

SOCIETATEA FIZICIENILOR DIN MOLDOVA  
UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI  
INSTITUTUL DE INGINERIE ELECTRONICĂ ȘI NANOTEHNOLOGII  
„DUMITRU GHIȚU”

**FIZICA**  
**ȘI**  
**TEHNOLOGIILE MODERNE**

*Revistă științifico-didactică și de popularizare a științei*

## Fizica și tehnologiile moderne

Revistă trimestrială științifico-didactică și de popularizare a științei. Cuprinde materiale de larg interes din domeniul fizicii și științelor conexe acesteia.

Redactor-șef	<b>Ion HOLBAN</b>
Redactor-șef adjunct	<b>Anatol SÂRGHI</b>
Secretar de redacție, redactor	<b>Ștefan TIRON</b>
Tehnoredactare, coperta	<b>Sergiu CÂRLIG</b>

### Colegiul de redacție

Ion <b>ANDRONIC</b>	Valerian <b>DOROGAN</b>	Ion <b>TIGHINEANU</b>
Nicolae <b>BALMUȘ</b>	Valeriu <b>DULGHERU</b>	Florea <b>ULIU</b>
Oleg <b>BURSUC</b>	Ion <b>ILIEȘ</b>	
Valeriu <b>CANȚER</b>	Iulia <b>MALCOCI</b>	
Anatolie <b>CASIAN</b>	Ion <b>NACU</b>	
Pavel <b>CATANĂ</b>	Dormidont <b>ȘERBAN</b>	

### Consiliul consultativ al revistei

Emil <b>BURZO</b> (Cluj)	Zadig M. <b>MOURADIAN</b> (Paris)
Leonid <b>CAPTARI</b> (Dubna)	Vsevolod <b>MOSCALENCO</b> (Chișinău)
Viorica <b>CHIOREAN</b> (Baia Mare)	Anatol <b>ROTARU</b> (Chișinău)
Leonid <b>CULIUC</b> (Chișinău)	Gheorghe <b>RUSU</b> (Iași)
Nicolae <b>GAVALEȘCO</b> (Cernăuți)	Magda <b>STAVINSCHI</b> (București)
Ion <b>GERU</b> (Chișinău)	Vasile <b>TRONCIU</b> (Chișinău)
Alexandru <b>GLODEANU</b> (București)	Gheorghe <b>ZEGREA</b> (Sanct-Petersburg)
Dan <b>IORDACHE</b> (București)	Eugeniu <b>GREBENICOV</b> (Moscova)
Ștefan <b>MASHNIC</b> (Los Alamos, S.U.A.)	Dumitru Dorin <b>Prunariu</b> (Brașov)
Emilian <b>MICU</b> (Brăila)	

**ISSN 1810-6498**

**Fiz. tehnol. mod**

Revista este înregistrată la Ministerul  
Justiției al Republicii Moldova la 29 aprilie  
2004, cu numărul de înregistrare 161

© Institutul de Inginerie Electronică și Nanotehnologii „Dumitru Ghițu”

Revista apare sub egida **Societății Fizicienilor din Moldova**, cu sprijinul financiar al **Consiliului Suprem pentru Știință și Dezvoltare Tehnologică al Academiei de Științe a Moldovei**.

#### Adresa redacției:

Societatea Fizicienilor din Moldova  
Str. Academiei 3/3, MD–2028 Chișinău  
Republica Moldova  
Tel. + (37322) 23 23 06; 73 90 60; 73 74 39  
068276476; 069365511;

**web:** <http://sfm.asm.md/ftm/>  
**e-mail:** [ion.holban@yahoo.com](mailto:ion.holban@yahoo.com)  
[stefan.tiron@yahoo.com](mailto:stefan.tiron@yahoo.com)

**Materialele publicate în FTM exprimă punctul de vedere al autorilor, care nu coincide neapărat cu cel al redacției.**

## Cuprins

<b>JUBILEU</b>		
<b>REVISTA „FIZICA ȘI TEHNOLOGIILE MODERNE” LA 10 ANI</b>	Valeriu CANȚER	4
<b>MESAJUL COLEGIULUI DE REDACȚIE</b>		
<b>ACTUALITĂȚI</b>		
<b>PREMIUL NOBEL PENTRU FIZICĂ 2012</b>		6
<b>FIZICĂ TEORETICĂ ȘI MATEMATICĂ</b>		
<b>THE ORDER OF FILLING WITH ELECTRONS OF SUCCESIVE SUB-SHELLS OF A SHELL IN MANY-ELECTRONIC ATOMS</b>	Florea S. ULIU	8
<b>INVĂȚĂMÂNTUL SUPERIOR DE FIZICĂ</b>		
<b>NOȚIUNI DE TEORIA RELATIVITĂȚII GENERALIZATE</b>	Leonid CAIREAC	15
<b>INGINERIE</b>		
<b>INFLUENȚA PARAMETRIILOR DESCĂRCĂRIILOR ELECTRICE ÎN IMPULSURI ASUPRA FORMĂRII PELICULELOR DE OXIZI PE SUPRAFAȚA OȚELULUI-45</b>	Alexandr OJEGOV	18
<b>PROBLEME, CONCURSURI, OLIMPIADE</b>		
<b>FIZICA LA ABSOLVIREA INSTITUȚIILOR DE ÎNVĂȚĂMÂNT PREUNIVERSITAR. 2. UCRAINA</b>	Mihai MARINCIUC, Vitalie CHISTOL	25
<b>A 42-a OLIMPIADĂ INTERNAȚIONALĂ DE FIZICĂ (42<sup>nd</sup> IPhO, 10-18 iulie 2011, Bangkok, Thailanda)</b>		29
<b>APLICAREA LEGII CONSERVĂRII ENERGIEI LA REZOLVAREA PROBLEMELOR DE ELECTROSTATICĂ (II)</b>	Mihail POPA	41
<b>TEHNOLOGII MODERNE ÎN LABORATORUL DE FIZICĂ</b>		
<b>TRUSA DE MECANICĂ ASISTATĂ DE CALCULATOR. IX. CONSERVAREA IMPULSULUI ÎN CIOCNIRILE PLASTICE DINTRE DOUĂ CĂRUCIOARE PE UN PLAN ORIZONTAL</b>	Alexandru RUSU	51
<b>ASTRONOMIE</b>		
<b>COSMOSUL NE CHEAMĂ (I)</b>	Ion HOLBAN	58
<b>SOLSTIȚIUL DE IARNĂ 2012 ȘI CALENDARUL MAYA</b>	Ștefan D. TIRON	74
<b>ISTORIA FIZICII</b>		
<b>ISTORIA DESCOPERIRII PRINCIPALELOR FENOMENE TERMOELECTRICE</b>	Michail A. KORZHUEV, Igor V. KATIN	75
<b>ISTORIA DESCOPERIRII ȘI FORMULĂRII LEGII CONSERVĂRII ȘI TRANSFORMĂRII ENERGIEI (II)</b>	Mihail POPA	92
<b>METROLOGIE</b>		
<b>UNITĂȚI DE MĂSURĂ ÎN „VECHIUL TESTAMENT”. I. UNITĂȚI DE CAPACITATE</b>	Victor V. STAN, Ștefănița STAN	99

### **REVISTA „FIZICA ȘI TEHNOLOGIILE MODERNE” LA 10 ANI**

Un grup de entuziaști ai comunității fizicienilor din R. Moldova a lansat, în anul 2003, o nouă revistă națională ”FIZICA ȘI TEHNOLOGIILE MODERNE” (FTM). Revista, pe care o putem numi pe bună dreptate sora mai mică a Enciclopediei colaborative online Wikipedia, marchează în acest an un deceniu de la debutul sau.

Lansarea revistei a fost un act de curaj și o inițiativă demnă de toată aprecierea comunității științifice și didactice, dar și a elevilor și studenților. Vorbind de aceștia din urmă, noi, cei ce am pus umărul la promovarea revistei, ne-am dorit ca fizica și tehnologiile, care azi vorbesc mai mult în limbile de comunicare internațională (mai ales engleza), să comunice măcar pe anumite segmente cu tineretul nostru studios în limba română. De asemenea, am avut obiectivul ca amprentele unor activități inovative didactice și de cercetare realizate la nivel național să rămână pentru posteritate. Ne-am dorit ca paginile revistei, care în toată această perioadă au putut fi accesate și online, să fie și o briză ușoară ce trezește curiozitatea și dorința de a cunoaște fizica și tehnologiile. Considerăm că la această vârstă a copilăriei multe lucruri au reușit, altele mai rămân pentru viitor.

Esențialul este să asigurăm linia de continuitate, să găsim noi modalități de a antrena generația tânără pe făgașul fizicii și al tehnologiilor moderne. În calitate de președinte al Societății Fizicienilor din R. Moldova, adresez felicitări călduroase colegiului redacțional cu prilejul acestei aniversări și urarea ca revista să continue a fi o platformă a consolidării și comunicării tuturor celor care au îndrăgit și trăiesc cu fizica și tehnologiile moderne.

