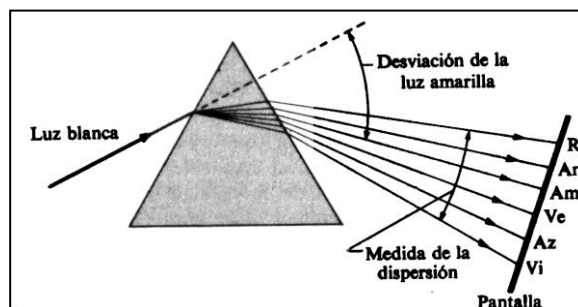
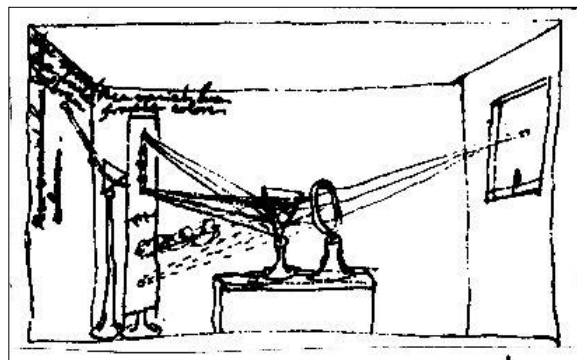


ESPECTROSCÒPIA. LA RECERCA DELS ELEMENTS: Un treball de detectius

A. PISTES EN L'ESPECTRE.

Cap a la dècada de 1850, la persecució dels elements va prendre un tomb molt important gràcies al descobriment d'una nova tècnica, l'espectroscòpia. Això era tornar al vell descobriment de Newton que la llum tenia un espectre de diferents colors. Newton havia separat aquells colors en fer passar la llum blanca a través d'un prisma de vidre, i havia observat que la llum es descomponia en diferents colors, tal com es veu a la figura. L'esquema de colors que resultava s'anomena espectre.



Més tard els químics varen descobrir que les diferents substàncies emetien llum de color diferent en ser escalfades, i que l'espectre obtingut a través del prisma podia servir per identificar la substància que havia emès la llum.

Què és un espectre?

Un espectre és un conjunt de radiacions electromagnètiques que es posen de manifest mitjançant fotografies, gràfics o observacions directes en el cas que la seva freqüència sigui la d'una radiació visible.

Quan es fa passar un feix o un raig de llum blanca a través d'un prisma òptic, les seves radiacions electromagnètiques (llum de diferents colors) que constitueixen la llum blanca se separen i es refracten les unes més que les altres. La llum que surt del prisma, recollida en una pantalla, apareix descomposta en diversos colors: vermell, taronja, groc, verd, blau, violeta. El fenomen rep el nom de dispersió de la llum i el conjunt de radiacions que n'apareix s'anomena **espectre òptic de la llum**. Cada radiació, segons la seva longitud d'ona, presenta diferents desviacions. Dins de l'espectre visible, el vermell és el que menys es desvia i el violeta el que més. Entre les radiacions no visibles l'UV és la més desviada.

1. OBJECTIUS DE L'EXPERIÈNCIA.

Els objectius de l'experiència són:

- Estudiar el descobriment d'alguns elements químics a partir de l'espectroscòpia
- Observar espectres de vapors i gasos i identificar les substàncies que els produeixen.
- Esbrinar mitjançant espectroscòpia la composició qualitativa d'algunes mostres.

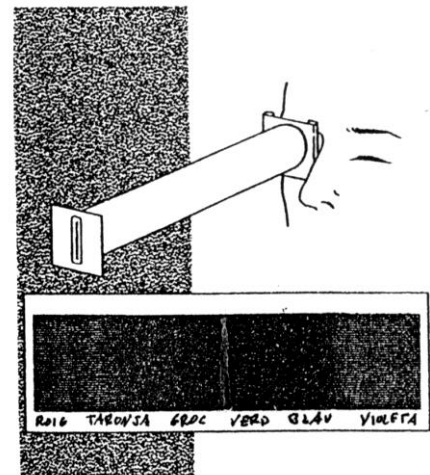
2. EMPREMTES DE COLOR.

