



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2013 00507

(22) Data de depozit: 11.07.2013

(41) Data publicării cererii:  
30.03.2015 BOPI nr. 3/2015

(71) Solicitant:  
• DOMOKOS ȘTEFAN, CART. EPISCOPIEI  
BL. D3, SC. C, AP. 6, BUZĂU, BZ, RO

(72) Inventatori:  
• DOMOKOS ȘTEFAN, CART. EPISCOPIEI  
BL. D3, SC. C, AP. 6, BUZĂU, BZ, RO

(54) **METODĂ ȘI DISPOZITIV PENTRU MĂSURAREA  
DEPENDENȚEI RADIALE A DENSITĂȚII DE PROBABILITATE  
DE LOCALIZARE A ELECTRONULUI ÎN ATOM FOLOSIND  
BLOCAJUL DE SPIN ȘI MĂSURÂND DEPENDENȚA  
RADIALĂ A DENSITĂȚII DE PROBABILITATE A ENERGIEI  
DIN BANDA CORESPUNZĂTOARE UNEI VALORI A  
NUMĂRULUI CUANTIC ORBITAL, OBȚINUTĂ PRIN  
APLICAREA UNUI CÂMP MAGNETIC EXTERN, ȘI  
OBȚINEREA UNEI BENZI DE ENERGIE  
CORESPUNZĂTOARE FIECĂREI VALORI A NUMĂRULUI  
CUANTIC ORBITAL**

(57) Rezumat:

Invenția constă dintr-o metodă de determinare a dependenței radiale a densității de probabilitatea de localizare a electronului în atom, prin care se folosește filtrajul de spin, pentru selectarea și identificarea radiației, se folosește un dispozitiv pentru măsurarea intensității liniei spectrale în funcție de energie, dintr-o bandă de energie corespunzătoare unui număr cuantic magnetic  $m_l$ , prin producerea despicerii liniilor spectrale într-un câmp magnetic exterior, și creșterea lărgimii acestei benzi de energie cu creșterea inducției magnetice a câmpului magnetic extern, și pentru măsurarea intensității curentului produs de un fotodetector, ca

răspuns la radiația liniei spectrale obținută cu un spectroscop, se folosește un ac de cusut din oțel, suspendat în poziție orizontală de două fire verticale, sub care, fără să-l atingă, este așezată o bobină cu axa perpendiculară pe axa acului, simetric față de intersecția celor două axe, și prin bobină trece curentul electric care se măsoară și produce un câmp magnetic ce rotește acul în plan orizontal cu un unghi ce crește cu creșterea intensității curentului.

Revendicări: 8  
Figuri: 1



75

1  
a 2013 00 507  
11-07-2013

### DESCRIEREA INVENTIEI

A fost demonstrata interactiunea spinilor si un mecanism de cuplaj a spinilor a fost aplicat pentru studiul acestei interactiuni, pentru producerea unor variatii controlate a proprietatilor spinilor in materiale si in dispozitivele electronic/fotonice bazate pe spin si a prelucrarii informatiei [1].

In semiconductor, care pot fi formate de exemplu din Si sau Ge [2,3]. se produce interactiunea hiperfina (HFI) intre spinul unui electron confinat si un spin(i) local nuclear [1].

Studiind ceasul solar de la Sumuleu Ciuc, de la Manastirea Franciscana. dataata intre 1770 si 1800. am constatat daca se considera Pamantul ca o sfera si ca Soarele se misca in jurul Pamantului pe o orbita circulara, umbra unei bare orizontale si a unei a doua bare oblice legata de prima, indica egzact orele 10, 11, 12, 13, 14, 15.

Demonstram ca nivelele de energie ale atomului de hidrogen se despica in benzi de energie asa cum rezulta din mecanca cuantica.

Legea lui Newton, aplicata pentru calculul interactiunii care este aplicata in toate teoriile fizicii, de exemplu pentru calculul greutatii, a fost studiata inca inainte de 1657 in Universitatea de la Alba Iulia [2,4], si este data de [2]

$$F = ma \quad (1)$$

unde F este forta, m este masa si a este acceleratia.

Ceasul solar de la Sunuleu Ciuc se explica prin rotatia Pamantului in jurul unei axe si rotatia Pamantului in jurul Soarelui pe o orbita eliptica, deoarece umbra ceasului se lungeste de la o zi la alta, astfel axa de rotatie proprie a Pamantului, sau spinul Pamantului. se inclina fata de planul orbitei Pamantului in jurul Soarelui si explica anotimpurile anului [2].

Daca doua forte egale si opuse actioneaza asupra unui corp rigid atunci este produsa o torsiune data de [2]

$$\vec{T} = \vec{r}_1 \times \vec{F} + \vec{r}_2 \times \vec{F} \quad (2)$$

$$|\vec{T}| = |\vec{r}_1| |\vec{F}| \sin \theta_1 - |\vec{r}_2| |\vec{F}| \sin \theta_2 = d |\vec{F}| \quad (3)$$

2

unde  $d$  este distanta dintre directiile fortelor.

Pentru un circuit de curent de forma oarecare plan intr-un camp magnetic se produce o torsiune data de [2]

$$\vec{T} = IA\vec{n} \times \vec{B} \quad (4)$$

unde  $\vec{n}$  este normala pe plan si  $A$  este aria circuitului.

Definitia momentului magnetic dipolar in cazul unui curent circular este [2]

$$\vec{m} = IA\vec{n} \quad (5)$$

si rezulta ca torsiunea este [2]

$$\vec{T} = \vec{m} \times \vec{B} \quad (6)$$

Din mecanica cuantica rezulta ca probabilitatea de a gasi electronul atomului de hidrogen intre sferele cu razele  $r$  si  $r + dr$  in starea cu  $n = 1$  si  $l = 0$ , care este starea  $1s$ , este [2]

$$P_{10}(r) = C_{10}x^2e^{-2x} \quad (7)$$

unde  $x = \frac{r}{a_0}$ ,  $C_{10}$  este o constanta si  $a_0$  este raza Bohr.