**Acad. Valeriu Canțer**  
**Președintele Societății fizicienilor din R. Moldova**

## MESAJUL COLEGIULUI DE REDACȚIE

Dragi cititori, revista „Fizica și tehnologiile moderne” a împlinit anul acesta 10 ani de la apariție. Până la declararea independenței Republicii Moldova, în spațiul dintre Prut și Nistru nu a existat nici o revistă de popularizare a științei. Societatea Fizicienilor din R. Moldova, conștientă de faptul că numai știința poate să asigure progresul societății și că „știința este făclia adevărului”, vorba lui Dimitrie Cantemir, a luat decizia de a edita o revistă de popularizare a științei în domeniul fizicii și tehnologiilor moderne. În colegiul de redacție au fost incluse personalități ale științei din R. Moldova, dar și de pe diverse meridiane ale globului. Fraza rostită la o conferință de poetul Marin Sorescu „Decât să blestemi la nesfârșit întunericul, mai bine să aprinzi o candelă oricât de mică ar fi ea” ne-a călăuzit pe parcursul acestor ani.

În prezent, revista „Fizica și tehnologiile moderne” apare sub egida Societății Fizicienilor din R. Moldova (președinte acad. Valeriu Canțer), a Universității Tehnice a Moldovei (rector acad. Ion Bostan) și a Institutului de Inginerie Electronică și Nanotehnologii „Dumitru Ghițu” (director m.-c. Anatolie Sidorenko).

Colegiul de redacție și-a propus și, sperăm, în mare măsură a reușit să asigure apariția regulată a revistei, pe parcursul a 10 ani, deloc ușori pentru dezvoltarea științei în R. Moldova; să formeze un grup stabil de autori din R. Moldova - Anatolie Sârghi, Pavel Catană, Anatolie Casian, regretatul Mihai Marinciuc, Ion Holban, Ion Nacu, Ștefan D. Tiron, Alexandru Rusu, mai tinerii cercetători Florentin Paladi, Ion Dicusară, Sergiu Cârlig, dar și de peste hotare - Dan A. Iordache (București), Florea Uliu (Craiova), Viorica Chiorean (Baia Mare), Zadig Mouradian (Paris), Erik Bodegom (SUA), Mihail Korzhuev (Moscova); să stabilească o colaborare fructuoasă cu două reviste de popularizare din România - „Evrika!” (Brăila, redactor șef Emilian Micu) și „Cygnus (Suceava, redactor șef Romulus Șfichi); să abordeze un spectru larg de tematici din domeniul fizicii teoretice și experimentale și al tehnologiilor moderne. Este de menționat apariția revistei și în format electronic. Pe paginile revistei sunt prezente rubrici permanente, cum ar fi „Tehnologii moderne”, „Probleme, concursuri, olimpiade”, „Fizica în școală”, „Astronomie” ș.a., chemate să satisfacă interesul celor mai diverse categorii de cititori.

Echipa redacțională a ținut să mențină mereu aprinsă făclia acestei reviste, în ciuda unor dificultăți legate în special de pasivitatea unor potențiali autori de materiale de interes pentru cititorul nostru – elevi de liceu, profesori de fizică, astronomie și de științe ale naturii, persoane interesate de realizările științei moderne.

Cu ocazia acestei aniversări, urăm revistei „Fizica și tehnologiile moderne” și cititorilor noștri - La mulți ani !

**Ion Holban, redactor șef**  
**Ștefan D. Tiron, secretar de redacție, redactor**  
**Chișinău, decembrie 2012**

### PREMIUL NOBEL 2012 PENTRU FIZICA

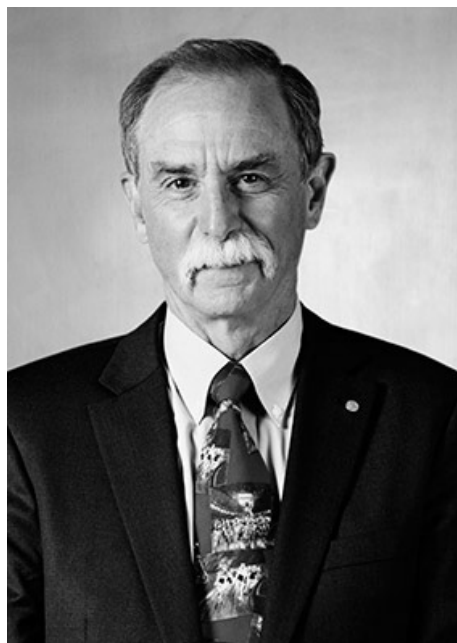
Premiul Nobel pentru Fizică 2012 a fost acordat în comun lui **Serge Haroche** și **David J. Wineland** "pentru metodele experimentale excepționale, care permit măsurarea și controlul sistemelor cuantice individuale".

#### **Serge Haroche**

**Născut:** 11 septembrie 1944, Casablanca, Morocco

**Afilie la momentul acordării Premiului:** Collège de France, Paris, France, École Normale Supérieure (Școala Normală Superioară), Paris, France.

Membru al Societății Franceze de Fizică, Societății Europene de Fizică și Societății Americane de Fizică.



#### **David J. Wineland**

**Născut:** 24 februarie 1944, Milwaukee, WI, USA

**Afilie la momentul acordării Premiului:** National Institute of Standards and Technology (Institutul Național de Standarde și Tehnologie), Boulder, CO, USA, University of Colorado, Boulder, CO, USA.

Membru al Societății Americane de Fizică, Societății Americane de Optică și al Academiei Naționale de Științe a SUA.

## CONTROLUL PARTICULELOR ÎNTR-O LUME CUANTICĂ

Serge Haroche și David J. Wineland au inventat și dezvoltat independent metodele de măsurare și control al particulelor individuale, păstrându-le natura lor cuantică, prin procedee care anterior erau considerate inaccesibile. Laureatii Nobel au deschis ușa către o nouă eră de experimentare cu fizica cuantică, demonstrând observarea directă a particulelor cuantice individuale, fără a le distruge.

Pentru particulele separate de lumină sau de materie legile fizicii clasice încetează a mai fi aplicabile, particulele fiind preluate de fizica cuantică. Dar particulele individuale nu sunt ușor de izolat din mediul lor înconjurător și ele își pierd proprietățile lor cuantice misterioase de îndată ce interacționează cu lumea exterioară. Astfel, multe fenomene aparent bizare, prezise de fizica cuantică, nu pot fi observate în mod direct și cercetătorii pot efectua doar experimente mentale în care s-ar putea, în principiu, manifesta aceste fenomene bizare.

Prin metodele lor ingenioase de laborator, Haroche și Wineland, împreună cu grupurile lor de cercetare au reușit să măsoare și să controleze stări cuantice foarte fragile, care au fost considerate anterior inaccesibile pentru observarea directă. Noile metode le permit să examineze, să controleze și să numere particulele. Metodele lor au multe lucruri în comun.

David Wineland captează atomii încărcăți electric, sau ionii, controlându-i și măsurându-i apoi cu ajutorul luminii sau fotonilor. Serge Haroche aplică o abordare opusă: el controlează și măsoară fotonii sau particulele de lumină captate, prin trimiterea atomilor printr-o capcană. Ambii Laureatii lucrează în domeniul opticii cuantice studiind interacțiunea fundamentală dintre lumină și materie, un domeniu care a înregistrat progrese considerabile de la mijlocul anilor 1980.

Metodele lor excepționale au permis ca în acest domeniu de cercetare să se facă primii pași spre construirea unui nou tip de computer super rapid pe baza fizicii cuantice. Computerul cuantic va schimba poate viața noastră de zi cu zi în acest secol în același mod radical ca și calculatorul clasic în secolul trecut.

Cercetarea a condus, de asemenea, la construirea de ceasuri extrem de precise, care ar putea deveni baza viitoare pentru un nou standard de timp, cu o precizie de mai mult de o sută de ori mai mare decât ceasurile de cesiu de astăzi.

Material pregătit de Stefan D. Tiron  
Surse: [nobelprize.org](http://nobelprize.org), [wikipedia.org](http://wikipedia.org), [elementy.ru](http://elementy.ru)

## THE ORDER OF FILLING WITH ELECTRONS OF SUCCESSIVE SUB-SHELLS OF A SHELL IN MANY-ELECTRONIC ATOMS

Florea S. ULIU

Physics Department, Faculty of Exact Sciences, University of Craiova  
13, A.I. Cuza str., 200585 Craiova, Romania

**Abstract:** *In the framework of the Thomas-Fermi (statistical) model of neutral heavy atoms, in this paper we investigate the electronic structure of the atoms from the Mendeleev table, namely the order of filling with electrons of various sub-shells of a shell. Because exact solutions of the Thomas-Fermi equation do not exist, we will use three new approximate solutions, compatible with the boundary conditions. By means of an old and, in the same time, well-known method, we investigate the distribution of the electrons according to their angular momentum, that is to say, we calculate the minimum value of the atomic number  $Z$  for which the filling of  $s$ -,  $p$ -,  $d$ - and  $f$ -state is possible in atoms. For one of these trial functions (with a good confidence - in our opinion), the deduced values of the atomic number  $Z$ , at which a given value of orbital angular momentum (quantum number  $\ell$ ) can appear, are in enough good agreement with the reality.*

### 1. INTRODUCTION

The statistical theory of the atom is very useful in dealing with a multitude of physical problems where a more fundamental quantum mechanical approach is either not feasible or not warranted (see [1]). The simplest physical formulation of the statistical theory is the so-called Thomas-Fermi (TF) model [2,3] which, expressed mathematically, is an ordinary nonlinear differential equation of the second order. The TF equation possesses a universal solution for all the heavy neutral atoms, but has to be solved separately for each degree of ionization of each atom. Dirac [4] has investigated the relationship between the statistical theory and quantum mechanics and has shown that the TF model is the semiclassical equivalent of the Hartree approximation, because they both share the same shortcoming of not considering the exchange effect between electrons of parallel spin. The exchange effect has been introduced into the TF model by Dirac [4] leading to the Thomas-Fermi-Dirac (TFD) model and into the Hartree approximation by Fock [5], leading to the Hartree-Fock (HF) approximation. The statistical theory has been further refined by Gombas [6] who has considered the correlation effect between electrons of antiparallel spin. The simplest form of quantum-mechanical equivalent of the Thomas-Fermi-Dirac-Gombas (TFDG) model is the unrestricted HF approximation.

