

**INFLUENȚA LUMINII ASUPRA PROCESULUI DE ELECTROLIZĂ**

Hîrbu Arefa, *doctor în științe fizice*, Beșliu Vitalie, *doctor în științe tehnice*, Ojegov Alexandru, *doctor în științe tehnice*. *Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți.*

This paper presents experimental and theoretical researches of the light influence on the process of electrolytic dissociation. The results of experimental investigations of the influence of light on the electrolytic current in the watery salt solution (CuSO<sub>4</sub>) are discussed. The dependences of the current intensity in the electrolyte, the surfaces morphology and the analysis of the results are also presented.

**Key-words:** *electrolyte, electrode, electrolytic dissociation, luminescence, radiation, absorption.*

**INTRODUCERE**

Teoria interacțiunilor electromagnetice este studiată de-a lungul anilor și poate fi aplicată la intensificarea diferitor procese tehnologice ca rezultat al interacțiunii electromagnetice a radiației cu materia. Verificările experimentale ale acestei teorii au fost confirmate în limitele erorilor experimentale și a aproximărilor matematice.

Interacțiunile electromagnetice există între fotoni și toate particulele care posedă sarcină electrică. Ele pot fi considerate ca rezultat al schimbului de fotoni în momentul interacțiunii sau ca urmare a absorbției și emisiei lor.

Constanta de interacțiune electromagnetică determină intensitatea procesului [5-8] și este proporțională cu pătratul sarcinii electrice  $e^2$  sau prezintă o mărime adimensională proporțională cu  $e^2$ :

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} = \frac{1}{137}$$

Dacă un foton este implicat în procesul de interacțiune, atunci probabilitatea unui astfel de proces este proporțională cu  $\alpha$ , dacă doi fotoni, atunci este proporțională cu  $\alpha^2$ .

Să analizăm procesele care au loc cu cea mai mare probabilitate și, respectiv, cel mai mare transfer de energie, prin urmare, procesele care determină capacitatea de pătrundere a particulelor în materie.

Aceste procese electromagnetice elementare pot fi clasificate din punct de vedere al fizicii clasice pe baza conceptului de parametru de impact „b”, care caracterizează distanța de cea mai mare apropiere dintre particule.

Când particulele interacționează cu atomii mediului prin care ele se mișcă, atunci este firesc să comparăm valoarea parametrului de impact „b” cu dimensiunea atomilor „a”. În funcție de modul în care valorile lui „b” și „a” corelează între ele are loc un anumit proces de interacțiune [7, 8].

1.  $b \gg a$ . Dacă parametrul de impact este cu mult mai mare decât dimensiunea atomilor, atunci atomul interacționează cu câmpul electromagnetic alternant creat de o particulă încărcată și în acest caz are loc excitația și ionizarea lor. Interacțiunea unui foton cu un atom, în ansamblu, duce la efectul fotoelectric.

2.  $b \sim a$ . Dacă parametrul de impact este comparabil cu dimensiunea atomului, atunci particula va interacționa cu electronii ultimelor nivele ale atomului. În acest caz, particula încărcată poate transfera energie semnificativă către electron, și atunci electronul părăsește atomul și poate ioniza alți atomi.

Un astfel de electron se numește electron  $\delta$ . Dacă energia primită de electronul  $\delta$  este mare în comparație cu energia de legătură din atom, atunci acest proces poate fi considerat ca interacțiunea particulei cu electronul liber. Când un foton ciocnește un astfel de electron „liber”, fotonul difuzează.

3.  $b \ll a$ . La valori și mai mici ale parametrului de impact, particula interacționează cu câmpul electric al nucleului. În acest caz, traiectoria particulei se curbează și are loc accelerarea sau frînarea particulei. Conform legilor electrodinamicii clasice, în acest caz ar trebui să apară bremsstrahlung. Când fotonii cu energie înaltă interacționează cu nucleeele atomice, pot apărea perechi electron-pozitron. În acest caz, fotonul este absorbit și energia lui este transmisă perechii electron-pozitron. Acest efect de prag poate apărea în cazul când energia fotonului este mai mare decât energia totală de repaus a electronului și pozitronului [7, 8].

Ne vom referi numai la cazul când  $b \gg a$ .