Fora lui Coulomb a atomului de hidrogen este intodeauna orientata catre centrul cercului care este orbita electronului si rezulta ca acestei forte este  $\vec{M} = 0$  si rezulta ca [2]

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = 0 \quad (8)$$

si momentul cinetic orbital este constant [2]

$$\vec{L} = constant \quad (9)$$

Din ecuatia precedenta rezulta ca [2]

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2} \left| \vec{r} \times \frac{d\vec{r}}{dt} \right| = \frac{1}{2} |\vec{r} \times \vec{v}| = \frac{1}{2m} |\vec{L}| = constant \quad (10)$$

Prin integrarea timpului pe o orbita rezulta ca perioada este constanta [2]

$$T = \int dt = \frac{2m}{|\vec{L}|} \oint dA = \frac{2m}{|\vec{L}|} (\text{aria cercului}) = \frac{2m}{|\vec{L}|} (\pi r^2) \quad (11)$$

Curentul produs de electron este dat de ecuatia [2]

$$I = -\frac{e}{T} \quad (12)$$

Folosind ecuatia (5) a momentului magnetic dipolar al electronului in care inlocuim intensitatea curentului data de ecuatia de mai sus obtinem pentru momentul dipolar al electronului ecuatia [2]

$$\vec{m} = -\frac{e}{T} A \vec{n} \quad (13)$$

Folosind ecuatia perioadei de mai sus rezulta ca [2]

$$\vec{m} = -\frac{e}{2m} \vec{L} \quad (14)$$

Din teoria lui Rutherford a atomului de hidrogen rezulta ca forta cetrifuga este data de forta lui Coulomb [1]

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (15)$$

Din ecuatia precedenta rezulta ca viteza este [2]

$$v = \frac{C_1}{r^{1/2}} \quad (16)$$

Viteza este data de [2]

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad (17)$$

Din cele doua ecuatii precedente rezulta ca [2]

$$T = C_2 r^{3/2} \quad (18)$$

Intensitatea curentului produsa de miscarea electronului in atomul de hidrogen poate avea o valoare in intervalul dintre  $r$  si  $r + dr$  cu o probabilitate si are valoarea

$$I = -\frac{e}{T} = -C_3 r^{-3/2} \quad (19)$$

Folosind definitia momentului magnetic dipolar rezulta ca

$$|\vec{m}| = -C_3 r^{-3/2} A = -C_4 r^{-3/2} r^2 = -C_4 r^{1/2} \quad (20)$$

Aceasta ecuatie este in functie de  $r^{1/2}$  si rezulta ca pentru raza cuprinsa intre  $r$  si  $r + dr$  valoarea corensunzatoare a momentului magnetic dipolar are o probabilitate.

Energia potentiala a electronului in atomul de hidrogen intr-un camp magnetic extern este [2]

$$U = -\vec{m}\vec{B} = -|\vec{m}||\vec{B}| \cos \theta \quad (21)$$

Folosind ecuatiile de mai sus rezulta ca energia potentiala este

$$U = -C_4 r^{1/2} |\vec{B}| \cos \theta \quad (22)$$

Rezulta ca energia potentiala este functie de raza  $r$  si ca valorile acestuia pentru raza cuprinsa intre  $r$  si  $r + dr$  au o anumita probabilitate care este legata de densitatea de probabilitata radiala. Daca inlocuim in energia potentiala valoarea momentului magnetic dipolar al electronului data de ecuatia (14) atunci obtinem in ecuatia energiei potentiale proiectia momentului cinetic pe axa  $z$  si deoarece, conform mecanicii cuantice, aceasta proiectie este cuantificata  $L_z = m_l \hbar$  [2], consicerand ca valoarea energiei potentiala data de ecuatia de mai sus corespunde pentru  $m_l = 1$ , sau pentru  $m_l = l$ , rezulta ca energia potentiala este data de ecuatia

$$U = C_4 r^{1/2} L_z |\vec{B}| = C_5 r^{1/2} m_l |\vec{B}| = C_4 \hbar r^{1/2} m_l B \quad (23)$$

sau

$$U = \frac{C_4 r^{1/2}}{l} m_l B \quad (24)$$

Conform celor doua ecuatii de mai sus valoarea energiei potentiale este data cu o anumita densitate de probabilitate legata de densitatea de probabilitate radiala a electronului. Noi presupunem ca a doua ecuatie de mai sus este corespunzatoare energiei potentiale, argumentand ca pentru  $\theta = 0$  proiectia momentului magnetic dipolar pe axa z a campului magnetic are valoare maxima egala chiar cu momentul magnetic dipolar.

Multe nuclee au un moment cinetic intrinsec, numit spin nuclear, proprietate care a fost demonstrata experimental [2]. Rezulta ca aceste nuclee au un moment magnetic dipolar [2]. Prin masurarea interactiunii dintre momentul magnetic dipolar nuclear si campul magnetic atomic se poate masura momentul magnetic dipolar nuclear al nucleului [2]. Aceasta interactiune este similara cu interactiunea dintre momentul magnetic dipolar al spinului electronului si campul magnetic atomic numita interactiunea spin-orbita [2]. Interactiunea cu momentul magnetic dipolar nuclear este mult mai mica, si produce o despicare mult mai mica in liniile spectrale atomice, dar aceste despicari sunt masurabile si se numeste structura hiperfina [2], si este interactiunea hiperfina [1]. Deoarece momentele magnetice dipolare ale nucleelor sunt mai mici decat cele ale electronilor, rezulta ca despicarile hiperfine sunt mai mici decat despicarile structurii fine [2]. Aceasta rezulta din momentele magnetice dipolare ale electronului atomic care, functie de momentul cinetic orbital  $\vec{L}$ , este dat de ecuatia [2]

$$\vec{m} = -\frac{e}{2m_e}\vec{L} \quad (25)$$

In cazul nuclear, masa nucleonului inlocuieste masa electronului,  $m_e$ , in acesta ecuatie [2]. In consecinta momentele magnetice dipolare nucleare sunt in general mai mici decat momentele magnetice dipolare atomice cu un factor aproximativ de 2000 [2].

Miscarea unui electron pe o orbita Bohr in jurul nucleului este miscarea electronului pe un cerc cu centrul in nucleu [2]. Aceasta miscare vazuta din punctul de vedere al electronului este miscarea nucleului in jurul electronului pe o orbita circulara [2].

Daca sarcina elementara, egala cu sarcina electronului, este  $e = -1.6 \times 10^{-19} C$ , atunci nucleul cu sarcina  $+e$  care se misca in sistemul de referinta al electronului cu viteza  $-\vec{v}$  constituie un curent circular cu centrul in electron [2].