L'any 1758, el químic alemany Margraff es va adonar que la sosa (hidròxid de sodi) cremava amb una flama groga, mentre que la potassa (hidròxid de potassi) ho feia amb una de color violat. El 1834, el físic anglès Henry Fox Talbot (un dels inventors de la fotografia), va analitzar la llum emesa per les flames de liti i d'estrónci. Les dues flames semblaven iguals i vermelles, però l'anàlisi a través del prisma va mostrar que els seus espectres eren molt diferents.

L'any 1854 el físic nordamericà David Alter va suggerir que cada element químic tenia el seu propi espectre. Poc després, el 1859, els dos físics alemanys Robert Wilhelm Bunsen i Gustav Robert Kirchhoff varen presentar un nou invent: l'espectroscopi, que permetia distingir clarament entre espectres procedents de diferents elements químics, encara que tinguessin color semblant.

L'espectroscopi es basa en el prisma o un dispositiu similar, i serveix per a l'observació d'un espectre, és a dir, serveix per analitzar la radiació que es dispersa quan travessa l'aparell, i permet obtenir informació de la font que l'ha emès.

L'espectroscopi que farem servir en l'experiència és més pràctic i senzill que els basats en un prisma òptic. Està format per un tub amb una escletxa a un extrem i una xarxa de difracció a l'altre, com es pot veure a la figura.



Activitat 1. Observació de la llum blanca.

Dirigiu l'espectroscopi a la bombeta d'incandescència. Descriviu i dibuixeu allò que observeu.

(Escriviu les activitats en un dossier apart o amb ordinador sobre aquest mateix document)

La xarxa estén tots els colors en una franja que inclou tot l'espectre visible (arc de Sant Martí). La llum blanca que conté tots els colors o freqüències de l'espectre visible forma un **espectre continu**.

Però quan en la llum observada només estan presents alguns colors aquests apareixen com unes línies brillants (imatges de l'obertura), formant un **espectre discontinu**, en el qual es poden observar línies o bandes de determinats colors.

Activitat 2. Observació de la llum groga del Sodi.

La bombeta és una làmpada de sodi com les que hi ha als carrers. Dirigiu l'espectroscopi cap a la làmpada de sodi i feu una descripció del seu espectre.

El que heu observat és una imatge de "primer ordre" del vapor de sodi que ens dona una llum de color groc formada per una línia espectral que si l'espectroscopi té prou poder de resolució (suficient ratlles per mm a la xarxa i l'esclatxa molt ajustada) es desdobla en dues línies grogues amb longituds de $5890 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ i $5896 \cdot 10^{-10} \text{ m}$. Per això diem que la llum del llum de sodi és monocromàtica.

Els gasos excitats a baixa pressió emeten només radiacions d'unes certes freqüències i donen lloc a un espectre d'emissió discontinu característic del gas emissor.

Si poseu clorur de sodi (sal de cuina) sobre un ganivet i el col·loqueu damunt del fogó de gas de casa vostra la flama es veurà groga. Per què?



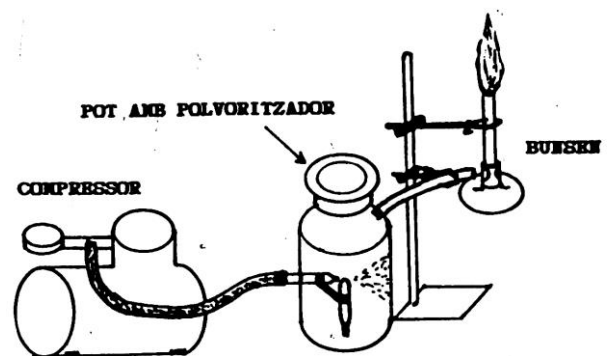
Per fi es disposava d'un mètode ràpid i convenient per identificar a un element, o fins i tot un compost! Cada element, segons esbrinaren Bunsen i Kirchhoff, tenia el seu propi i característic model de línies espectrals, tan distintiu com les empremtes digitals... Només calia escalfar una substància fins a fer-la brillar, mirar després la seva línia espectral a l'espectroscopi, i ja es podia dir, d'un simple cop d'ull, quins elements estaven presents, encara que apareguessin en proporcions molt petites. I el que és més important, es podia descobrir nous elements quan unes empremtes -ratlles- desconegudes apareixien en l'anàlisi espectral d'un mineral o de qualsevol mostra de matèria. Ara, es podia seguir el rastre dels elements desconeguts de manera sistemàtica, en lloc de recórrer a la pura casualitat.

