

# STUDIUL SPECTRULUI DE EMISIE AL ATOMILOR DE SODIU IN DOMENIUL VIZIBIL

---

**Scopul** acestei lucrari este observarea cu ajutorul monocromatorului in vizibil, a spectrului atomilor de sodiu si interpretarea lui.

Dintre atomii cu mai multi electroni, cei care se aseamana cel mai mult ca structura cu atomul de hidrogen sunt *atomii metalelor alcaline* (vezi bibliografia). In cazul miscarii a N electroni in campul nucleului se poate arata ca exista un numar limita de electroni ce pot fi caracterizati de aceleasi numere cuantice n si l. Daca pentru un n si un l dati se realizeaza numarul maxim de electroni, se spune ca s-a realizat o patura completa. Daca pentru un l dat, corespunzator unui n, se realizeaza numarul maxim de electroni, se spune ca s-a realizat o subpatura completa. Daca intr-un atom toti electronii in afara de unul se afla in paturi sau subpaturi complete, interactia dintre electroni este mult simplificata. In acest caz, schema de nivele energetice este intr-o buna aproximatie aceea a unui singur electron ce se misca intr-un camp central. Campul central “efectiv” corespunzator electronului din afara paturilor si subpaturilor complete este campul resultant al nucleului si al celorlalti N-1 electroni. De aceea pentru atomii neutri, intr-o buna

aproximatie, el este de forma  $-\frac{k}{r}$  la distante mari de atom si  $-\frac{Zk}{r} + C$  la distante mici, unde Z

este numarul atomic,  $k = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0}$  si C este un potential constant in origine, datorat electronilor din paturile inchise. Se poate arata ca in camp central, nivele energetice, considerand doar interactiile coulombiene, sunt caracterizate de numerele cuantice n si l. Deoarece la orice distanta energia potentiala este mai mica decat cea coulombiana, energia pentru un n si l dati este mai mica decat aceea corespunzatoare starii hidrogenoide. Totusi, deoarece diferenta dintre energia potentiala si cea de tip coulombian este mai mare la valori mai mici ale lui r, diferenta va fi mai mare pentru valori mai mici ale lui l. Expresia, într-o primă aproximație, pentru nivele energetice va fi asemănătoare cu aceea a atomului de hidrogen:

$$E_{n,l} = -\frac{Rhc}{(n^*)^2} + \dots$$

care exprimata in numere de unda ( $\text{cm}^{-1}$ ) devine

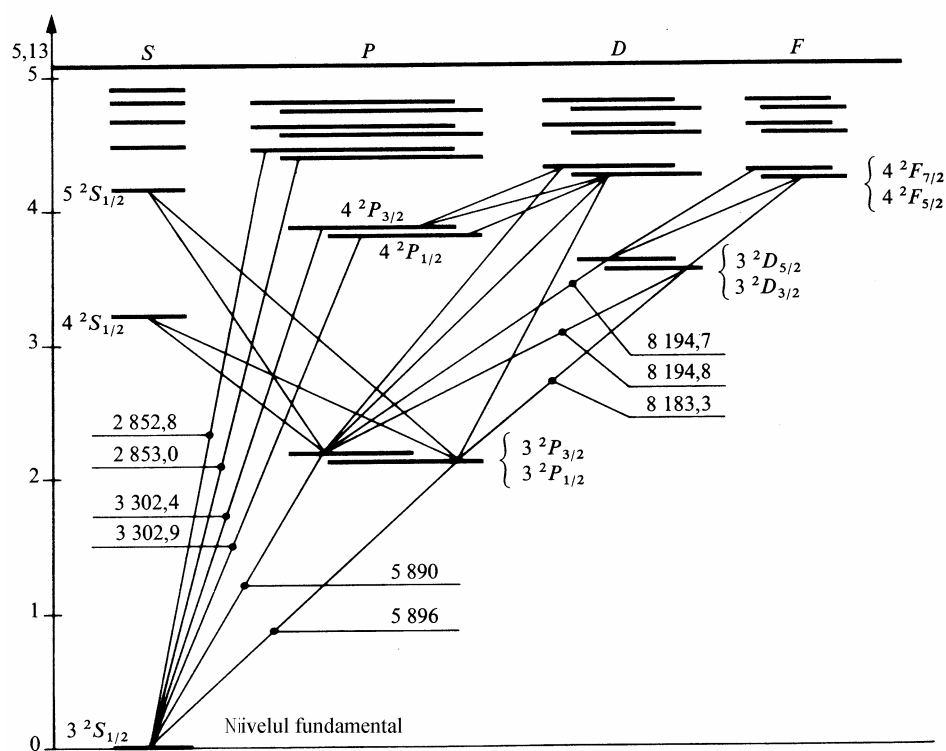
$$\sigma_{n,l} = -\frac{R}{(n^*)^2} + \dots \quad (1)$$

unde R(constanta Rydberg)=  $1,096775 \times 10^9 \text{ cm}^{-1}$ .