Inductia magnetica in punctul in care se afla electronul intr-un atom de hidrogen datorata miscarii nucleului, se poate calcula din legea Biot-Savart pentru o sarcina in miscare [2]

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} = \frac{\mu_0 e [(-\vec{v}) \times \vec{r}]}{4\pi r^3} = -\frac{\mu_0 e [\vec{v} \times \vec{r}]}{4\pi r^3} \quad (26)$$

Stiind ca momentul cinetic orbital al electronului in jurul nucleului este data de ecuatia  $\vec{L} = m_e [\vec{r} \times \vec{v}] = -m_e [\vec{v} \times \vec{r}]$ , rezulta ca putem sa scriem ecuatia de mai sus sub forma [2]

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 e}{4\pi m_e r^3} \vec{L} \quad (27)$$

Energia potentiala de interactiunea dintre momentul magnetic dipolar intrinsec de spin,  $\vec{m}_s$ , si campul magnetic produs de nucleu, dat de ecuatia de mai sus, este data de ecuatia [2]

$$U = -\vec{m}_s \cdot \vec{B} \quad (28)$$

Masuratorile sunt facute in sistemul de referinta al laboratorului in care nucleul se afla in repaus, si folosind o transformare relativista in sistemul de referinta in care nucleul se afla in repaus rezulta ca energia potentiala de mai sus este [2]

$$U = -\frac{1}{2} \vec{m}_s \cdot \vec{B} \quad (29)$$

Inlocuind  $\vec{B}$  din ecuatia de mai sus si  $\vec{m}_s$  calculata cu ecuatia (1) in care in loc de momentul cinetic orbital se foloseste momentul cinetic de spin  $\vec{S}$  energia potentiala de mai sus a electronului in campul magnetic al nucleului este [2]

$$U = \frac{\mu_0 e^2}{8\pi m_e^2 r^3} \vec{S} \cdot \vec{L} \quad (30)$$

Aceasta se numeste energia spin-orbita [2].

Deoarece spinul poate avea doua proiectii pe axa z, si astfel numarul cuantic al proiectiei spinului pe axa z,  $m_s$ , poate avea valorile  $+\frac{1}{2}$  si  $-\frac{1}{2}$ , rezulta ca aceasta energie potentiala are doua valori care se aduna la nivelele de energie ale hidrogenului [2]. Astfel rezulta ca nivelele de

energie ale hidrogenului, pentru care numarul cuantic orbital  $l$  este diferit de zero, se dubleaza [2].

Energia spin-orbit creste cu cresterea numarului atomic  $Z$  [2]. S-a demonstrat ca linia galbena caracteristica a sodiului de la 589 nm este compusa din doua linii la 589 nm si 589.6 nm, despicarea fiind data de interactiunea spin-orbita a electronului periferic in cea mai joasa stare excitata [2,9].

Asemnator cu energia potentiala de interactiune dintre un camp magnetic exterior si momentul magnetic dipolar datorat momentului cinetic orbital [2], in absenta unei bibliografii pe care sa o avem la dispozitia noastra, presupunand ca aceasta formula este deja descoperita, scriem ca energia de interactiune dintre momentul magnetic dipolar nuclear si momentul magnetic de spin al electronului, in interactiunea HFI, este

$$U = -\vec{m}_S \cdot \vec{B}_N = -\vec{m}_S \cdot C_{NO} \cdot \vec{m}_N = -|\vec{m}_S| \cdot C_{NO} \cdot |\vec{m}_N| \cos \theta \quad (31)$$

unde  $\vec{B}_N$  este campul magnetic produs de momentul dipolar magnetic al nucleului in regiunea in care are orbita electronul, de exemplu electronul defectului, si  $C_{NO}$  este un coeficient care depinde de pozitia, distanta fata de nucleu, intr-un model simplificat raza unui cerc, si depinde si de tipul orbitei si de densitatea de probabilitate radiala.

Probabilitatea de tranzitie a electronului in unitatea de timp de pe o stare initiala  $i$  pe o stare finala  $f$  este data de integrala dipolului electric [2]

$$P_{if} = \int_{\text{tot spatiul}} \psi_f^*(r, \theta, \varphi) (-e\vec{r}) \psi_i(r, \theta, \varphi) dv \quad (32)$$

Daca pe o stare de energie superioara sunt  $N$  electroni atunci numarul tranzitiei,  $n_{if}$ , in unitatea de timp pe starea finala  $f$ , cu enrgia mai joasa, este

$$n_{if} = NP_{if} \quad (33)$$

In aceasta inventie, deoarece desitatea de probabilitate de localizare a electronului in atomul de hidrogen, conform mecanicii cuantice, are forme complicate in functie de vectorul de pozitie fata de nucleu,  $\vec{r}$  [2], propunem ca traiectoriile electronului sa fie circulare si potentialul



Rezultatul este cate o banda de energie pentru fiecare nivel de energie atomic, un set de nivele de energie grupate atat de aproape incat par sa formeze un continuum de energie [2]. Distantele dintre benzile de energie sunt cunoscute ca benzi interzise de energie [2].

In solid la 0 K, electronii ocupa cele mai joase nivele de energie disponibile [2]. Astfel cele mai joase benzi de energie sunt complet ocupate si banda de energie urmatoare este complet sau partial ocupata [2]. Banda de energie cea mai inalta care contine electroni se numeste banda de valenta [2]. Daca banda este partial ocupata se numeste de asemenea banda de conductie pentru ca electronii din aceasta banda raspund de procesul de conductie [2].

Intr-un semiconductor ca siliciul, banda de valenta este complet ocupata ca intr-un izolator [2]. Dar distanta dintre banda de valenta si urmatoarea banda, banda de conductie, este tipic in jur de 1 eV [2]. Cand  $T > 0 K$  o parte din electronii din banda de valenta pot primi energie termica suficienta ca sa faca tranzitia in banda de conductie si atunci sa conduca curentul electric ca in conductori [2]. Acesti electroni se numesc purtatori de sarcina de tip  $n$  (purtatori de sarcina cu sarcina negativa) [2]. Semiconductorul poate transporta un curent si in banda lui de valenta deoarece electronii care se transfera in BC lasa in BV stari neocupate, numite goluri [2].

Un gol reprezinta un electron lipsa, o sarcina negativa lipsa, care poate fi considerata echivalenta cu o sarcina pozitiva [2].

Un gol se misca in modul urmatoare: cand un gol este umplut de un electron vecin, acest electron lasa un gol in pozitia lui precedenta, care este umplut de un alt electron [2]. Un electron din banda de valenta se misca sarind in golurile disponibile [2]. De acea golurile sunt numite purtatori de sarcina de tip  $p$  (purtatori de sarcina cu sarcina pozitiva) [2].

Conductivitatea unui semiconductor creste cu temperatura deoarece, fenomenele termice excita mai multi electroni din BV in BC, lasand goluri corespunzatoare in BV, si astfel permit semiconductorului sa conduca un curent mai mare atat in BC cat si in BV [2].

Conductivitatea semiconductorului poate fi modificata printr-un fascicul de fotoni sau particule energetice incident pe semiconductor, si de asemenea prin introducerea unor impuritati [2].