Activitat 3. Observació de la flama del Bunsen.

També es pot observar l'espectre discontinu si mirem amb l'espectroscopi la flama que resulta de vaporitzar algunes sals.

Per a poder mirar amb comoditat l'espectre de diferents flames usarem l'aparell mostrat al dibuix.

El compressor dóna aire al polvoritzador d'efecte Venturi, muntat a l'interior del pot de polietilè i encarat cap a la paret oposada del pot. El polvoritzador produeix un núvol de gotes molt fines de la dissolució de sal que s'introdueix al l'interior del pot. Les gotes són arrossegades per l'aire a través del tub connectat al Bunsen i d'aquesta manera l'aire que rep estarà saturat de vapor de la substància de la que pretenem estudiar l'espectre d'emissió



a. El professor introduirà una dissolució de clorur de sodi dins del pot i posarà el compressor en marxa. Observeu la flama amb l'espectroscopi, feu-ne una descripció i compareu-la amb l'observada en la làmpada de sodi.

b. A continuació observareu l'espectre de l'aigua de Vichy i en fareu una descripció. Quin espectre us recorda?



COMPOSICION ANALITICA (mg/l): Bicarbonatos (CO₃H) 2.013,0. • Por
 Cloruros (Cl) 631,2. • Sulfatos (SO₄) 44,3. • Fluoruros (F) 7,0. • Sodio
 (Na) 1.125,0. • Potasio (K) 51,7. • Lítio (Li) 1,2. • Sílice (SiO₂) 72,0. Em
 Laboratorio Dr. Oliver Rodés. Barcelona, noviembre de 1991. Bar

1000

c. Consulteu l'anàlisi química de l'aigua de Vichy i justifiqueu per què s'assembla el seu espectre amb altres.

d. Mireu ara la flama que resulta si posem aigua Font Vella. Descriviu el seu espectre.

e. Observeu ara la flama que s'obté amb l'aire saturat per la dissolució de diferents sals. (Identifiqueu les principals ratlles espectrals i compareu-ho amb la transparència o projecció que us mostra el professor.)


Clorur de Liti

Clorur d'Estronci

Clorur de Calci


Clorur de Bari

f. Consulteu l'anàlisi química de l'aigua Font Vella i justifiqueu el seu espectre.



Análisis Químico (en mg/l)			
Residuo seco	161,5	Calcio	32,9
Bicarbonatos	131,1	Sodio	10,8
Sulfatos	11,8	Magnesio	6,3
Cloruros	7,6		

Agua mineral natural de mineralización débil.
Lab. Dr. Oliver Badó



Amb experiments semblants al que vosaltres acabeu de realitzar Bunsen i Kirchhoff trobaren ràpidament dos nou elements. En analitzar els vapors d'una aigua mineral descobriren dues línies estranyes, una blava i l'altra roja. La línia blava es va demostrar que pertanyia a un nou metall alcalí, al que nomenaren "cesi" (de la paraula llatina *caesius* que significa "blau"), i la línia roja pertanyia a un metall al que nomenaren "rubidi" (del llatí *rubidus*, ros).

3. MIRANT A LA TERRA I AL CEL AMB L'ESPECTROSCOPI

Els altres químics adoptaren de seguida l'espectroscopi. El mateix any en què es va descobrir el rubidi, William Crookes, d'Anglaterra, va trobar un altre element en algunes sals formades en la fabricació de l'àcid sulfúric. Estava particularment interessat en l'element seleni, però, quan va escalfar aquestes sals i va estudiar la llum a través de l'espectroscopi, va descobrir una nova línia verda que no pertanyia a les línies del seleni. Aquesta línia verda va revelar un nou element, al que Crookes anomenà "tal·li", del vocable grec *thallós*, "branca verda".