In the framework of the TF model for heavy neutral atoms, in the present paper, mainly with didactic purpose, we investigate the electronic structure of the atoms in the periodic (Mendeleev) table, namely the order of filling with electrons (satisfying the Pauli's exclusion principle) of various sub-shells of a shell. As is well known, in the ground state, within a shell, the first to be occupied are the states with  $\ell = 0$  ( $s$ - sub-shells), then the states with  $\ell = 1$  ( $p$ - sub-shells). But, after that, this rule does not work more. The filling of the  $3d$ -subshell does not begin from Potassium ( $Z=19$ ), as expected, but is shifted to the element Scandium ( $Z=21$ ), i.e. until the completion of the  $4s$ -subshell. Also, the filling of the  $4f$ -subshell does not start with Silver ( $Z = 47$ ), but begins only with Cerium ( $Z = 58$ ), which corresponds to the Lanthanide group.



We investigate how some new optimized approximate solutions of the TF equation (model) can explain these strange behaviours. More, we infer that the filling of the 5g-subshell ( $\ell = 4$ ) could begin only with the element with  $Z = 121$  or  $122$ .

## 2. NEUTRAL ATOMS. THOMAS-FERMI THEORY.

In the TF theory one considers the inter-electronic repulsion, the electron-nuclear attraction and a contribution from the kinetic-energy which is proportional to the 5/3 power of the number density in electronic cloud [7].

Introducing the dimensionless variable  $x$  by

$$x = 4 \left( \frac{2Z}{9\pi^2} \right)^{\frac{1}{3}} \left( \frac{r}{a_B} \right) = \frac{r}{a}, \quad a = 0.8853414 Z^{-1/3} a_B, \quad a_B = \frac{\hbar^2}{me_0^2}, \quad (1)$$

where  $r$  is the distance from the nucleus,  $a_B$  is the Bohr radius and  $Z$  –the atomic number, the TF theory leads to the *universal* nonlinear differential equation [8]

$$\sqrt{x} \cdot \frac{d^2 \phi(x)}{dx^2} = \phi^{3/2}(x), \quad (2)$$

which, for a neutral atom, is to be solved with the boundary conditions

$$\phi(0) = 1, \quad \phi(\infty) = 0, \quad \phi'(\infty) = 0. \quad (3)$$

Between the electric potential  $\varphi(r)$  inside a heavy atom, at the distance  $r$ , and the dimensionless function  $\phi(x)$  of the TF theory there are the relation

$$\varphi(r) = \frac{Ze}{4\pi\epsilon_0 r} \phi(x) = \frac{Ze_0}{\sqrt{4\pi\epsilon_0}} \frac{\phi(x)}{r}, \quad (4)$$

with  $e_0 = e/\sqrt{4\pi\epsilon_0}$ .

Now, it is important to see that neither the equation (2) nor the boundary conditions (3) for the dimensionless function  $\phi(x)$ , involve the atomic number  $Z$ . It is therefore sufficient to integrate the equation (2) once for all atoms. But, of course, the equation can be applied only to heavy atoms, i.e. with large and (at least) medium atomic  $Z$  numbers.

Going back to the dimensional distance  $r$ , we find that the function  $\phi(x)$  yields the potential distribution for each  $Z$  in the following manner

$$\varphi(r) = (Ze/4\pi\epsilon_0 r) \phi(1.1295078 IZ^{1/3}(r/a_B)). \quad (5)$$

Since for the same values of  $x$  the value of  $\phi(x)$  is the same for all atoms, the corresponding values of  $r$  for different atoms are conversely proportional to  $Z^{1/3}$ . Hence, in heavy atoms, the bulk of the electrons is concentrated closer to the nucleus than in lighter atoms.

Therefore, this nonlinear differential equation of the TF model, deceptively simple-looking, is a fundamental equation in atomic physics which describe the screened electrostatic Coulomb potential around a heavy charged nucleus and its concomitant cloud of electrons. Unfortunately, for the TF equation does not exist exact analytical solutions (satisfying all the boundary conditions) and, in this situation, numerical results and different semi-analytical approaches have been given during more than three quarts of century.

We will see at once that the TF differential nonlinear equation (2) can be replaced by an equivalent variation principle. Choosing the Lagrangian function

$$L(\phi, \phi', x) = \frac{1}{2} \phi'^2 + \frac{2}{5} \frac{\phi^{5/2}}{\sqrt{x}}, \quad (6)$$

the following functional (*action integral*) can be constructed

$$S(\phi) = \int_0^{+\infty} L(\phi(x), \phi'(x), x) dx . \quad (7)$$

Then, we can observe that the variation principle

$$\delta S = 0 \quad \text{or} \quad S(\phi) = \text{extremal} \quad (8)$$

is the equivalent of equation (2), because the substitution of the Lagrangian (6) into the Euler-Lagrange equation

$$\frac{d}{dx} \left( \frac{\partial L}{\partial \phi'} \right) = \frac{\partial L}{\partial \phi} \quad (9)$$

results in the TF equation (2).

The problem is now the selection of a trial function (ansatz)  $\phi(x)$  with a specified dependence on the independent dimensionless variable  $x$ , which satisfies the boundary conditions in equation (3). Obviously, a large class of functions is admissible and, therefore, in a didactical activity, in choosing one, we must resort to some forms which permits, if is possible, computational simplicity in connection with the integral from the equation (7).

In order to allow for some flexibility in the trial functions, it is also assumed to depend on a number of unknown (free) parameters  $q_j, j=1,2,3,\dots,n$ . Therefore we can write  $\phi = \phi_a(x; q_1, q_2, \dots, q_n)$ . By means of the Lagrangian (6), this ansatz is inserted in the *action integral* (7) which, then, can be integrated to become a specific function only of the unknown (flexibility) parameters  $q_j$ . Therefore we can write  $S = S_a(q_1, q_2, \dots, q_n)$ . Optimization with respect to the parameters yields a system of algebraic equations  $\partial S_a / \partial q_j = 0, j=1,2,\dots,n$ , which, when solved, determines the stationary (optimized) solution within the set of trial functions and a concomitant approximation for the true solution of the TF equation (2).

The most explicit approximate solution of the TF equation has been given by Sommerfeld [9]. He noted that a particular *exact* solution of the TF equation can be found in the form

$$\phi(x) = \frac{\phi_0}{x^\alpha} . \quad (10)$$

By inserting this ansatz into the TF equation (2), one readily find  $\alpha = 3$  and  $\phi_0 = 144$ . The solution

$$\phi(x) = \frac{144}{x^3} , \quad (11)$$

known as the *exact Sommerfeld's solution*, fulfils the boundary condition at  $x \rightarrow \infty$ , but *not* the boundary condition  $\phi(0) = 1$ .

In order to remedy this shortcoming, Sommerfeld employed several transformations of the equation and an asymptotic saddle point analysis to find the beautifully simple approximate solution

$$\phi(x) = \left[ 1 + (x/x_0)^{3/\lambda} \right]^{-\lambda} , \quad (12)$$

where  $\lambda=3.886$  and  $x_0 = \sqrt[3]{144} = 5.2414828$ . Clearly, this solution satisfies both boundary conditions and approaches the exact particular solution as  $x \rightarrow \infty$ . However, it tends to underestimate the true solution for small and moderate values of  $x$  (in particular in the region  $x \leq x_0$ ), i.e. in the important region where  $\phi(x)$  rapidly decays to less than 7 per cent of its original value. On the other hand, it is also important to compare this  $\phi(x)$  with the exact solution given by the equation (11), which neglects the boundary condition at  $x = 0$ . This last

function, which diverges when  $x \rightarrow 0$ , grossly overestimates the true variation in the region  $x \leq x_0$ . Really, already for  $x = x_0$ , the solution is more than a factor of 14 larger than the correct solution.

Naturally, the choice of a trial function - in order to describe a physical behaviour - is a crucial step, not a commonplace. This assertion can be motivated by the fact that the trial function must be flexible enough to contain the basic physics of the problem and still simple (if possible) to allow the integration of the Lagrangian in the action functional (7) and, then, the sequence of all steps of the optimization method described early.