Daca  $E_c$  este cea mai mica energie a BC si  $E_v$  este cea mai mare energie a BV atunci largimea benzii interzise este [2]

$$E_g = E_c - E_v \quad (35)$$

La 0 K cel mai mare nivel de energie ocupat este  $E_v$ , satfen incat energia Fermi este  $E_F = E_v$  [2]. La  $T > 0$  K energia Fermi este in banda interzisa [2].

Intr-un semiconductor intrinsec, un solid care este semiconductor in starea lui pura, fircare electron din BV care se transfera in BC lasa in urma lui un gol [2]. Rezulta ca numarul de goluri din BV este egal cu numarul de goluri din BC [2]. Rezulta ca numarul de electroni cu energia in apropierea valorii  $E_c$  este egal cu numarul de goluri cu energia in apropierea valorii  $E_v$  [2]. Rezulta ca probabilitatea de a gasi electronul in BC data de functia Fermi-Dirac,  $F(E_c)$ , este egala cu probabilitatea de a nu gasi electronul in BV cu energia  $E_v$ ,  $[1 - F(E_v)]$  [2]. Rezulta ca [2]

$$\frac{1}{e^{(E_c - E_F)/kT} + 1} = 1 - \frac{1}{e^{(E_v - E_F)/kT} + 1} \quad (36)$$

Din aceasta ecuatie rezulta ca  $E_F = \frac{E_c + E_v}{2}$  [2]. Rezulta ca intr-un semiconductor intrinsec energia Fermi se afla la mijlocul benzii interzise [2].

HFI poate produce transferul de spin electron-nuclear (e-n) prin flip-flop mutual de spin e-n, care da posibilitatea manipularii cuantice a unui sistem de spin e-n [1]. De asemenea HFI poate mixa stari de spin si decoerenta spinului electronului si nucleului [1]. HFI are importanta in multe sisteme semiconductoare care se pot folosi in viitor in spintronica si computere cuantice bazate pe spin [1].

Pentru studiul efectului HFI asupra filtrajului de spin s-a folosit, in referinta [1], o spectroscopie magneto-optica fara contact [1].

Efectul filtrajului de spin prin metoda ingineriei de defecte poate fi activat (sau dezactivat) prin excitare optica polarizata circular (sau liniar) prin experimente de orientare optica folosind regula de selectie electric-dipolara pentru tranzitie optica banda-in-banda (BB) a

aliajului GaNAs [1]. Polarizarea electron-spin a benzii de conductie (BC) si a defectului  $Ga_i^{2+}$  nu se poate produce prin excitare polarizata liniar ( $\sigma^x$ ) [1].

O slaba fotoluminiscenta (PL) BB si polarizare a spinului ( $P_e$ ) rezulta prin captura si recombinarea aleatoare si egal probabila prin defecte a electronilor BC cu spinul sus si spinul jos cu spin orientat aleator in acest caz [1]. Fotoluminiscenta se refera in acest caz la un semnal detectabil in intensitatea radiatiei electromagnetice emise prin captura electronilor BC de catre defecte si prin recombinare, dar in acest caz acest fenomen se produce normal si iluminarea nu produce semnal in intensitatea fotonilor emisi. Alinierea spinilor electronilor BC se poate produce prin excitare polarizata circular printr-un proces de polarizare dinamic produs prin SDR [1]. Blocajul de spin va impiedica captura si recombinarea viitoare prin defecte a electronilor BC fotogenerati daca electronul din defect este spin polarizat, presupunand polarizarea spin completa a electronului defect ( $P_e = 100\%$ ) [1]. Prin acest fenomen se produce o puternica  $P_e$  si o crestere in intensitatea BB PL comparata cu cea produsa prin excitare  $\sigma^x$  [1]. In acest caz scade intensitatea fotonilor emisi prin captura electronilor de catre defecte si prin recombinare. Din cauza timpului de viata de spin mai lung a electronului defectului, daca se produce un spin flip a unui electron BC, acesta va fi imediat capturat si spin filtrat de defecte, si rezulta ca o puternica  $P_e$  poate fi mentinuta [1]. Timpul de captura foarte scurt al electronului BC de catre defecte,  $\tau_c < 10 ps$ , care este cu un ordin de marime mai mare decat timpul de relaxare a spinului  $\tau_s \sim 100 ps$ , asigura acest fenomen [1].

Un spin nuclear a defectului diferit de zero, de exemplu  $I = 3/2$  pentru izotopii naturali abundenti  $^{69}Ga_i$  si  $^{71}Ga_i$ , HFI produce mixarea starilor de spin ale electronilor [1]. Aceasta se produce datorita orientarii haotice, dezordonate, intamplatoare, a spinilor nucleelor defectelor, care prin HFI produce o orientare de asemenea haotica a spinilor electronilor BC. Rezulta ca defectele pot capta electronii BC cu ambele orientari ale spinilor [1]. Aplicarea unui camp magnetic longitudinal produce eliminarea efectului HFI de mixare a spinului si reintroduce blocajul de spin si filtrajul de spin [1]. Aplicarea unui camp magnetic exterior produce o despicare mai mare ale celor doua nivele de energie corespunzator celor doua orientari ale proiectiilor spinului electronului defectului fata de despicarea produsa de HFI conform cu cele prezentate mai sus. Acest efect se poate observa si in rezultatele calculate in bibliografie la

numarul [1] in care se observa cresterea distantei dintre nivelele de energie pentru cele doua proiectii ale spinului electronului defectului si pentru diferite proiectii ale spinului nuclear.

Urmatorul Hamiltonian a fost folosit pentru o analiza a mixarii starii de spin a electronului a  $Ga^{2+}$  si pentru a examina observatiile privind imbunatatirea indusa de camp a blocajului de spin si a filtrajului de spin [1]

$$H = g\mu_B B_z S_z + \left[ AS_z I_z + \frac{A}{2} (S_+ I_- + S_- I_+) \right] = H_z + H_{HF}. \quad (37)$$

Aici  $g$  este factorul  $g$  al electronului defectului de  $Ga_i^{2+}$  si  $\mu_B$  este magnetonul Bohr [1]. Termenul HFI, care descrie interactiunea dintre spinul electronului  $\vec{S}$  si spinul nuclear  $\vec{I}$  al defectului cu o constanta de cuplaj hiperfina  $A$ , consta din doua parti [1]. Prima parte implica proiectia  $z$  a electronului defectului si a spinului nuclear,  $S_z$  si  $I_z$ , respectiv [1]. A doua parte contine operatorii de spin de crestere (+) si de scadere (-) a spinilor electronului si nucleului, si joaca un rol important in mixajul de spin indus de HFI si mixeaza stari de spin prin introducerea elementelor extra diagonale in Hamiltonianul de spin in forma matriceala [1].