Lămpile, în care se utilizează luminescența la descărcarea electrică în gaze rarificate, se numesc lămpi de iluminat cu gaze rarificate și reprezintă niște tuburi de sticlă cu un anumit gaz la diferită presiune. La capetele tubului sunt amplasați electrozi, cărora li se aplică o tensiune alternativă înaltă. Radiația acestor lămpi are spectru de linii, care se află în special în zona vizibilă și ultravioletă. Spectrul depinde de natura vaporilor sau a gazului, în care se produce descărcarea, de exemplu, neonul luminează cu o lumină portocalie-roșie, azotul – cu o lumină violetă, argonul – cu o lumină indigo-verzuie, etc. [1].

Cel mai mare interes în acest domeniu, îl reprezintă lămpile cu vapori de mercur (care se mai numesc lămpi de cuarț), în care descărcarea electrică are loc în atmosfera vaporilor de mercur. În acest caz atomii de mercur excitați emit o radiație intensă în zona vizibilă-ultravioletă a spectrului.

### MATERIALE ȘI METODE

În experiment a fost utilizată lampa medicală de cuarț cu vapori de mercur și argon de presiune mică [3].

Lampa emite maximul de radiație în regiunea ultravioletă al spectrului cu lungimea de undă de 313 nm, precum și o radiație vizibilă de nuanță indigo-violetă, ceea ce este suficient de a ioniza atomii de Cu aflați în mediul activ al experimentului, lucru de ieșire a căruia fiind de 4,3 eV. Lampa se conectează la o rețea de curent alternativ (fig. 1).

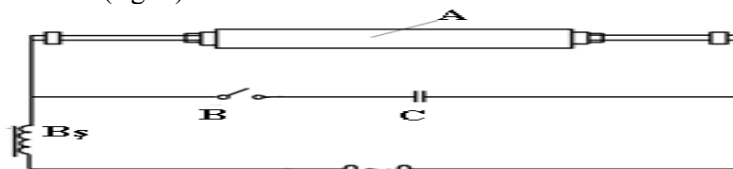


Fig. 1. Schema electrică de conectare a lămpii de cuarț.

Excitația atomilor și, mai ales, a moleculelor poate fi legată nu numai de tranziția electronilor pe alte orbite, dar și de intensificarea altor tipuri de mișcare moleculară. Viteza sau frecvența acestor tipuri de mișcare determină de asemenea nivelul energiei interioare a particulelor, și creșterea acestui nivel poate avea loc sub influența aceluiași factori exteriori, care provoacă și tranziția electronilor pe orbitele nivelului energetic mai înalt.

Conform teoriei cuantice, energia interioară a atomului sau a moleculei, legată de aceste tipuri de mișcare, este de asemenea discretă și are niveluri energetice admisibile proprii. În acest caz, atomul sau molecula excitată revine de asemenea peste un anumit interval de timp la starea de bază, radiind un foton de frecvență corespunzătoare:

$$h\nu = \Delta\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$$

unde  $\varepsilon_1$  și  $\varepsilon_2$  sunt nivelurile energetice respective ale atomului sau moleculei.

Energia tuturor acestor feluri de mișcare este mult mai mică decât energia electronului la mișcarea lui pe orbită, de aceea fotonii radiați în acest caz au o lungime de undă mare, aparținând în special zonei de radiație infraroșie (termice) de lungimi de undă. Întrucât numărul de niveluri energetice este mare radiația moleculelor se caracterizează prin spectre cu multe linii – spectre sub formă de bandă [2].

În cazul luminescenței excitarea atomilor și a moleculelor are loc ca rezultat al absorbirii energiei fotonilor radiației incidente pe substanță. Dacă energia fotonilor absorbiți este suficientă, atunci are loc tranziția electronilor pe un nivel energetic mai înalt, urmată de o radiație secundară.

Dacă energia fotonilor este mai mică atunci tranziția atomilor și a moleculelor pe niveluri energetice mai înalte poate avea loc sub alte forme de mișcare moleculară. De aceea, radiația luminescentă are în special spectre sub formă de bandă. După cum arată fenomenul fosforescenței, până a se produce radiația spontană, particulele unor substanțe se pot afla în stare excitată un timp îndelungat. Totuși, în aceste condiții, radiația poate fi provocată acționând asupra particulelor excitate cu un foton din exterior de aceeași frecvență, pe care trebuie s-o aibă radiația spontană. O astfel de radiație se numește radiație indusă, iar instalația pentru utilizarea ei – generator molecular sau cuantic.