Eight years ago, Desaix, Anderson and Lisak (DAL) [10] proposed three new approximate solutions of the TF equation (2), with one, two or three free parameters, all inspired by Sommerfeld's solution (12). They investigate the screening of the Coulomb potential inside heavy neutral atoms and concluded that, in the main region of the screening potential, the most accurate (*the best*, but yet approximate) solution is the trial function with three free parameters, determined by the variational approach previously described.

The first DAL choice of a trial function is

$$\phi_a^{(1)}(x) = \left[ 1 + (kx)^{3/\alpha} \right]^{-\alpha}, \quad (13)$$

with only one free variational parameter ( $\alpha$ ), and where  $k = (144)^{-1/3}$ . The optimization condition  $dS_a^{(1)}/d\alpha = 0$  leads to the optimal value  $\alpha = 3.584$ . In fact, this trial function has the same shape as the approximate Sommerfeld's solution (12), but with  $\alpha = 3.584$  (determined by variational method) instead of  $\lambda = 3.886$  (determined by another method by Sommerfeld).

The second DAL trial function is obtained using the same analytical expression as before, i.e.  $\phi_a^{(2)}(x) = \phi_a^{(1)}(x)$ , but considering  $k$  also as a free parameter. The optimization conditions  $\partial S_a^{(2)}/\partial\alpha = 0, \partial S_a^{(2)}/\partial k = 0$  leads to  $\alpha = 3.362$  and  $k = 0.2521$  respectively.

Finally, the third DAL choice, the ansatz with three free variation parameters is

$$\phi_a^{(3)}(x) = \left[ 1 + (kx)^\beta \right]^\alpha, \quad (14)$$

with  $k, \alpha, \beta$  as unknown parameters. Calculating the corresponding *Lagrangian* (6) and the *action integral* (7) with the help of the well-known integral

$$\int_0^{+\infty} \frac{x^{\mu-1}}{(1+x)^v} dx = \frac{\Gamma(\mu)\Gamma(v-\mu)}{\Gamma(v)}, \quad (15)$$

the following dependence with gamma ( $\Gamma$ ) functions can be obtained

$$S_a^{(3)}(\alpha, \beta, k) = \frac{k\beta\alpha^2}{2} \frac{\Gamma(2-1/\beta)\Gamma(2\alpha+1/\beta)}{\Gamma(2\alpha+2)} + \frac{2}{5\beta\sqrt{k}} \frac{\Gamma(5\alpha/2-1/2\beta)\Gamma(1/2\beta)}{\Gamma(5\alpha/2)}. \quad (16)$$

From the algebraic system  $\partial S_a^{(3)}/\partial\alpha = 0, \partial S_a^{(3)}/\partial\beta = 0, \partial S_a^{(3)}/\partial k = 0$ , DAL deduced  $k = 0.4835, \alpha = 2.098$  and  $\beta = 0.9238$ .

By comparing the numerical values for  $x \in [0 \div 40]$ , obtained from the optimized trial functions  $\phi_a^{(1;2;3)}$  with a numerical solution [11] of the TF equation (2), DAL concluded that  $\phi_a^{(3)}(x)$  is the most accurate (*the best*) approximate solution in the main region of the screening potential, even if the asymptotic behaviour of this function is wrong ( $\phi \propto 1/x^{\alpha\beta}$  with  $\alpha\beta = 1.938$  instead of 3).

In order to can compare our results from the next section with the one which are presented in *Quantum mechanics* and *Statistical physics* textbooks (see, for example, [7], [8] and [12]), or in the literature [13]-[16], we introduce also the well-known ansatz  $\phi(x) = \exp(-\gamma x)$  which satisfies the boundary conditions (3). The optimized value of the free parameter  $\gamma$  can be obtained from the equation  $dS(\gamma)/d\gamma = 0$ , where

$$S(\gamma) = \frac{\gamma}{4} + \frac{2}{5} \sqrt{\frac{2\pi}{5\gamma}} \quad (17)$$

and the final result is

$$\gamma = (2/5)(4\pi)^{1/3} = 0.9299579. \quad (18)$$

### 3. THE APPEARANCE IN ATOMS OF ELECTRONS WITH A GIVEN VALUE OF $\ell$

The TF model for neutral atoms can be used efficiently enough to study such exotic questions as the value of  $Z$  for which an orbital angular momentum quantum number  $\ell$ , of an individual electron, a  $d$ -, or an  $f$ -state, for example, first appear.

It is well known that the angular momentum  $\vec{L}$  for the electron is

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} \quad \text{or} \quad L = rp \sin \theta = rp_n, \quad (19)$$

where  $p_n$  is the projection of momentum  $\vec{p}$  on the plane which is orthogonal on  $\vec{r}$ . We have obviously

$$p_n^2 = \frac{L^2}{r^2} \leq P^2, \quad (20)$$

where  $P$  is the maximal value of the momentum  $p$  in the atom. Because in the statistical model of the atom (TF-model) the boundary energy is equal to zero we have

$$P^2 = 2me\phi(r) = \hbar^2 (3\pi^2 n(r))^{2/3} \quad (21)$$

where

$$n(r) = \frac{8\pi}{3h^3} (2me\phi(r))^{3/2} \quad (22)$$

is the density of electronic gas (i.e. the number of electrons in unit spatial volume. From the last two relations we obtain

$$p^2 = \frac{2me_0^2 Z \phi(x)}{r}. \quad (23)$$

In the place of  $L^2$  in the equation (20) we can put  $\hbar^2 \ell(\ell+1)$ . But, since the present theory corresponds wholly to *quasi-classical approximation*, a rather better result is obtained with the quasi-classical eigenvalue of  $L^2$ . It can be shown that the quasi-classical eigenvalue of  $L^2$  is  $\hbar^2(\ell+1/2)^2$  and note that  $(\ell+1/2)^2$  differs from  $\ell(\ell+1)$  by only  $1/4$ . Equations (20) - (23) lead to

$$8me_0^2 Z a \phi(x) \geq \frac{\hbar^2 (2\ell+1)^2}{x}. \quad (24)$$

From this inequality and from the boundary conditions (3), it is clear that for  $x \rightarrow 0 (r \rightarrow 0)$  and for  $x \rightarrow \infty (r \rightarrow \infty)$  the right hand side is greater than the left hand side. Consequently, the electrons from the neutral atoms can have the value  $\ell$  of the orbital quantum number only if  $x \in [x_1, x_2]$ , where  $x_{1,2}$  are the roots of the equation

$$\phi(x) = \frac{D_\ell}{x}, \quad (25)$$

where

$$D_\ell = \frac{(2\ell + 1)^2 a_B}{8aZ}. \quad (26)$$

To have a well determinate value of  $\ell$ , it is necessary to put  $x_1 = x_2$ . In this case we must to have not only the continuity of the functions from the two parts of the relation (25), but also the continuity of its derivatives

$$\phi'(x) = D\ell\left(\frac{1}{x}\right)' = -\frac{D\ell}{x^2} \quad (27)$$

and this means that

$$\phi'(x) = -\frac{\phi(x)}{x}. \quad (28)$$

From the last relation we determine the solution  $x_1 = x_2 = \xi$ , and consequently

$$D_\ell = \xi\phi(\xi) = \frac{(2\ell + 1)^2 a_B}{8aZ} = \frac{(2\ell + 1)^2 Z^{-2/3}}{7.0827312}. \quad (29)$$

Finally we have

$$Z = (0.05305165D_\ell^{-3/2})(2\ell + 1)^3. \quad (30)$$

This relation together with the optimized trial functions presented in the previous section, enable us to construct the following table.

Trial function ( $D_\ell$ – value)	Values of Z for sub-shells				
	$\ell = 0$ (s – state)	$\ell = 1$ (p – state)	$\ell = 2$ (d – state)	$\ell = 3$ (f – state)	$\ell = 4$ (g – state)
$\phi(x) = \exp(-\gamma x)$ (0.3955872)	0.21	5.76	26.65	73.14	155.44
Sommerfeld- Eq.(12) (0.4418033)	0.18	<b>4.88</b>	22.58	61.97	131.70
DAL - $\phi_a^{(1)}(x)$ (0.5354422)	0.14	3.66	16.91	46.44	98.71
DAL - $\phi_a^{(2)}(x)$ (0.4667175)	0.17	<b>4.49</b>	<b>20.80</b>	<b>57.07</b>	121.30
DAL - $\phi_a^{(3)}(x)$ (0.4836229)	0.16	4.26	19.72	54.10	115.00
Empirical values	1(H)	5(B)	21(Sc)	58(Ce)	-

From the columns of the table we observe that, for  $\ell = 2$  (d- state) and for  $\ell = 3$  (f- state) the *best results* (percentage uncertainty of 0.96% and 1.62% respectively) are afforded by the DAL function  $\phi_a^{(2)}(x)$ , and, for  $\ell = 1$  (p-state), by the Sommerfeld solution (percentage uncertainty of 2.4%) and then (percentage uncertainty of 10.2%) by DAL function  $\phi_a^{(2)}(x)$ . In fact, these functions are of the Sommerfeld kind (i.e. like equation (12)) but with the free parameters (two in this case) determined by using the variational optimization method.