Astfel, într-o prima aproximație, în comparație cu atomul de hidrogen, se înlocuiește numărul cuantic principal cu numărul "efectiv":

$$n^* = n - \Delta_l$$

unde  $\Delta_l$  se numește "defect cuantic" și care nu depinde de  $n$ , dar depinde puternic de  $l$ , acesta fiind cu atât mai mare cu cât  $l$  este mai mic. Astfel pentru atomul de sodiu  $\Delta_{l=0} = 1,375$ ;  $\Delta_{l=1} = 0,887$ ;  $\Delta_{l=2} = 0,04$ ; etc. Cu aceste valori, spectrul de emisie al sodiului poate fi explicat într-o prima aproximație foarte bine (vezi Fig. 1).



**Fig.1** Nivelele energetice și seriile spectrale ale sodiului. Pe ordonată este exprimată energia în eV, iar lungimile de undă ce corespund diverselor tranziții sunt exprimate în Å.

Dacă se ține cont și de alte interacții cum ar fi interacția spin-orbită, stările energetice de mai sus depind în general de numerele cuantice  $n$ ,  $L$ ,  $J$  și  $S$ . În acest caz o stare energetică este caracterizată de un termen spectral care așa cum se vede din Fig.1 se notează:

$$n^{2S+1}L_J$$

unde  $n$  este numărul cuantic principal, iar  $L$ ,  $S$  și  $J$  sunt numerele cuantice ce cuantifică modulele momentelor cinetice orbitale, de spin și totale ale atomilor cu mai mulți electroni. De menționat că prin convenție, numerele cuantice  $L$ ,  $S$  și  $J$ , corespunzătoare atomilor cu mai mulți electroni se notează cu litere mari, iar cele corespunzătoare unui singur electron, cu litere mici. În cazul

atomilor metalelor alcaline, electronii de pe subpaturile complete nu contribuie la aceste numere cuantice. Deci ele vor fi caracterizate doar de singurul electron ce se afla pe o subatura incompleta, asa incat pot fi notate si cu litere mici, respectiv  $l$ ,  $s$  si  $j$ . In cazul unui singur electron,  $s$  este totdeauna  $\frac{1}{2}$ , iar  $j$  poate lua valorile  $l \pm \frac{1}{2}$ . Conventiile pentru  $L=0,1,2,3,\dots$  sunt S, P, D, F, ... *Tranzițiile cele mai intense din spectru corespund regulilor de selectie*  
 **$\Delta L = \pm 1, \Delta J = 0, \pm 1$ .**

Spectrele atomilor metalelor alcaline au o structura de dublet cauzata de efectele relativiste, respectiv interactia spin-orbita. Expresia despicării de dublet este detaliata in bibliografie. Ea este cu atat mai mare cu cat  $n$  si  $l$  sunt mai mici. Astfel se explica de ce la atomul de sodiu (vezi Fig.1), toate tranzitiile care apar prin dezexcitarea electronului neinperecheat de pe nivelele  $nS$ , sau  $nD$  pe  $3P$ , sau de pe  $3P$  pe  $3S$  sunt in limita erorilor, dubleti cu aceeași despicare. Aceasta se datoreaza faptului ca nivele  $nS$  nu sunt despicate ( $J$  putand lua numai valoarea  $\frac{1}{2}$ ), iar despicarea nivelelor  $nD$  este in limita erorilor de masura ale spectrometrului, neglijabila.

## Montajul experimental

Montajul experimental este format din:

- monocromatorul universal UM-2 (vezi Fig.2)
- fotomultiplicator
- alimentatorul fotomultiplicatorului
- lampa de sodium
- alimentatorul lampii de sodium
- galvanometru pentru citirea curentului dat de fotomultiplicator

Partea principala a montajului este monocromatorul universal UM-2 (cu prisma cu deviatie constanta).