Menționăm, că există încă un mecanism de obținere a radiației electromagnetice și anume frânarea electronilor, care se mișcă cu viteze mari, de către câmpul nucleului sau al învelișurilor electronice ale atomului, prin care trec acești electroni. Fotonii radiației au în acest caz o energie relativ mare și reprezintă radiația X.

O energie și mai mare a fotonilor în comparație cu radiația X o are radiația  $\gamma$  a substanțelor radioactive.

Tabelul 1 conține date (frecvența, lungimea de undă, energia fotonilor), care caracterizează diferite tipuri de radiație optică [4].

Reieșind din acestea vom cerceta influența luminii asupra procesului de electroliză.

Tabelul 1. Caracteristica radiației optice [4]

Tipuri de radiație	Lungimea de undă, $\mu\text{m}$		Frecvența, Hz		Energia fotonului, eV	
	de la	pînă la	de la	pînă la	de la	pînă la
Infraroșie	400	0,76	$7,5 \cdot 10^{11}$	$3,94 \cdot 10^{14}$	0,0031	1,65
Vizibilă	0,76	0,38	$3,94 \cdot 10^{14}$	$7,9 \cdot 10^{14}$	1,65	3,3
Ultravioletă	0,38	0,2	$7,9 \cdot 10^{14}$	$1,5 \cdot 10^{14}$	3,3	6,2

Experimentul a decurs cu și fără acțiunea luminii asupra acestui proces.

Electrolizorul este confecționat din sticlă organică având electrozii plăți cu partea activă față în față (fig. 2). Distanța dintre părțile active ale electrozilor este de 9 mm. Suprafața părții active a electrozilor este de  $232 \text{ mm}^2$  ( $29\text{mm} \times 8\text{mm}$ ).

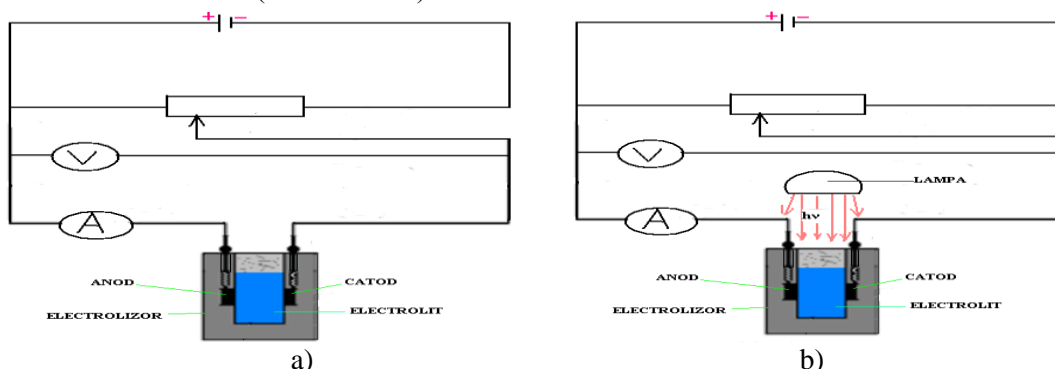


Fig. 2. Schema instalației experimentale: a) fără acțiunea luminii; b) cu acțiunea luminii.

La prepararea soluțiilor s-a utilizat apă distilată și sare de cupru  $\text{CuSO}_4$ . Pentru realizarea cercetării au fost preparate soluțiile cu următoarele concentrații: 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%.

### REZULTATE ȘI DISCUȚII

Pentru fiecare caz de experiment a fost alcătuit circuitul electric fixând curentul inițial prin soluție de 0,5 A, apoi în intervale egale de timp a câte 20 s s-a înregistrat valoarea curentului prin soluție pentru fiecare caz separat. Rezultatele experimentale sunt reprezentate grafic atât în fig. 3-5, 9, cât și morfologia suprafeței catodului în fig. 6-8.

În rezultatul analizei acestor grafice se observă că valoarea intensității curentului în electrolit se mărește în timp până la valori maxime de 1,3 A pentru concentrația electrolitului de 15-20%. Pentru valori mai mari a concentrației electrolitului, adică de 25-35%, valoarea maximă a intensității curentului crește până la 0,8-0,9 A. Aceste deziderate se observă pentru cazul standard de realizare a procesului de electroliză, adică fără acțiunea luminii.