Pentru alimentarea unui circuit si producerea unui curent se poate folosi o baterie, a carei definitie si exemple de realizare sunt date in [2,5,6].

Pentru realizarea bobinelor din aceasta inventie, folosite pentru deviarea acului de cusut din otel, suspendat in pozitie orizontala cu doua fire de ata verticale legate de un cui de fire infipt intr-o placa de polistiren, cu care se masoara intensitatea curentului trasand raze corespunzatoare la diferite valori ale intensitatii curentului pornind din centrul de rotatie al acului, si pentru bobinele folosite pentru campul magnetic care sa produca despicarea liniei spectrale a sodiului, se pot confectiona bobine fara miez sau cu miezul un cui de fier, realizate dintr-un singur strat de spire ca in referinta [2], sau mai multe straturi de spire ca in referinta [7]. In cazul al doilea metoda aplicata pentru realizarea bobinei este util pentru a mari numarul de spire pe unitatea de lungime si numarul total de spire si astfel marirea inductiei magnetice produsa de bobina [2].

Sistemul tranzistorizat folosit pentru amplificarea curentului de la fotodetector, se realizeaza prin polarizarea bazei tranzistorului de tip pnp printr-un rezistor de la borna + a

bateriei, borna la care este legat si emitorul, iar colectorul se leaga la borna – a bateriei, si este cel descris in referinta [8].

Pentru masurarea intensitatii curentului de la fotorezistor, sau fotosenzor, in aceasta cerere de brevet de inventie este propus un pendul format dintr-un ac de cusut din otel, suspedat cu doua fire verticale din ata de cusut legate de un cui orizontal infipt intr-un panou din polistiren cu grosimea de 7 – 8 cm, astfel incat acul de cusut sa fie in pozitie orizontala. Sub acul de cusut este asezata o bobina cu axa perpendiculara pe directia acului de cusut si intersectand axa verticala de simetrie a acului. Bobina este asezata simetric fata de axa verticala a acului, astfel considerand lungimea bobinei egala cu  $L$ , axa verticala a acului este la distanta  $L/2$  fata de capatul bobinei. Cand curentul trece prin bobina dispusa sub acul de cusut, acul este rotit in jurul axei verticale de simetrie. Firele verticale de suspensie de ata formeaza unghiul  $\alpha$  cu verticala ca in Figura 1. Descopunerea tensiunii  $\vec{F}$  din firul de suspensie este prezentata in Figura 1. Componenta verticala tensiunii este

$$F' = F \cos \alpha \quad (38)$$

si componenta orizontala este

$$F'' = F \sin \alpha \quad (39)$$

Componenta verticala intr-un fir este egala cu jumatatea greutatii conform formulei

$$F' = \frac{G}{2} \quad (40)$$

Daca facem aproximatia ca cele doua componente orizontale ale tensiunilor din firele verticale actioneaza perpendicular pe directia orizontala initiala a acului, acul este considerat ca un dipol magnetic, si cele doua forte cu care campul magnetic actioneaza asupra capetelor acului magnetic, in sensuri opuse, sunt de asemenea perpendiculare pe directia initiala a acului, din conditia ca torsiunile, conform ecuatiei (3), produse de componentele orizontale ale tensiunilor si de forte magnetice, notate cu  $F_M$ , care actioneaza asupra acului, sa fie egale, rezulta ecuatia

$$F''d = F_M l \quad (41)$$

unde  $d$  este distanta dintre cele doua componente horizontale ale tensiuniilor din firele,  $F''$ , de suspensie ale acului si  $l$  este distanta dintre cele doua forte magnetice care rotesc acul si sunt perpendiculare pe directia initiala a acului. Rezulta ca daca  $d$  este mai mic fortele magnetice produc o deviere mai mare si un unghi de rotatie mai mare a acului. Daca unghiul de rotatie in plan orizontal al acului fata de pozitia initiala este notat cu  $\theta$  si distanta dintre punctele de suspensie ale acului este notat cu  $d_0$ , atunci rezulta ecuatia

$$d = d_0 \cos \theta \quad (42)$$

Daca lungimea acului este notata cu  $l_0$ , atunci rezulta ecuatia

$$l = l_0 \cos \theta \quad (43)$$

O aproximatie mai apropiata de realitate este ca cele doua componente horizontale ale tensiunilor din firele de suspensie ale acului sunt perpendiculare pe ac. Atunci, din conditia ca cele doua torsiuni sa fie egale, rezulta ecuatia

$$F'' d_0 = F_M l \quad (44)$$

Legea inductiei electromagnetice a lui Michael Faraday, pe care o demonstram in aceasta inventie, care a murit in 1867.

1. In aceasta inventie prezentam o metoda de determinare a densitatii de probabilitate radiale a orbitei electronului, data de functia de unda, prin care se foloseste blocajul de spin mai sus prezentat si aplicarea unui camp magnetic exterior pentru selectarea si identificarea radiatiei electromagnetice emise prin captura electronului BC de defect si a celei emise prin recombinarea electronului de la defect in BV si masurarea formei acestei densitati de probabilitate in functie de energia acestei radiatii deoarece densitatea de probabilitate care este functie de raza orbitei, astfel este functie de energie, si cunoscand cum varieaza functie de energie se poate calcula cum varieaza functie de raza orbitei.

2. In aceasta inventie propunem pentru brevetare o metoda de demonstrare a despicarii in doua linii a liniei galbene a sodiului si determinarea inductiei magnetice a campului magnetic intr-un punct din exteriorul unei bobine prin care folosim sare de bucatarie presarata intr-o flacara de gaz sau bricheta, in apropierea flacarii punem o bobina, care se realizeaza prin

infasurarea mai multor randuri de spire de cupru [3] izolat pe un cui de fier. bobina se alimenteaza cu un tip de baterie prezentata in [5] unu sau mai multe baterii R20 legate in serie. si liniile spectrale ale sodiului de observa cu un spectroscop cantitativ EISCO premium. si din distanta dintre cele doua linii spectrale calculam valoarea inductiei magnetice in acel punct din spatiu, si daca este necesar pentru protectia bobinei fata de flacara se poate folosi un ecran dintr-o tabla metalica.

3. In aceasta inventie propunem spre brevetare o metoda prin care se foloseste filtrajul de spin pentru demonstrarea cresterii largimii benzii de energie corespunzatoare unei valori a numarului cuantic magnetic cu cresterea inductiei magnetice a campului magnetic exterior aplicat conform ecuatiei (24) pentru demonstrarea si masurarea acestei largimi de banda datorata desitatii radiale de probabilitate.