Another strange finding is the great difference between the values from the lines of Sommerfeld function and DAL  $\phi_a^{(1)}(x)$ - function. If we compare equation (12) with equation (13) and the parameter  $k$  with  $1/x_0$ , we see that we have the same function but with  $\lambda = 3.886$  and  $\alpha = 3.584$  respectively. The conclusion is that the values of  $Z$  calculated with the equation (30) are very sensitive when we pass from  $\lambda$  to  $\alpha$ .

Why, with respect to our question of the sub-shell filling with electrons, *the best function*  $\phi_a^{(3)}(x)$ -*in DAL opinion*- give less good agreements with the reality? I think that the answer is: because of its wrong  $x$ -dependence for large  $x$  (when  $x \rightarrow \infty$ ,  $\phi_a^{(3)}(x) \propto x^{-\alpha\beta}$ , with  $\alpha\beta = 1.938$  instead of 3, as in (11), (12), (13) and  $\phi_a^{(2)}(x)$  ).

### REFERENCES

- [1]. For a review of the subject see: a). N.H. March, *Adv. in Physics*, **6**, 1-98, (1957); b). E. Lieb, *Rev. Mod. Phys.*, **53(4)**, 603-642, (1981); c).L. Spruch, *Rev. Mod. Phys.*, **63(1)**, 151-209, (1991); d).N.H. March, *Self-Consistent Fields in Atoms*, Pergamon Press, Oxford, 1975.
- [2]. L.H. Thomas, *Proc. Cambridge Philos. Soc.*, **23**, 542-548, (1926).
- [3]. E. Fermi, *Rend. Accad. Lincei*, **6**, 602-607, (1927); *Zeit. f. Physik*, **48**, 73, (1928); E. Fermi, E. Amaldi, *Mem. Acad. Italia*, 6117, (1934).
- [4]. P.A.M. Dirac, *Proc. Cambridge Philos. Soc.*, **26**, 376, (1930); see also H. Jensen, *Zeit. f. Physik*, **101**, 141, (1936).
- [5]. V. Fock, *Zeit. f. Physik*, **61**, 126, (1930).
- [6]. P. Gombás, *Zeit. f. Physik*, **121**, 523, (1943); *Die statistische Theorie des Atoms und ihre Anwendungen*, Spriger-Verlag, Berlin, 1949.
- [7]. S. Flügge, *Practical Quantum Mechanics II*, Chapter IV, Springer-Verlag, Berlin, 1971; B.H. Bransden, C.J. Joachain, *Physics of Atoms and Molecules*, Chapter 7, Longman, London, 1986.
- [8]. A.A. Sokolov, I.M. Ternov, V.Ch. Zhukovskii, *Quantum Mechanics*, Sec. 25, p. 388-397, Mir Publishers, Moscow, 1984.
- [9]. A. Sommerfeld, *Zeit. f. Physik*, **78**, 19 and 285, (1932).
- [10]. M. Desaix, D. Anderson, M. Lisak, *Eur. J. Phys.*, vol. **25**, 699-705, (2004).
- [11]. V. Bush, S.H. Caldwell, *Phys. Rev.*, **38**, 1898, (1931); C.M. Bender, S.A. Orszag, *Advanced Mathematical Methods for Scientists and Engineers*, McGraw-Hill, New York, 1978.
- [12]. a). V.G. Levici, *Introducere în Fizica Statistică*, Cap. XVI, Editura Tehnică, București, 1954; b). F. Constantinescu, E. Magyari, *Mecanica cuantică-Probleme*, Cap. XI, Editura Tehnică, București, 1968; c). A. Messiah, *Mecanica cuantică*, vol. II, Cap.14, Editura Stiințifică, București, 1973; d). A.S. Kompaneyets, *A Course of Theoretical Physics*, Vol. 1, Part. III, Sec. 33, Mir Publishers, Moscow, 1978; e). L.D. Landau, E.M. Lifshitz, *Mecanica cuantică*, Cap. X, Editura Tehnică, București, 1965.
- [13]. T. Tietz, *Ann. d. Physik (Leipzig)*, **15**, 186, (1955); *J. Chem. Phys.*, **23**, 1167, (1955); **25**, 787, (1956); *Il Nuovo Cimento*, **4**, 1192, (1956); *Zeit. Naturforsch.*, **23a**, 191, (1968).
- [14]. P. Csavinszky, *Phys. Rev.*, **166(1)**, 53, (1968); *J. Chem. Phys.*, **50(1)**, 1176, **50(6)**, 2476, **50(8)**, 3629, (1969).
- [15]. F. M. Fernandez, J. F. Ogilvie, *Phys. Rev. A* **42(1)**, 149, (1990).
- [16]. S. Esposito, *Am. J. Phys.*, **70**, 852, (2002); E. Di Grezia, S. Esposito, Preprint DSF-6/2004.

Primit la redacție: 18 noiembrie 2011

## NOȚIUNI DE TEORIA RELATIVITĂȚII GENERALIZATE

Conf. univ. dr. Leonid CAIREAC  
Academia Militară „Alexandru cel Bun”, Chișinău

### 1. PRINCIPIUL RELATIVITĂȚII GENERALIZATE.

Principiul relativității restrânse este valabil numai în sisteme de referință inerțiale (SRI) (v. FTM, 7, nr 3-4, 2009, p 22). Aceste sisteme au proprietatea de a nu afecta derularea fenomenelor fizice: legile naturii sunt aceleași în toate sistemele de referință inerțiale.

Este firească întrebarea: rămân oare legile fizice invariante și în sistemele de referință neinerțiale? Reamintim că sistemul de referință este neinerțial dacă efectuează o mișcare accelerată, de exemplu, o mișcare de rotație sau de translație neuniformă față de un SRI.

Răspunsul la această întrebare a fost dat de A. Einstein, care scria: „După ce s-a confirmat introducerea principiului special al relativității, oricărui spirit avid de generalizare trebuie să-i apară ademenitoare ideea de a îndrăzni să facă pasul spre principiul general al relativității.”

După unsprezece ani de muncă intensă (1905 –1916), aplicând o metodă matematică specială, A. Einstein face pasul îndrăzneț și enunță principiul relativității generalizate: *legile fizice își păstrează aceeași formă în toate sistemele de referință, atât inerțiale cât și neinerțiale.*

Un argument serios în sprijinul teoriei relativității generalizate (TRG) a fost așa-numitul *principiu al echivalenței*: orice accelerație a unui sistem de referință produce același efect ca și gravitația.

Pentru a înțelege mai bine această formulare, să ne imaginăm un observator într-un lift aflat în spațiu departe de Pământ și de alți aștri, astfel încât gravitația se poate neglija.

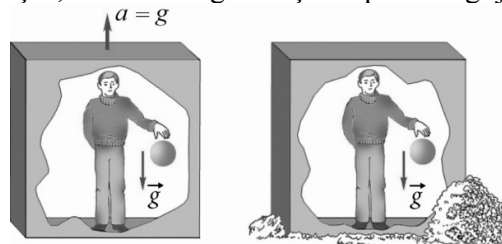


Fig. 1. Observatorul nu poate stabili dacă liftul se mișcă accelerat în spațiu cu accelerația  $a = g$  sau stă nemișcat pe Pământ.

În acest caz, observatorul și obiectele din lift se vor afla în stare de imponderabilitate, “plutind” liber în interiorul cabinei. Să presupunem acum că observatorul resimte din nou propria greutate și observă obiectele înconjurătoare din lift căzând pe „podea”. El ar putea da acestei schimbări de stare două explicații echivalente:

- a) liftul a început să se miște accelerat în direcția podea – plafonul cabinei;
- b) liftul continuă să stea nemișcat, însă în preajma lui a apărut un corp masiv și, prin urmare, asupra observatorului și obiectelor acționează forța de gravitație.

Acest exemplu vine să ilustreze imposibilitatea de a deosebi experimental gravitația artificială de cea naturală. Din echivalența gravitației și accelerației rezultă o serie de efecte pe care le vom expune sumar în continuare .

## 2. EFECTUL EINSTEIN.

Acest efect constă în faptul că sub influența câmpului gravitațional raza de lumină nu se mai propagă în linie dreaptă, ci se curbează. Bunăoară, atunci când razele provenite de la stele trec în apropiere de marginea discului solar, ele deviază de la direcția inițială. Acest fenomen poate fi înregistrat în timpul eclipselor totale de Soare. În acest scop se fotografiază un grup de stele în timpul eclipsei, apoi aceleași stele se fotografiază noaptea. Comparând pozițiile stelelor, se evaluează unghiul de deviere.

Primul experiment de acest gen a fost realizat de fizicieni englezi cu ocazia eclipsei totale de Soare din 1919. Rezultatele obținute au confirmat deviația de  $1,75''$  prezisă de TRG. Începând cu anul 1969, efectul Einstein se poate detecta și în afara eclipselor, măsurând devierea undelor radio emise de *quasari* – obiecte cosmice cu aspect de stele, situate la distanțe de mii de megaparseci (1 parsec  $\approx 3,26$  ani-lumină) de Sistemul nostru stelar (*quasar* este o abreviere a sintagmei *quasistellar radio source* - radio-sursă cvasistelară).