Schema optica a monocromatorului este prezentata in Fig.2

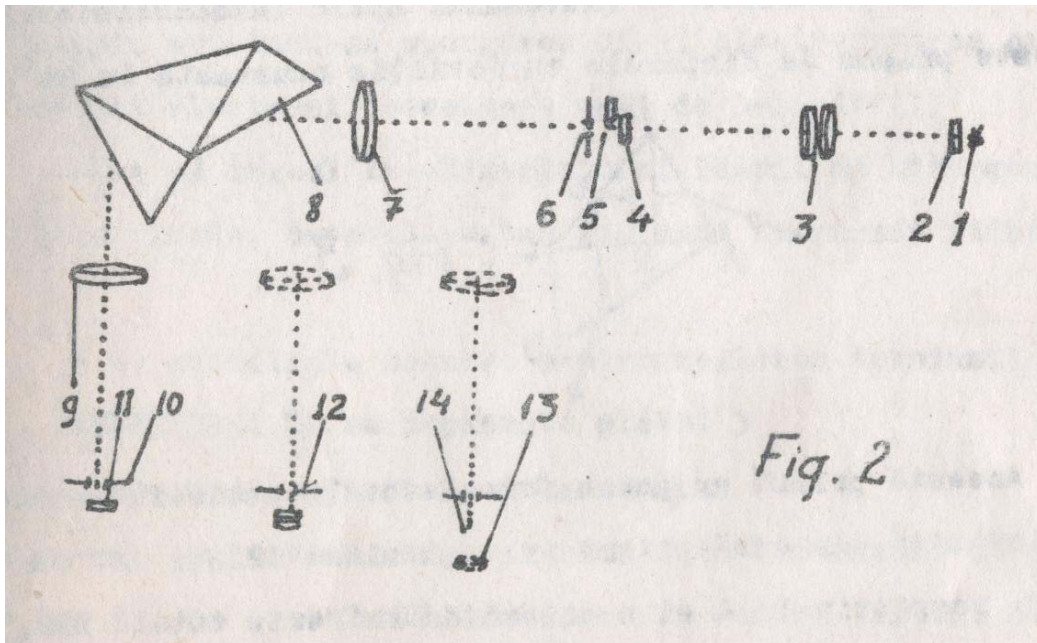


Fig. 2

**Fig.2**

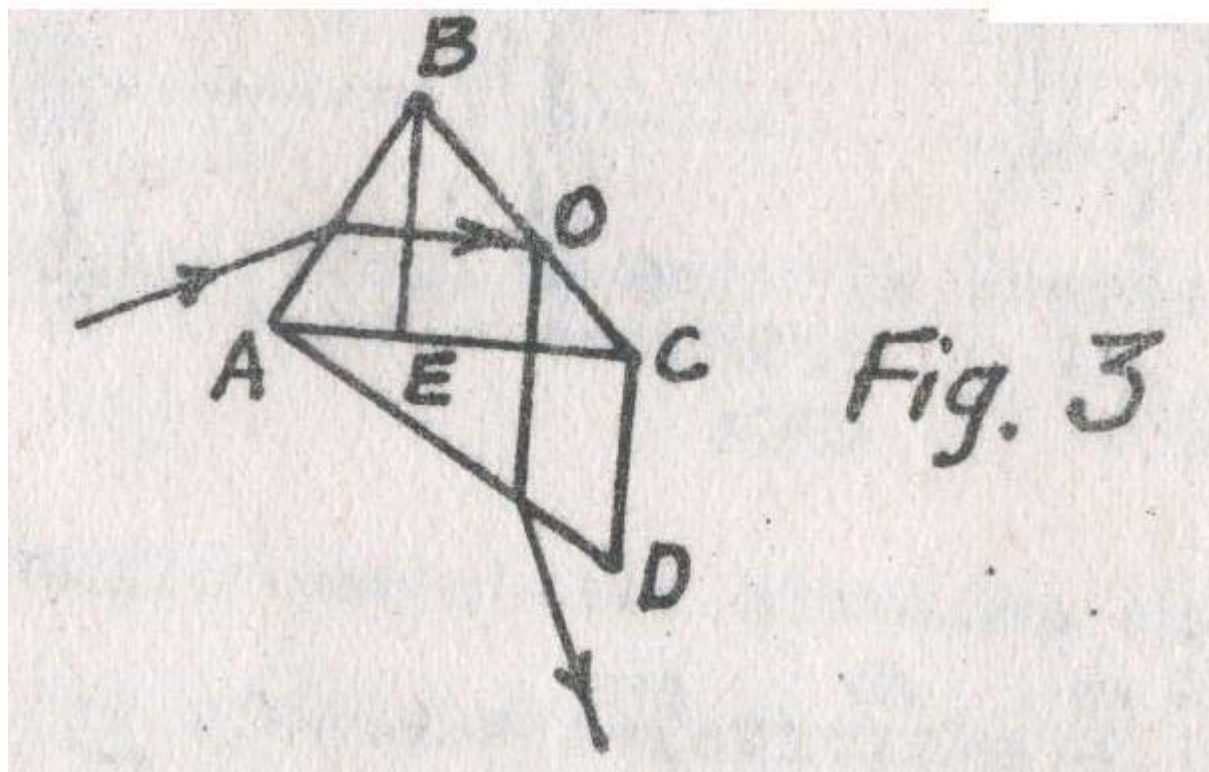
- 1 – sursa de lumina
- 2 – sistemul de protectie al lampii
- 3 – condensorul
- 4 – protectia fantei de intrare
- 5 – prisma comparatoare
- 6 – fanta de intrare
- 7 – obiectivul colimatorului
- 8 – prisma de dispersie cu deviatie constanta
- 9 – obiectivul tubului de vizualizare
- 10 – fanta de iesire
- 11 – sistemul de protective al fantei de iesire

12 – ocular cu marire  $5^x$

13 – ocular cu marire  $10^x$

14 – indicatorul suprafetei de focalizare a tubului de vizualizare

Partea principala a sistemului optic (monocromatorul propriu-zis) este prisma de dispersie cu deviatie constanta la  $90^0$  (Fig.3).