4. In aceasta inventie propunem spre brevetare o metoda prin care folosind doua prisme de sticla, a doua invers fata de prima, pentru marirea largimii liniei spectrale. sau o retea de difractie, sau un spectroscop cantitativ EISCO premium si o fanta de intrare. si folosind un detector cu semiconductor, de exemplu o fotorezistenta, pentru masurarea intensitatii liniei spectrale in intervalul  $E$  si  $E+dE$ , legarea fotorezistentei la baza unui tranzistor in serie cu rezistenta prin care se polarizeaza baza unui tranzistorului. masuram intensitatea curentului amplificat de tranzistor in emitorul acestuia cu un ampermetru. sau cu un dispozitiv pentru masurarea intensitatii curentului, realizat prin suspendarea in pozitie orizontala de doua fire verticale a unui ac de cusut din otel, magnetizat cu un magnet de jucarie, care este deviat de campul magnetic produs de trecerea curentului din emitorul tranzistorului printr-o bobina asezata cu axa perpendiculara pe directia acului, sub ac, fara sa atinga acul. infasurata pe un cui de fier, care are deviatia. unghiul de rotatie fata de echilibru,  $\theta$ , crescatoare in functie de intensitatea curentului prin bobina, si sensibilitatea acestuia putand sa fie crescuta prin scaderea distantei dintre punctele de suspensie a acului de cusut de firele verticale. deoarece torsiunea scade cu scaderea distantei dintre punctele de suspensie, dar considerand acul ca un dipol magnetic intr-un model simplificat, cele doua forte magnetice care actioneaza la capetele acului produc aceasi torsiune asupra acului, si masurand masa acului si folosind ecuatiei

$$F''d_0 = F_M l_0 \cos \theta \quad (45)$$

se efectueaza calculul fortei magnetice  $F_M$ , se efectueaza verificarea legii Biot-Savart. si se efectueaza calculul inductiei campului magnetic pentru sursa de camp magnetic, care poate fi diferita de o bobina.

5. Se revendica o metoda de masurare a filtrajului de spin prin care se aplica pe semiconductorul dopat un semnal dreptunghiular [2] cu jumatatea de perioada mai mare decat suma timpilor cat dureaza semnalul electromagnetic, cu perioada egala cu perioada semnalului dreptunghiular, care produce tranzitia electronilor din BV in BC si cat dureaza tranzitia electronilor din BC pe nivelul impuritatii si cat dureaza tranzitia de pe nivelul impuritatii in BV si producerea recombinarii, astfel incat prin masurarea scaderii amplitudinii semnalului masurat pe semiconductor se poate determina concentratia de electroni care tranziteaza pe nivelul impuritatii si pe urma in BV, si prin aplicarea excitarii optice polarizate liniar, cu perioada egala cu perioada semnalului dreptunghiular, dupa un timp dupa ce a fost aplicat semnalul care produce tranzitia electronilor in BC, dar astfel incat acest timp al excitarii optice polarizate liniar sa inceapa inainte de a se oprii semnalul care produce tranzitia din BV in BC, si sa se termine cand se termina jumatatea de perioada a semnalului dreptunghiular, si astfel sa se masoare scaderea amplitudinii semnalului electric in semiconductor prin tranzitiile din BC pe nivelul impuritatii si de pe acest nivel in BV, si astfel sa se determine concentratia electronilor care sufera aceste tranzitii pe nivelul impuritatii si de pe nivelul impuritatii in BV, si astfel sa se determine cu cat este mai mica aceasta concentratie a electronilor care sufera aceste tranzitii din BC pe nivelul impuritatii si de pe nivelul impuritatii in BV in cazul filtrajului de spin.

6. In acesta inventie propunem o metoda pentru masurarea scaderii tensiunii electromotoare a unei baterii cu electrolit format din sare de bucatarie, NaCl, dizolvata in apa, un electrod din aluminiu, un electrod format din fier, si cuplarea celor doua electrozi la un voltmetru, in care electrodul din aluminiu este o sarma de aluminiu, electrodul din fier este un cui din fier, si solutiile sunt formate din solutie saturata apa cu NaCl, solutie cu 1 parte solutie saturata, 1 parti apa, solutie cu 1 parte solutie saturata 3 parti apa, solutie cu 1 parte solutie saturata 7 parti apa, solutie cu 1 parte solutie saturata, 15 parti apa, si prin care se demonstreaza ca daca se produce reactia unei parti de ioni, si tensiunea electromotoare de la fiecare reactie se aduna, cu scaderea concentratiei ionilor din electrolit scade numarul de reactii si scade tensiunea



electromotoare [2,6], si masurarea tensiunii electromotoare se poate realiza si cu metoda din [10].

7.In aceasta inventie propunem o metoda de demonstrare a legii inductiei electromagnetice a lui Faraday [2], prin care realizam o bobina cu mana cu un strat sau 4 straturi de spire succesive cu sarma izolata de Cu, cu diametrul de 0.4 mm sau 0.3 mm [2.7], pe un cui de fier cu diametrul de 6 mm. bobina multistrat fiind realizata astfel incat dupa realizarea unui strat de la capatul stratului firul de Cu sa trage paralel cu axa bobinei la inceputul bobinei si se realizeaza al doilea strat incepand din aceasta pozitie cu spire succesive. iar primul strat se realizeaza pe un cilindru din hartie sau carton infasurat pe cui pentru a putea scoate si reintroduce cu usurinta cuiul in bobina, pentru magnetizarea cuiului bobina care se afla pe cui se conecteaza la o baterie de 6 V formata din 4 baterii R 20 cuplate in serie. bateriile fiind fixate intr-un cilindru din carton A4 cu diametrul egal cu diametrul bateriei R 20 legat cu o sarma cu 2 spire. dupa care bobina se cupleaza la un voltmetru DT 830B pe scala de 200 mV, se scoate cuiul din bobina cu o viteza potrivita, si se obtine o tensiune electromotoare de 1.4 mV pentru bobina cu un strat de spire si mai mult de 2 mV pentru bobina cu 4 straturi de spire.