A continuació, un físic alemany cec als colors, anomenat Ferdinand Reich, que formava equip amb un químic, Hieronymus Theodor Richter, va afegir un altre element a la llista, l'any 1863. Reich es trobava estudiant un mineral de zinc amb l'espectroscopi quan Richter, que no era cec als colors, va observar una línia de color indi (en castellà "indigo"), que no corresponia a cap línia coneguda. Assignaren a aquest nou element el nom d' "indi".

Mentrestant l'espectroscopi havia estat adoptat per observar els estels. Alguns anys abans, al 1814, l'òptic alemany Joseph Fraunhofer va estudiar una peculiaritat en l'espectre continu del sol. Quan la llum passava a través d'una obertura i s'analitzava amb un bon sistema de prismes, la continuïtat dels colors apareixia trencada per una sèrie de **ratlles fosques**, fines, estables i separades regularment. Fraunhofer va comptar més de 700 ratlles negres (ara en trobem 15.000). A les ratlles negres més prominents els assignà les lletres A, B i C. Va trobar també ratlles anàlogues en els espectres d'alguns estels.

Activitat 4. Observació de les ratlles de Fraunhofer

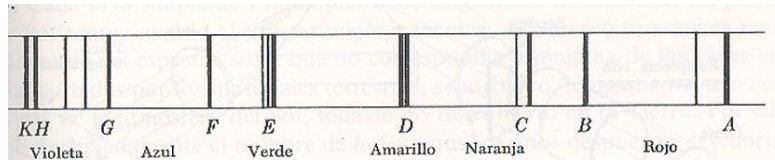
Mireu amb l'espectroscopi una paret o pantalla blanca sobre la qual incideixi directament la llum del Sol. Per evitar la llum directa del Sol que dificulta la visió de l'espectre de primer ordre us cobrireu el cap amb el jersei.



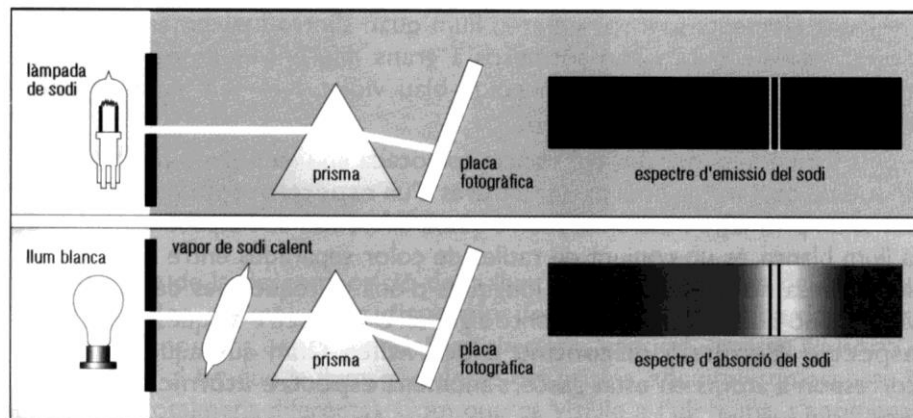
Dibuixeu i expliqueu breument l'espectre observat.

Les línies clares dels espectres de les sals són línies d'emissió i les línies fosques de Fraunhofer que heu vist són línies d'absorció.

L'observació clau que va conduir a una millor comprensió, tant dels espectres d'absorció com dels d'emissió, va arribar l'any 1859. En aquell temps es sabia que la ratlla d'emissió del vapor calent del sodi metàl·lic, que ja heu observat vosaltres, tenia la mateixa longitud d'ona que la ratlla fosca i molt ampla de l'espectre solar a la que Fraunhofer havia assignat la lletra D, i que també es pot observar però amb més dificultat.