## 3. ROTAȚIA PERIHELIIULUI PLANETELOR.

*Periheliul* este punctul cel mai apropiat de Soare de pe orbita eliptică a unei planete, punctul cel mai îndepărtat fiind numit *afeliu*. În TRG se demonstrează că poziția periheliului nu este fixă față de Soare, ci se rotește în planul elipsei. În consecință, traiectoria rezultantă a planetelor are forma unei rozete. Acest efect este maxim în cazul planetei Mercur, planeta cea mai apropiată de Soare din Sistemul solar. Din calcule rezultă rotația cu  $43''$  în 100 de ani, valoarea măsurată fiind de  $42,6'' \pm 0,9''$ .

## 4. DEPLASAREA SPRE ROȘU A LINIILOR SPECTRALE ALE STELELOR.

Cu ajutorul spectroscopelor de performanță s-a stabilit că liniile spectrale recepționate de la stele sunt deplasate spre frecvențe mai mici (lungimi de unde mai mari), adică spre domeniul roșu al spectrului față de liniile corespunzătoare emise de elementele chimice de pe Pământ. În TRG, acest efect se explică prin faptul că într-un câmp gravitațional foarte intens toate procesele se produc într-un ritm mai lent decât în câmpul gravitațional mai slab. Efectul este propriu, de asemenea, radiațiilor electromagnetice emise de atomi și utilizate în calitate de ceasuri atomice ideale. „Ceasurile atomice” din coroana stelelor masive “merg mai încet” decât ceasurile atomice de pe Pământ, cauzând deplasarea spre roșu a liniilor spectrale. Astrofizicienii americani de la Observatorul Mount Wilson din California au determinat această deplasare pentru hidrogenul din coroana stelei Sirius, care s-a dovedit a fi în concordanță cu predicțiile TRG.

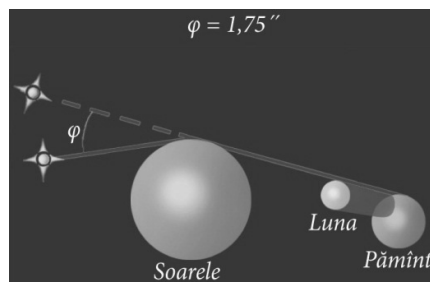


Fig. 2. Curbarea razelor de lumină în câmpul gravitațional.

Un alt experiment de acest gen a fost realizat la Universitatea din Harvard în colaborare cu Agenția Spațială Americană (NASA) în 1976. Un ceas atomic performant a fost ridicat cu racheta la o altitudine de  $\approx 10\,000$  km. Indicațiile lui au fost comparate cu indicațiile unui



ceas identic rămas pe Pământ. Predicția TRG că ceasul atomic de pe rachetă merge în avans față de ceasul de pe Pământ a fost verificată cu o precizie de 0,001%.

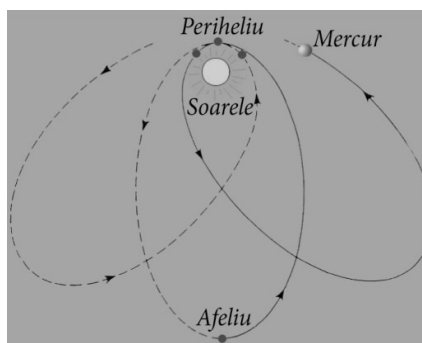


Fig. 3. Rotația periheliului planetei Mercur.

Deplasarea spre roșu a liniilor spectrale datorită variației câmpului gravitațional a fost pusă în evidență și prin experimente efectuate la suprafața Pământului, utilizându-se un efect descoperit de fizicianul german Rudolf Moessbauer (premiul Nobel pentru fizică în 1961).

#### 4. UNDELE GRAVITAȚIONALE.

Câmpurile gravitaționale variabile (oscilatorii) generează unde gravitaționale, tot așa cum undele electromagnetice sunt generate de oscilațiile purtătorilor de sarcină electrică. Intensitatea undelor gravitaționale este foarte mică și de aceea detectarea lor este o problemă experimentală foarte complicată. Problema încă nu a fost soluționată nici cu ajutorul sistemelor LIGO (Laser Interferometer Gravitation Observatory) și VIRGO (Variability of Solar Irradiance and Gravity Oscillations), concepute special în acest scop. Totuși, în pofida faptului că până în prezent nu s-a reușit înregistrarea directă a undelor gravitaționale, oamenii de știință americani Russel Halls și Joseph Taylor au obținut dovezi indirecte incontestabile privind existența acestor unde. Cercetând o stea dublă, una dintre componente fiind pulsarul PSR 1913-16, fizicienii au stabilit o micșorare a perioadei de rotație relativă a stelelor, care a fost interpretată prin emiterea de unde gravitaționale. Pentru această descoperire, cercetătorilor li s-a acordat în 1995 Premiul Nobel pentru fizică. Pulsarul este o stea de dimensiuni mici având diametrul de circa 10–20 km, constituită din neutroni, adică o stea neutronică. Pulsarii emit radiații electromagnetice periodice care permit localizarea lor.

Primit la redacție: 12 noiembrie 2012

## INFLUENȚA PARAMETRILOR DESCĂRCĂRILOR ELECTRICE ÎN IMPULSURI ASUPRA FORMĂRII PELICULELOR DE OXIZI PE SUPRAFAȚA OȚELULUI-45

Alexandr OJEGOV

Universitatea de Stat „Alec Russo” Bălți

**Rezumat:** Se analizează influența parametrilor descărcărilor electrice în impulsuri asupra intensității formării peliculelor de oxizi pe suprafețele conjugate plane ale probelor din oțel-45. A fost stabilit regimul optim de prelucrare, căruia îi corespunde valoarea maximă a productivității.

### INTRODUCERE

Unul dintre indicii tehnologici ai unui proces este productivitatea [1]. La prelucrarea materialelor prin turnare și deformare plastică (laminare, tragere, presare, forjare, matrițare, ștanțare etc.) productivitatea se caracterizează prin numărul de piese executate într-o perioadă de timp [2].

La prelucrarea materialelor prin așchiere (strunjire, frezare, burghiere, rectificare, broșare etc.) în calitate de parametru al productivității servește timpul-mașină [3].

În cazul formării straturilor de depuneri (prin descărcări electrice cu rupere de contact (aliere prin scânteii electrice) [4, 5], din pulberi metalice [4, 6, 8], prin metode electrochimice [7] etc.) este vorba despre variația în timp a masei catodului în funcție de parametrii procesului.

Pentru stabilirea eficacității procesului de formare a peliculelor subțiri de oxizi pe suprafețele materialelor conductibile cu aplicarea descărcărilor electrice în impulsuri au fost efectuate cercetări ale dependenței timpului specific de prelucrare de parametrii de natură electrică și neelectrică ai procesului, productivitatea fiind valoarea inversă a timpului specific.

### 1. METODOLOGIA CERCETĂRII EXPERIMENTALE

Pentru cercetarea experimentală, în calitate de electrozi au fost executate probe cilindrice de 11,3 mm în diametru (aria suprafeței de lucru constituind aproximativ  $1 \text{ cm}^2$ ) din oțel-45. Suprafața de lucru a probelor a fost șlefuită și poleită „oglină”. Electrozii erau fixați în dispozitivul de stabilire a interstițiului în așa fel ca suprafețele de lucru ale anodului și catodului să fie paralele între ele (fig. 1).

Pentru formarea peliculelor de oxizi pe suprafața de lucru a probelor a fost utilizat generatorul de impulsuri de tipul RC cu amorsarea preventivă a interstițiului cu un impuls de tensiune înaltă [9].

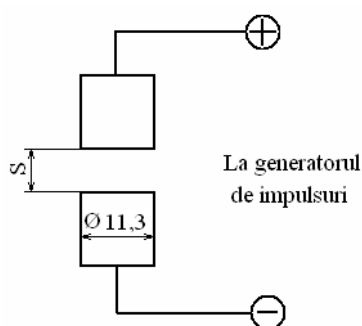


Fig. 1. Fixarea probelor pentru cercetări experimentale

În calitate de parametri care influențează intensitatea formării peliculelor de oxizi cu aplicarea descărcărilor electrice în impulsuri au fost alese frecvența impulsurilor, energia degajată în interstițiu și mărimea interstițiului (distanța între electrozi). Obiectivul de bază al acestor cercetări constă în determinarea regimului optim de prelucrare, căruia îi corespunde valoarea maximă a productivității.

Pentru estimarea cantitativă a productivității a fost măsurat timpul specific de prelucrare,  $T$  (s/cm<sup>2</sup> sau min/cm<sup>2</sup>), care este timpul de prelucrare a unei suprafețe cu aria  $A = 1$  cm<sup>2</sup>. Sfârșitul prelucrării se înregistrează atunci când între probele cercetate nu mai apare vreo descărcare, fapt care arată că pe suprafață s-a format o peliculă continuă de oxid.