Un alt tablou a variației curentului se observă în cazul acțiunii suplimentare a luminii asupra procesului de electroliză. În acest caz, se observă pentru toate concentrațiile o creștere a valorii curentului față de cazul clasic a procesului de electroliză. Însă, peste un interval de timp, valoarea curentului începe să se micșoreze, probabil, din cauza apariției pasivării, până la valorile intensității curentului obținute pentru procesul de electroliză clasic, fără acțiunea luminii (fig. 4-5). O acțiune mai eficientă a luminii se observă pentru concentrație a electrolitului de 10%. În acest caz, valoarea intensității curentului este mai mare cu aproximativ 80% față de cazul în care nu se utilizează acțiunea luminii. Această poate fi explicat prin faptul că electrolitul reprezintă un mediu tulbur și adâncimea de pătrundere a luminii depinde de concentrația soluției. Pentru concentrații mai mici adâncimea de pătrundere este mai mare și interacțiunea luminii cu electrolitul este mai eficientă.

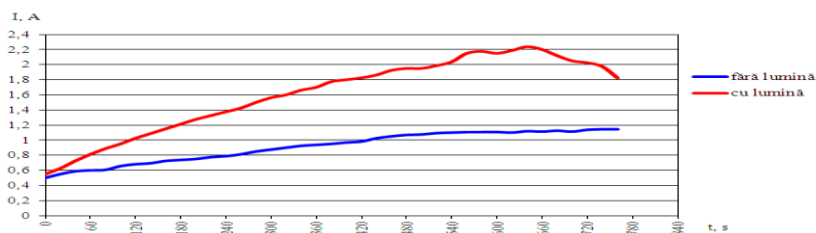


Fig. 3. Dependența intensității curentului în electrolit (soluție apoasă 10%  $\text{CuSO}_4$ ) în timp.

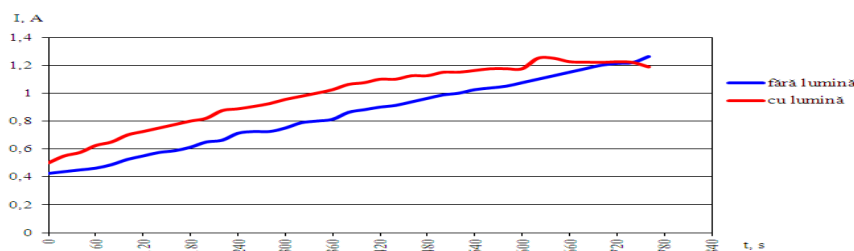


Fig. 4. Dependența intensității curentului în electrolit (soluție apoasă 15%  $\text{CuSO}_4$ ) în timp.

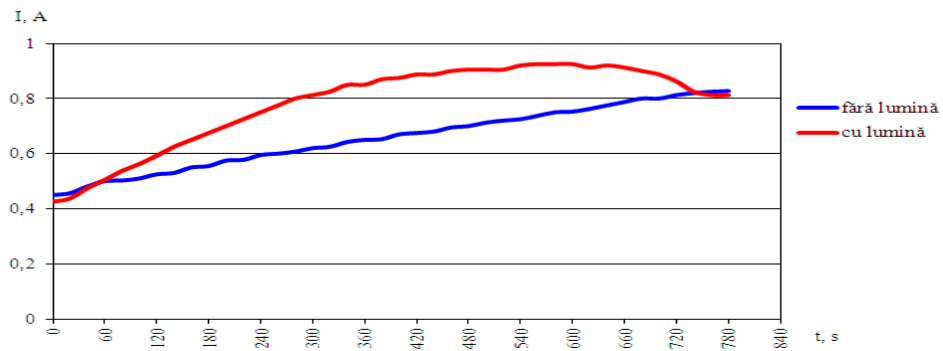
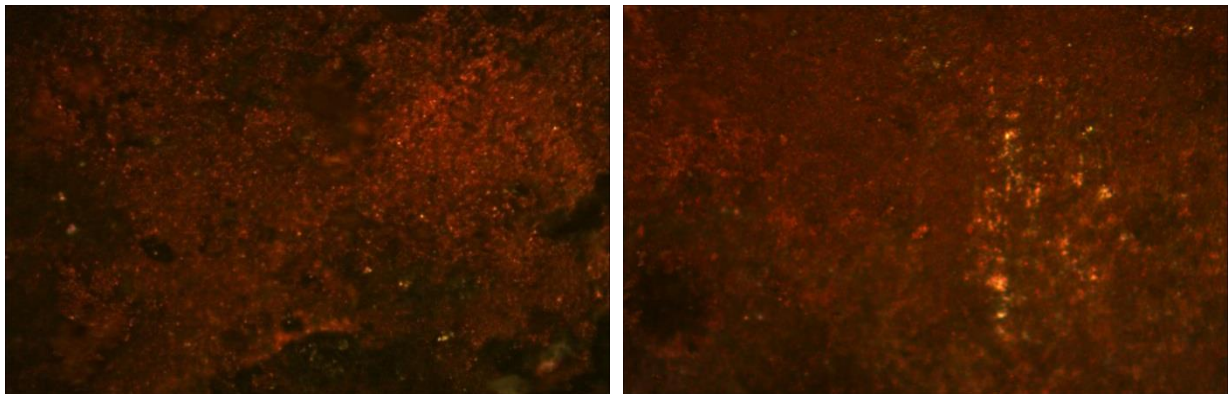