8.In aceasta inventie propunem pentru brevetare o metoda de demonstrare a legii inductiei electromagnetice a lui Faraday, in care se realizeaza cu mana doua bobine cu cate 4 straturi de spire, ca la punctul anterior, cu același miez din cui de fier cu diametrul de 6 mm, din sarma izolata de Cu cu diametrul de 0.3 mm, a doua bobina fiind infasurata peste prima bobina, cu aceasi lungime ca si prima bobina, si prin cuplarea celei de a doua bobine la un voltmetru DT 830 B pe scala de 200 mV, si conectarea repetata a primei bobine la o sursa de 3 V, 6 V si 9 V, formata din 2, 4 si respectiv 6 baterii R 20 conectate in serie. se obtine tensiunea electromotoare maxima pe a doua bobina de 2 ori mai mare, cand se conecteaza 6 V, si de 3 ori mai mare cand se conecteaza 9 V, decat atunci cand se conecteaza 3 V, deoarece curentul din prima bobina este data de [2]

$$I = \frac{E}{R + r} \approx \frac{E}{R}$$

deoarece  $r \approx 0.2 \Omega$ , si este de 2 ori si respectiv de 3 ori mai mare decat in primul caz. iar inductia magnetica din miez este [2]

### BIBLIOGRAFIE

- [1] Y. Pittsong et al., Phys. Rev. B 87, 125202 (2013).
- [2] M. Mansfield and Colm O'Sullivan, Understanding Physics, Wiley, 2011.
- [3] Stefan Domokos, Tabelul Periodic al Elementelor, 2012.
- [4] Jokai Mor, A Damokosok, Bibliolife.
- [5] Stefan Domokos. Cerere de brevet de inventie nr a 2011 00776 cu data de depozit din 03.08.2011 cu titlul Celula electrolitica.
- [6] Harold D. Nathan and Charles Henrickson, CliffsNotes Chemistry Quick Review. Wiley, 2011.
- [7] Neil Ardley, 101 great science experiments, DK PUBLISHING 2006, pag 94-95.
- [8] Electronic Brain Box 1288.
- [9] Instruction manual, EISCO premium quantitative analysis spectroscopie.
- [10] Stefan Domokos, Cerere de brevet de inventie nr a 2011 00993 cu data de depozit din 03.10.2011 cu titlul Celula electrolitica.

## REVENDICARILE

1. In aceasta inventie prezentam o metoda de determinare a densitatii de probabilitate radiale a orbitei electronului, data de functia de unda, prin care se foloseste blocajul de spin mai sus prezentat si aplicarea unui camp magnetic exterior pentru selectarea si identificarea radiatiei electromagnetice emise prin captura electronului BC de defect si a celei emise prin recombinarea electronului de la defect in BV si masurarea formei acestei densitati de probabilitate in functie de energia acestei radiatii deoarece densitatea de probabilitate care este functie de raza orbitei, astfel este functie de energie, si cunoscand cum varieaza functie de energie se poate calcula cum varieaza functie de raza orbitei.

2. In aceasta inventie propunem pentru brevetare o metoda de demonstrare a despicarii in doua linii a liniei galbene a sodiului si determinarea inductiei magnetice a campului magnetic intr-un punct din exteriorul unei bobine prin care folosim sare de bucatarie presarata intr-o flacara de gaz sau bricheta, in apropierea flacarii punem o bobina, care se realizeaza prin infasurarea mai multor randuri de spire de cupru [3] izolat pe un cui de fier, bobina se alimenteaza cu un tip de baterie prezentata in [5] unu sau mai multe baterii R20 legate in serie, si liniile spectrale ale sodiului de observa cu un spectroscop cantitativ EISCO premium, si din distanta dintre cele doua linii spectrale calculam valoarea inductiei magnetice in acel punct din spatiu, si daca este necesar pentru protectia bobinei fata de flacara se poate folosi un ecran dintr-o tabla metalica.

3. In aceasta inventie propunem spre brevetare o metoda prin care se foloseste filtrajul de spin pentru demonstrarea cresterii largimii benzii de energie corespunzatoare unei valori a numarului cuantic magnetic cu cresterea inductiei magnetice a campului magnetic exterior aplicat, conform ecuatiei (24), pentru demonstrarea si masurarea acestei largimi de banda datorata densitatii radiale de probabilitate.

4. In aceasta inventie propunem spre brevetare o metoda prin care folosind doua prisme de sticla, a doua invers fata de prima, pentru marirea largimii liniei spectrale, sau o retea de difractie, sau un spectroscop cantitativ EISCO premium [9] si o fanta de intrare, si folosind un detector cu semiconductor, de exemplu o fotorezistenta, pentru masurarea intensitatii liniei spectrale in intervalul  $E$  si  $E+dE$ , legarea fotorezistentei la baza unui tranzistor in serie cu

rezistenta prin care se polarizeaza baza unui tranzistorului, masuram intensitatea curentului amplificat de tranzistor cu un ampermetru, sau cu un dispozitiv pentru masurarea intensitatii curentului, realizat prin suspendarea in pozitie orizontala de doua fire verticale a unui ac de cusut din otel, magnetizat cu un magnet de jucarie, care este deviat de campul magnetic produs de trecerea curentului din emitorul tranzistorului printr-o bobina asezata cu axa perpendiculara pe directia acului, sub ac, fara sa atinga acul, infasurata pe un cui de fier, care are deviatia, unghiul de rotatie fata de echilibru, crescatoare in functie de intensitatea curentului prin bobina, si sensibilitatea acestuia putand sa fie crescuta prin scaderea distantei dintre punctele de suspensie a acului de cusut de firele verticale deoarece torsiunea scade cu scaderea distantei dintre punctele de suspensie, dar considerand acul ca un dipol magnetic intr-un model simplificat, cele doua forte magnetice care actioneaza la capetele acului produc aceasi torsiune asupra acului.

5. Se revendica o metoda de masurare a filtrajului de spin in care se aplica pe semiconductorul dopat un semnal dreptunghiular cu jumatatea de perioada mai mare decat suma timpilor cat dureaza semnalul electromagnetic, cu perioada egala cu perioada semnalului dreptunghiular, care produce tranzitia electronilor din BV in BC si cat dureaza tranzitia electronilor din BC pe nivelul impuritatii si cat dureaza tranzitia de pe nivelul impuritatii in BV si producerea recombinarii, astfel incat prin masurarea scaderii amplitudinii semnalului masurat pe semiconductor se poate determina concentratia de electroni care tranziteaza pe nivelul impuritatii si pe urma in BV, si prin aplicarea excitarii optice polarizate liniar, cu perioada egala cu perioada semnalului dreptunghiular, dupa un timp dupa ce a fost aplicat semnalul care produce tranzitia electronilor in BC, dar astfel incat acest timp al excitarii optice polarizate liniar sa inceapa inainte de a se oprii semnalul care produce tranzitia din BV in BC, si sa se termine cand se termina jumatatea de perioada a semnalului dreptunghiular, si astfel sa se masoare scaderia amplitudinii semnalului electric in semiconductor prin tranzitiile din BC pe nivelul impuritatii si de pe acest nivel in BV, si astfel sa se determine concentratia electronilor care sufera aceste tranzitii pe nivelul impuritatii si de pe nivelul impuritatii in BV, si astfel sa se determine cu cat este mai mica aceasta concentratie a electronilor care sufera aceste tranzitii din BC pe nivelul impuritatii si de pe nivelul impuritatii in BV in cazul filtrajului de spin.