Productivitatea se calculează ca valoarea inversă a timpului specific de prelucrare:

$$\eta = \frac{1}{T} \text{ (cm}^2\text{/min)}. \quad (1)$$

## 2. Influența frecvenței impulsurilor de descărcare electrică asupra formării peliculelor de oxizi

În cazul formării peliculelor de oxid pe suprafețele metalice prin descărcări electrice în impulsuri viteza de prelucrare poate fi schimbată variind frecvența impulsurilor. Variația frecvenței impulsurilor se obține prin rotirea manetei blocului de comandă al generatorului de impulsuri până la o poziție anumită.

Pentru cercetări experimentale a fost stabilită mărimea interstițiului  $S = 2$  mm, capacitatea bateriei de condensatori  $C = 600$  μF, tensiunea de încărcare a bateriei  $U_c = 240$  V și frecvența impulsurilor  $f = 2 \div 40$  Hz. Rezultatele cercetărilor sunt prezentate în tabelul 1 și în fig. 2.

Tabelul 1

Dependența timpului specific de prelucrare și a productivității formării peliculelor de oxid pe suprafețe conjugate ale electrozilor din oțel-45 de frecvența impulsurilor.

Nr crt	Frecvența impulsurilor $f$ , Hz	Timpul specific de prelucrare, $T$		Productivitatea $\eta$ , cm <sup>2</sup> /min
		s/cm <sup>2</sup>	min/cm <sup>2</sup>	
1	2	660	11,00	0,091
2	4	580	9,67	0,103
3	6	390	6,50	0,154
4	8	200	3,33	0,300
5	10	74	1,23	0,811
6	15	28	0,47	2,143
7	20	35	0,58	1,714
8	25	48	0,80	1,250
9	30	67	1,12	0,896
10	35	92	1,53	0,652
11	40	123	2,05	0,488

Odată cu mărirea frecvenței impulsurilor de descărcare (de la 0 la 15 Hz) crește și productivitatea, atingând valoarea maximă  $\eta \approx 2,14$  cm<sup>2</sup>/min pentru  $f = 15$  Hz, iar pentru valori  $f > 15$  Hz productivitatea scade hiperbolic.

Micșorarea productivității de formare a peliculelor de oxizi se datorează faptului că bateria de condensatori nu reușește să se încarce complet și din această cauză scade energia de descărcare, ceea ce duce la micșorarea volumului canalului de plasmă și, ca rezultat, la reducerea zonei de influență termică pe suprafața de prelucrare.

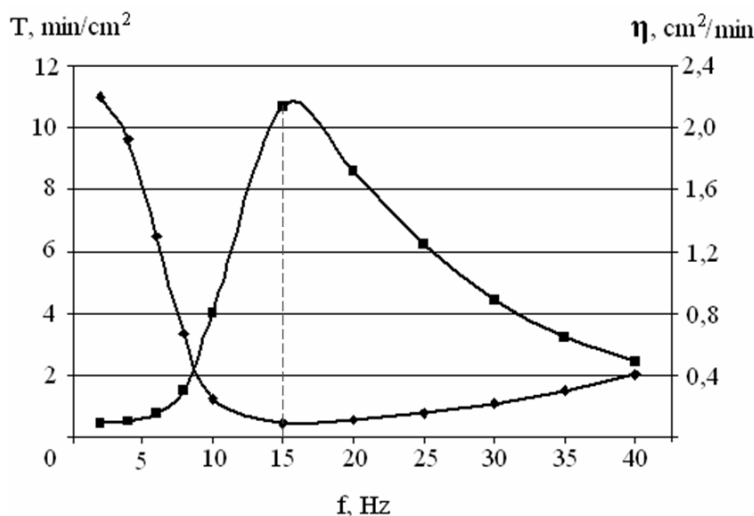


Fig. 2. Dependenta timpului specific de prelucrare (◆) și a productivității formării peliculelor de oxid (■) pentru suprafețe conjugate ale electrozilor din oțel-45 de frecvența impulsurilor: mărimea interstițiului  $S = 2$  mm; capacitatea bateriei de condensatori  $C = 600 \mu\text{F}$ ; tensiunea de încărcare a bateriei de condensatori  $U_c = 240$  V.

Luând în considerație valoarea optimă a frecvenței impulsurilor pentru care s-a obținut un maximum, cercetările influenței altor parametri asupra productivității formării peliculelor de oxid au fost efectuate pentru  $f = 15$  Hz.

### 3. INFLUENȚA ENERGIEI DEGAJATE ÎN INTERSTIȚIU ASUPRA INTENSITĂȚII FORMĂRII PELICULELOR DE OXID

În cazul cercetării influenței energiei degajate în interstițiu, valoarea ei a fost schimbată variind capacitatea bateriei de condensatori și tensiunea de încărcare a condensatorilor.

Rezultatele experimentale sunt prezentate în tabelul 2 și fig. 3.

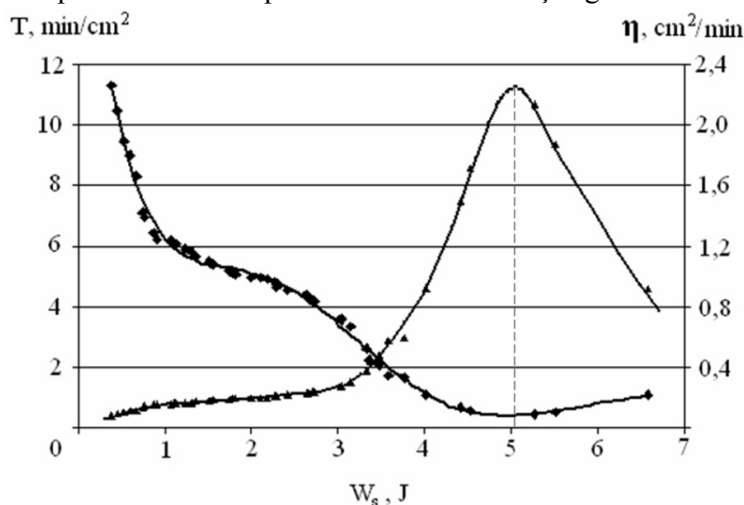


Fig. 3. Dependenta timpului specific de prelucrare (◆) și a productivității formării peliculelor de oxid (▲) pentru suprafețe conjugate ale electrozilor din oțel-45 de energia degajată în interstițiu. Frecvența impulsurilor  $f = 15$  Hz.

Tabelul 2

Dependența timpului specific de prelucrare și a productivității formării peliculelor de oxid, pentru suprafețe conjugate ale electrozilor din oțel-45, de energia degajată în interstițiu. Frecvența impulsurilor  $f = 15$  Hz

Nr crt	Energia degajată în interstițiu, $W_s$ , J	Timpul specific de prelucrare, $T$		Productivitatea, $\eta$ , $\text{cm}^2/\text{min}$
		$\text{s}/\text{cm}^2$	$\text{min}/\text{cm}^2$	
1	0,38	680	11,33	0,088
2	0,45	630	10,50	0,095
3	0,52	570	9,50	0,105
4	0,6	540	9,00	0,111
5	0,67	500	8,33	0,120
6	0,75	428	7,13	0,140
7	0,76	418	6,97	0,144
8	0,88	388	6,47	0,155
9	0,91	375	6,25	0,160
10	1,07	370	6,17	0,162
11	1,1	368	6,13	0,163
12	1,13	365	6,08	0,164
13	1,23	356	5,93	0,169
14	1,3	350	5,83	0,171
15	1,36	341	5,68	0,176
16	1,51	331	5,52	0,181
17	1,52	328	5,47	0,183
18	1,56	325	5,42	0,185
19	1,75	311	5,18	0,193
20	1,79	307	5,12	0,195
21	1,81	306	5,10	0,196
22	2	300	5,00	0,200
23	2,1	298	4,97	0,201
24	2,19	295	4,92	0,203
25	2,27	289	4,82	0,208
26	2,29	280	4,67	0,214
27	2,42	273	4,55	0,220
28	2,63	264	4,40	0,227
29	2,65	260	4,33	0,231
30	2,71	253	4,22	0,237
31	2,72	250	4,17	0,240
32	3,03	218	3,63	0,275
33	3,04	215	3,58	0,279
34	3,15	200	3,33	0,300
35	3,33	157	2,62	0,382
36	3,37	136	2,27	0,441
37	3,47	125	2,08	0,480
38	3,58	105	1,75	0,571
39	3,77	100	1,67	0,600
40	4,01	65	1,08	0,923
41	4,42	40	0,67	1,500
42	4,52	35	0,58	1,714
43	5,27	28	0,47	2,143
44	5,51	32	0,53	1,875
45	6,58	65	1,08	0,923

Obținerea unui maximum în acest caz (pentru  $W_S \approx 5$  J, capacitatea bateriei de condensatori  $C = 600 \mu\text{F}$ , tensiunea de încărcare a bateriei  $U_C = 240$  V și distanța între electrozi  $S = 2$  mm) poate fi explicată prin faptul că, la energii mai mari, asupra stratului superficial al probei, în afară de petele electrodice „reci”, acționează și petele „calde” (fig. 4) [8], care provoacă topirea suprafeței în zona de descărcare, ceea ce duce la reînnoirea ei și, în consecință, la posibilitatea de străpungere a interstițiului.