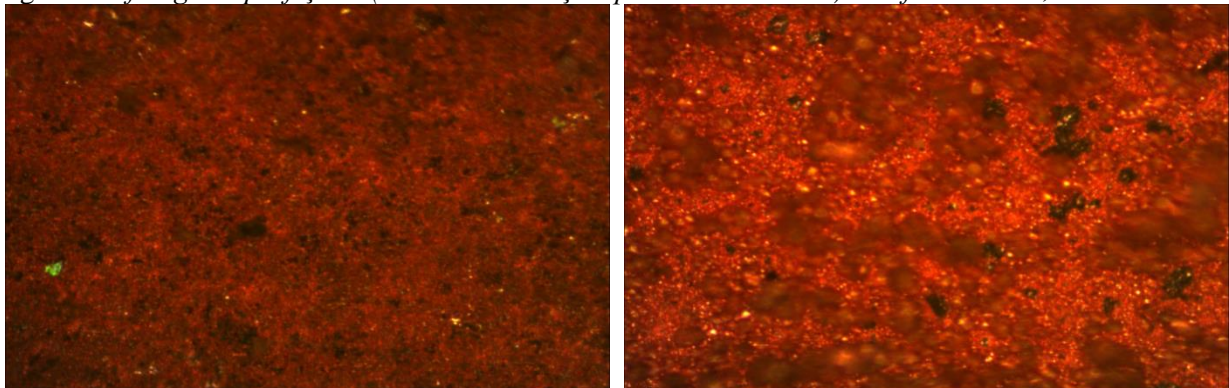
Fig. 5. Dependența intensității curentului în electrolit (soluție apoasă 35%  $\text{CuSO}_4$ ) în timp.



a)

b)

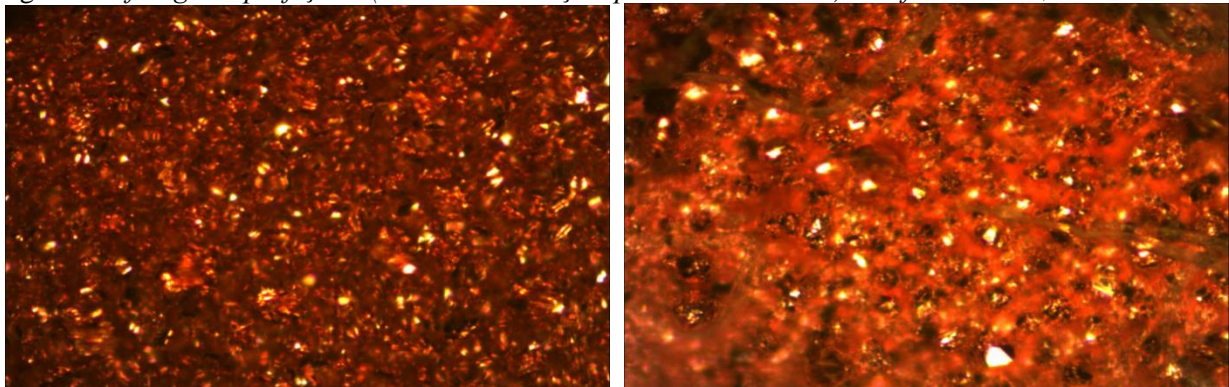
Fig. 6. Morfologia suprafețelor (electrolit – soluție apoasă 10%  $\text{CuSO}_4$ ): a – fără lumină; b – cu lumină.



a)

b)

Fig. 7. Morfologia suprafețelor (electrolit – soluție apoasă 15%  $\text{CuSO}_4$ ): a – fără lumină; b – cu lumină.



a)

b)

Fig. 8. Morfologia suprafețelor (electrolit – soluție apoasă 35%  $\text{CuSO}_4$ ): a – fără lumină; b – cu lumină.