**Activitat 5. A que creieu que és deguda aquesta coincidència?**

L'espectroscopi va mostrar que els elements en estat fred (és a dir, que no brillassin) **absorbirien** llum de la mateixa longitud d'ona que la que **emetien** quan brillaven. Això significava que uns gasos freds en l'atmosfera solar absorbien part de la llum que emetia el Sol. I, si això era així, llavors les línies obscures contindrien les empremtes dels elements de l'atmosfera del sol. En altres paraules, l'espectroscopi faria possible a l'home esbrinar quins elements estaven presents en l'atmosfera dels cossos celestes, no només del Sol, sinó també d'altres estels i fins i tot dels planetes.



Activitat 6.

- a. Suggestiu algun experiment que serveixi per a demostrar que les ratlles de Fraunhofer, en l'espectre solar, són degudes a l'absorció en l'atmosfera solar i no en la terrestre.**
- b. Expliqueu com es podria decidir, a partir de les observacions espectroscòpiques, si la Lluna i els planetes brillen amb la seva llum pròpia, o simplement reflecteixen la llum de Sol.**
-

Els astrònoms ràpidament esbrinaren que els elements dels cossos espacials eren els mateixos que els de la Terra. Aristòtil s'havia equivocat per complet: l'univers celeste no estava fet d'algun "èter" especial, o "quintaessència", sinó de la mateixa matèria que el nostre planeta.

De totes maneres, un element desconegut a la Terra va aparèixer al Sol. El 1869, els astrònoms observaven l'atmosfera del sol amb un espectroscopi durant un eclipsi solar, i el francès Pierre Jules César Janssen va observar la presència d'una nova línia groga. Un astrònom anglès, Norman Lockyer, va suggerir que allò representava un nou element; el va anomenar "heli" (del vocable grec *helios*, que designava el Sol). Els químics no l'acceptaren en aquella època. L'heli no es va afegir a la llista dels 72 elements oficialment coneguts fins al cap de molts anys després quan es va trobar i aïllar aquí a la Terra.

Activitat 7. Observació de les radiacions de tubs de descàrrega de gasos

Observeu amb l'espectroscopi la llum del tub de descàrrega dels següents gasos, feu-ne una descripció breu i compareu-ho amb els espectres projectats.

*Hidrogen**Heli**Neó**Mercuri**Nitrogen*

B. ACER, ESTRELLES I ESPECTRES.

Per acabar l'experiència mirareu el vídeo "Acer, estrelles i espectres" de la Universitat Oberta, Curs de Fonaments de la Ciència (7), 20 min. TV3. 1991.

Llegiu i responeu les preguntes següents:

1. Quina és l'aplicació industrial dels espectres atòmics?
2. Com es crea un espectre d'absorció?
3. Per què es produeix una ombra groga si il·luminem una flama de sodi o vapor de mercuri amb un llum de sodi o mercuri respectivament?
4. Què passa i perquè si la llampada utilitzada en la pregunta anterior és de llum blanca?
5. Per què és groga la flama del sodi?

6. Per explicar l'observació de línies espectrals diem que l'electró no perd energia en forma continua, què vol dir això?

7. Per què hem de donar una descàrrega elèctrica a un gas tancat en un tub de vidre per a provocar un espectre d'emissió?

8. Què és un fotó o un paquet d'energia?

9. Com s'interpreta una línia espectral?

10. Què cal per observar les línies espectrals de l'hidrogen més enllà del visible?

11. Quina és l'explicació de la sèrie de línies de Balmer de l'hidrogen?

12. Quantes línies espectrals podríem obtenir si dins del tub de vidre hi hagués un únic àtom d'hidrogen?

13. Què podem esbrinar mitjançant l'anàlisi de l'espectre d'una estrella?

14. Qui va iniciar l'anterior aplicació dels espectres?

15. Qui va iniciar la utilització dels espectres per anàlisi química?

Algunes pàgines web interessants sobre la recerca dels elements i la taula periòdica.

<http://www.xtec.es/aulanet/ud/ciencies/taula/inici.htm>

<http://ull.chemistry.uakron.edu/genobc/periodic/>

<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/5875/>