6. In acesta inventie propunem o metoda pentru masurarea scaderii tensiunii electromotoare a unei baterii cu electrolit format din sare de bucatarie, NaCl, dizolvata in apa, un

electrod din aluminiu, un electrod format din fier, si cuplarea celor doua electrozi la un voltmetru, in care electrodul din aluminiu este o sarma de aluminiu, electrodul din fier este un cui din fier, si solutiile sunt formate din solutie saturata apa cu NaCl, solutie cu 1 parte solutie saturata, 1 parti apa, solutie cu 1 parte solutie saturata 3 parti apa, solutie cu 1 parte solutie saturata 7 parti apa, solutie cu 1 parte solutie saturata, 15 parti apa, si prin care se demonstreaza ca daca se produce reactia unei parti de ioni, si tensiunea electromotoare de la fiecare reactie se aduna, cu scaderea concentratiei ionilor din electrolit scade numarul de reactii si scade tensiunea electromotoare [2,6], si masurarea tensiunii electromotoare se poate realiza si cu metoda din [10].

7.In aceasta inventie propunem o metoda de demonstrare a legii inductiei electromagnetice a lui Faraday [2], prin care realizam o bobina cu mana cu un strat sau 4 straturi de spire succesive cu sarma izolata de Cu, cu diametrul de 0.4 mm sau 0.5 mm [2.7], pe un cui de fier cu diametrul de 6 mm, bobina multistrat fiind realizata astfel incat dupa realizarea unui strat de la capatul stratului firul de Cu sa trage paralel cu axa bobinei la inceputul bobinei si se realizeaza al doilea strat incepand din aceasta pozitie cu spire succesive, iar primul strat se realizeaza pe un cilindru din hartie sau carton infasurat pe cui pentru a putea scoate si reintroduce cu usurinta cuiul in bobina, pentru magnetizarea cuiului bobina care se afla pe cui se conecteaza la o baterie de 6 V formata din 4 baterii R 20 cuplate in serie, bateriile fiind fixate intr-un cilindru din carton A4 cu diametrul egal cu diametrul bateriei R 20 legat cu o sarma cu 2 spire, dupa care bobina se cupleaza la un voltmetru DT 830B pe scala de 200 mV, se scoate cuiul din bobina cu o viteza potrivita, si se obtine o tensiune electromotoare de 1.4 mV pentru bobina cu un strat de spire si mai mult de 2 mV pentru bobina cu 4 straturi de spire.

8.In aceasta inventie propunem pentru brevetare o metoda de demonstrare a legii inductiei electromagnetice a lui Faraday, in care se realizeaza cu mana doua bobine cu cate 4 straturi de spire, ca la punctul anterior, cu același miez din cui de fier cu diametrul de 6 mm, din sarma izolata de Cu cu diametrul de 0.3 mm, a doua bobina fiind infasurata peste prima bobina, cu aceasi lungime ca si prima bobina, si prin cuplarea celei de a doua bobine la un voltmetru DT 830 B pe scala de 200 mV, si conectarea repetata a primei bobine la o sursa de 3 V, 6 V si 9 V, formata din 2, 4 si respectiv 6 baterii R 20 conectate in serie, se obtine tensiunea electromotoare maxima pe a doua bobina de 2 ori mai mare, cand se conecteaza 6 V, si de 3 ori mai mare cand

se conecteaza 9 V, decat atunci cand se conecteaza 3 V, deoarece curentul din prima bobina este data de [2]

$$I = \frac{E}{R+r} \approx \frac{E}{R}$$

deoarece  $r \approx 0.2 \Omega$ , si este de 2 ori si respectiv de 3 ori mai mare decat in primul caz, iar inductia magnetica din miez este [2]

$$B = \mu n I$$

unde  $\mu$  este permeabilitatea magnetica a miezului,  $n$  este numarul de spire pe unitatea de lungime din prima bobina, iar fluxul din a doua bobina este [2]

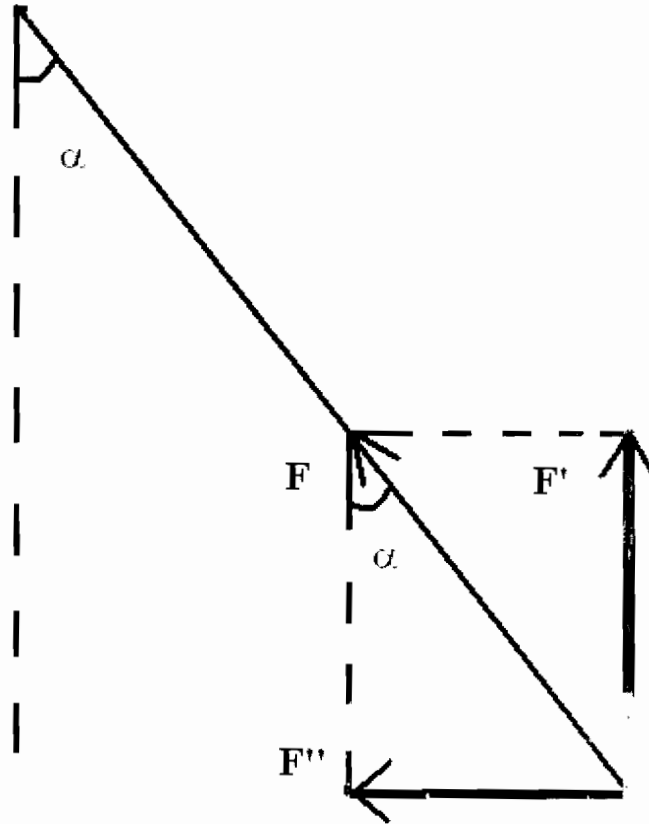
$$\Phi = (\pi r^2) B N = (\text{constant}) I$$

unde  $r$  este raza miezului si  $N$  este numarul de spire din a doua bobina, si astfel fluxul este de 2 ori si de 3 ori mai mare, si variatia fluxului in unitatea de timp, pornind de la zero la valoarea maxima, este de 2 ori si de 3 ori mai mare, si tensiunea electromotoare indusa prin inductie electromagnetica [2]

$$E_{ind} = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right|$$

este de 2 si de 3 ori mai mare.

DESENELE EXPLICATIVE



G2 ✓

Figura 1.