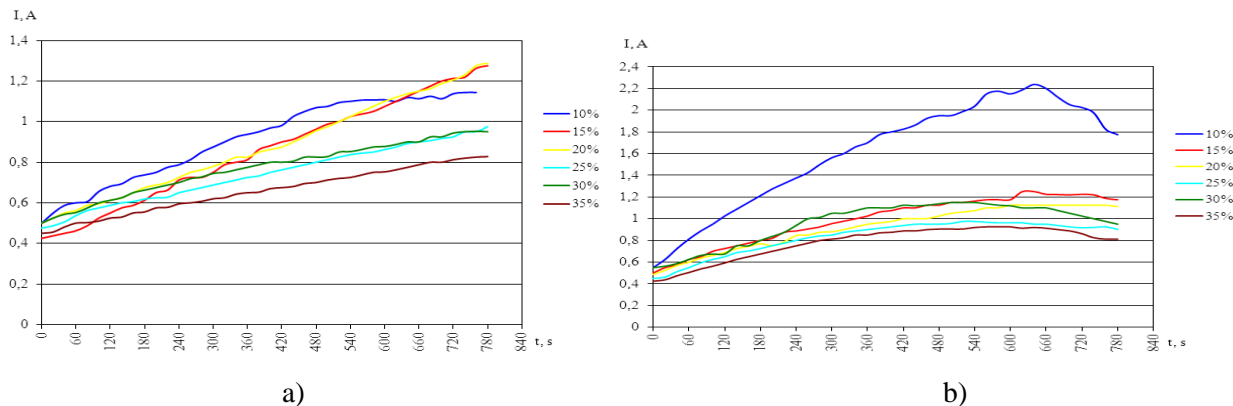


Fig. 9. *Dependența intensității curentului în electrolit (pentru diferite concentrații) în timp fără acțiunea luminii (a) și cu acțiunea luminii (b).*

Creșterea curentului, în cazul acțiunii luminii, este provocată de absorbția energiei fotonului de către ionii electrolitului când numărul de ionizări ai atomului de cupru și gradul de disociere a moleculelor crește în comparație cu procesul de recombinare. Această duce la creșterea vitezei de depunere a cuprului pe catod, deoarece masa cuprului depus este proporțională cu intensitatea curentului din baia electrolitică. Din morfologia suprafețelor catozilor se observă depunerea mai pronunțată a cuprului pe electrod în cazul electrolizei cu acțiunea suplimentară a luminii (fig. 6-8).

### CONCLUZII:

În rezultatul experimentului s-a stabilit că sub acțiunea suplimentară a luminii crește gradul de disociere electrolitică.

1. La concentrații mici ale electrolitului (pentru soluție apoasă de 10% de  $\text{CuSO}_4$ ) acțiunea suplimentară a luminii duce la creșterea intensității curentului electrolitic cu pînă la 80%.
2. Cercetările experimentale au demonstrat că acțiunea suplimentară a luminii poate fi utilizată pentru eficientizarea proceselor electrochimice.

### Bibliografie:

1. Calășnicov, S.G. *Electricitatea*. Traducere din limba rusă. - Chișinău: Ed. Lumina, 1971. - 676 p.
2. Livințev, N.M. *Curs de fizică*. - Chișinău: Ed. Lumina, 1969.
3. Буков, В.А. *Practicum la fizică în Școala medie*. - Chișinău: Ed. Lumina, 1975.
4. Буков, В.А. *Задачи по физике*. - Москва: Просвещение, 1980.
5. Попов, В. С.; Николаев, С. А. *Electrotehnica*. - Chișinău: Ed. Lumina, 1970.
6. <http://www.circuite-electrice.accounting-business.eu/legile-electrolizei.html>.
7. Ильинский, Ю.А.; Келдыш, Л.В. *Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом*. - Москва: Изд-тво МГУ, 1989. - 304 с.
8. Егранов, А.В. *Методы экспериментальной физики конденсированного состояния, Часть 2. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Учебное пособие*. - Иркутск, 2013. - 114 с.