Aceasta prisma cu patru fete laterale poate fi considerata ca fiind alcatuita din doua prisme triunghiulare ABE si ACD cu unghiuri de  $30^0$  in B, respectiv in A si o prisma cu reflexie totala BEC cu sectiunea un dreptunghi isoscel. Se constata ca pentru o raza care patrunde in prisma dupa o directie paralela cu AC, deviatia intr-un sens produsa de prisma ABE este compensata de deviatia in sens contrar produsa de prisma ACD, asa incat raza emergenta sufera numai deviatia de  $90^0$  produsa prin reflexie totala pe fata BC. Se poate deduce ca daca lumina are in prisma directii paralele cu bazele prismelor cu unghi refringent de  $30^0$ , prisma va fi strabatuta la minimum de deviatie. Rotind prisma in jurul unei axe perpendiculare pe planul desenului, raza ce strabate prisma la minimum de deviatie va fi deviata permanent cu  $90^0$ , indiferent de lungimea de unda a radiatiei.

Monocromatorul este format din urmatoarele parti principale: 1.colimatorul sistemului optic de deviere, 2. tubul de iesire. Spectrul se obtine prin rotirea tamburului care roteste prisma cu deviatie constanta. Pentru vizualizarea spectrului se foloseste un ocular, iar pentru utilizarea fotomultiplicatorului, alt ocular care permite reglarea intensitatii luminoase prin sectiunea fantei de iesire.

## Modul de lucru

- Se pune comutatorul alimentatorului lampii de sodium pe plotul **Tl-Hg-Cd** (*Atentie! Nu se pune pe alt plot*)
- se da drumul la lampa de sodiu prin pornirea alimentatorului respectiv
- se pune ocularul la iesirea monocromatorului
- se actioneaza asupra lentilei de focalizare de pe bancul optic in asa fel ca spotul sa pice exact pe centrul fantei de intrare a monocromatorului
- se vizualizeaza spectrul prin rotirea tamburului prisme cu deviatie constanta
- se monteaza fotomultiplicatorul cu cat mai multa grije, astfel incat sa se evite intrarea luminii
- se alimenteaza fotomultiplicatorul stabilindu-se o tensiune de 1300 V
- se stabilesc deschiderile fantelor de intrare si de iesire, astfel incat dubletii sodiului sa poate fi observati cat mai bine
- se actioneaza asupra pozitiei pe bancul optic a lentilei de focalizare si lampii, precum si a condensorului, astfel incat galvanometru sa indice pentru o linie spectrala un curent cat mai mare, in conditiile in care dubletii se pot observa bine
- se inregistreaza spectrul rotind incet tamburul de la un capat la altul, notandu-se diviziunea de pe acesta cand pentru o linie spectrala, galvanometrul indica un current cat mai mare
- se identifica lungimea de unda a fiecărei linii spectrale obtinute, utilizand curba de etalonare a monocromatorului
- se determina pentru fiecare dublet obtinut despicarea respectiva in Å
- se determina pentru fiecare dublet, raportul intensitatilor relative ale tranzitiilor respective, care este egal cu raportul deplasarilor maxime ale spotului galvanometrului
- folosind formula (1), figura 1 si regulile de selectie, se identifica tranzitiile corespunzatoare liniilor spectral obtinute

***Atentie! Beculețul galvanometrului se alimentează prin culisarea suportului său. Va rugăm ca la terminarea experimentului să-l stingeți!***

## **Intrebari**

1. De ce pentru fiecare dublet, raportul intensitatilor celor doua linii este in limita erorilor de experimentale 2?
2. De ce toate liniile spectrale obtinute sunt dubleti in limita erorilor de masura?
3. De ce pentru fiecare dublet, in limita erorilor de masura, despicarea este aceeași?
4. De ce pentru dubletul galben (cel mai intens) linia cu lungime de unda mai mare este mai puțin intensă decât cea cu lungime de unda mai mică, în timp ce pentru toți ceilalți dubleti este invers?
5. De ce intensitatea dubletului galben este mult mai mare ca a celorlalti dubleti?

## **Bibliografie**

Florin Popescu și Florin Marica, Fizica Atomica (note de curs), Ars docendi, 1998, Anexa 4