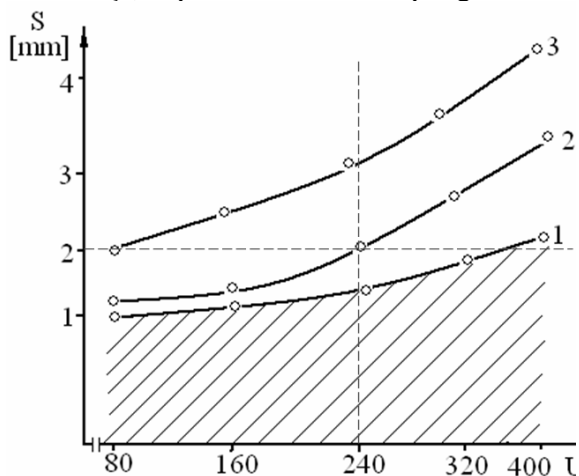


Fig. 4. Mărimea interstițiului  $S_f$  în funcție de tensiunea de încărcare a condensatorilor de lucru  $U_C$  care determină limitele existenței urmelor de pete „calde” sub formă de fază lichidă (porțiunea hașurată) și urmele petelor „reci” (sub curba 3); între curbele 1 și 2 se constată acțiunea ambelor tipuri de pete: „calde” și „reci” [8]

#### 4. INFLUENȚA DISTANȚEI DINTRE ELECTROZI ASUPRA INTENSITĂȚII FORMĂRII PELICULELOR DE OXIZI

În tabelul 3 și în fig. 5 este prezentată dependența timpului specific de prelucrare și a productivității formării peliculelor de oxizi, pentru suprafețe conjugate ale electrozilor din oțel-45, de mărimea interstițiului pentru trei valori ale tensiunii de încărcare a bateriei de condensatori de capacitate  $C = 600 \mu\text{F}$ .

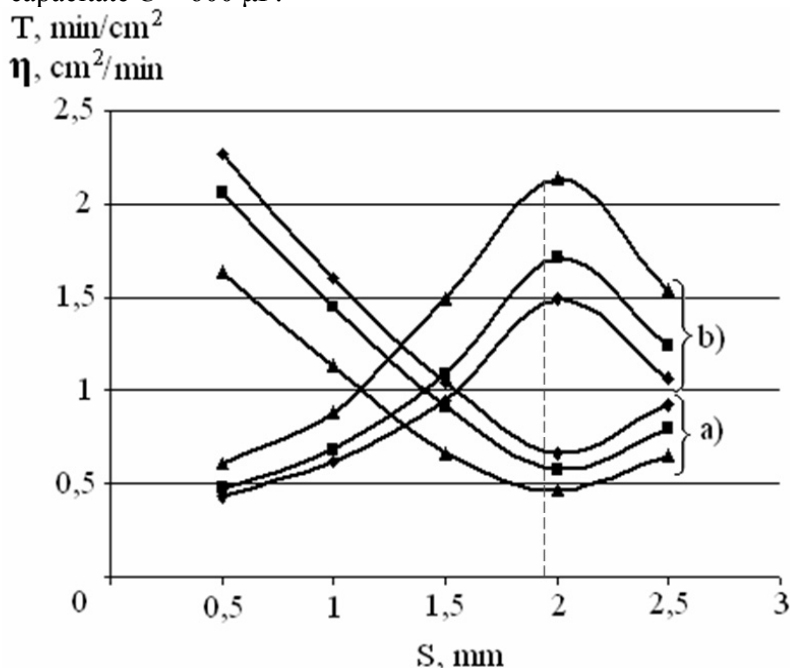


Fig. 5. Dependența timpului specific de prelucrare (a) și a productivității formării peliculelor de oxizi (b), pentru suprafețe conjugate ale electrozilor din oțel - 45, de mărimea interstițiului: energia degajată în interstițiu  $W_s$ : ◆ - 3,5÷4 J; ▲ - 4÷4,5 J; ■ - 4,5÷5 J

Frecvența impulsurilor  $f = 15$  Hz, capacitatea bateriei de condensatori  $C = 600 \mu\text{F}$

Tabelul 3

Dependența timpului specific de prelucrare și a productivității formării peliculelor de oxizi, pentru suprafețe conjugate ale electrozilor din oțel - 45, de mărimea interstițiului. Frecvența impulsurilor  $f = 15$  Hz, capacitatea bateriei de condensatori  $C = 600 \mu\text{F}$

Nr crt.	Mărimea interstițiului $S$ , mm	Timpul specific de prelucrare, $T$						Productivitatea $\eta$ , $\text{cm}^2/\text{min}$		
		$U_C = 180$ V $W_S = 3,5 \div 4$ J		$U_C = 200$ V $W_S = 4 \div 4,5$ J		$U_C = 240$ V $W_S = 4,5 \div 5$ J		$U_C = 180$ V $W_S = 3,5 \div 4$ J	$U_C = 200$ V $W_S = 4 \div 4,5$ J	$U_C = 240$ V $W_S = 4,5 \div 5$ J
		s/cm <sup>2</sup>	min/cm <sup>2</sup>	s/cm <sup>2</sup>	min/cm <sup>2</sup>	s/cm <sup>2</sup>	min/cm <sup>2</sup>			
1	0,5	136	2,27	124	2,07	98	1,63	0,441	0,484	0,612
2	1	96	1,60	87	1,45	68	1,13	0,625	0,690	0,882
3	1,5	63	1,05	55	0,92	40	0,67	0,952	1,091	1,500
4	2	40	0,67	35	0,58	28	0,47	1,500	1,714	2,143
5	2,5	56	0,93	48	0,80	39	0,65	1,071	1,250	1,538

Cum a fost stabilit anterior [8], dependența volumului zonei centrale fierbinți a canalului de plasmă de mărimea interstițiului (fig. 6) are un maxim pentru  $S = 1,5 \div 2$  mm în cazul energiei degajate în interstițiu  $W_S = 3,5 \div 6$  J. Maximul cantității de căldură în canalul de plasmă corespunde productivității maxime în fig. 5 (pentru toate cele trei cazuri ( $W_S = 3,5 \div 4$  J,  $W_S = 4 \div 4,5$  J și  $W_S = 4,5 \div 5$  J) maximul s-a obținut pentru  $S = 1,5 \div 2$  mm).

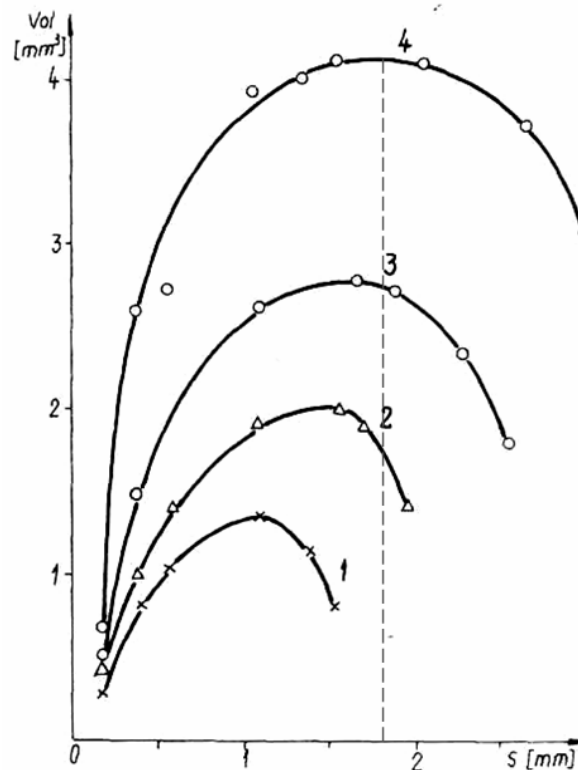


Fig. 6. Dependența volumului zonei centrale fierbinți a canalului de plasmă de mărimea interstițiului: 1 –  $W_S = 2,5 \div 3$  J; 2 –  $W_S = 3 \div 3,5$  J; 3 –  $W_S = 3,5 \div 4$  J; 4 –  $W_S = 4,5 \div 6$  J [8]

### 5. CONCLUZII

Așadar, luând în considerație influența parametrilor descărcărilor electrice în impulsuri asupra intensității formării peliculelor de oxizi pe suprafețele conjugate din oțeluri de construcție a fost stabilit regimul optim de prelucrare: frecvența impulsurilor de descărcare,  $f = 15$  Hz; distanța dintre electrozi,  $S = 1,5-2$  mm; capacitatea bateriei de condensatori a generatorului de putere  $C = 600$   $\mu$ F; tensiunea de încărcare a bateriei de condensatori  $U_c = 240$  V (valoarea medie a energiei degajate în interstițiu pentru aceste valori  $W_s = 5,27$  J). În acest caz, timpul specific de prelucrare nu depășește  $0,5$  min/cm<sup>2</sup>, iar productivitatea constituie  $\eta \approx 2,14$  cm<sup>2</sup>/min.

### BIBLIOGRAFIE

1. Артамонов, Б.А.; Волков, Ю.С.; Дрожалова, В.И. и др. *Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов*. Т.1 и Т.2. Высшая школа, М. 1983.
2. Stoian, Leonard; Pâlfalvi, Atilia; Vintilă, Nicolae; Maniu, Alexandru. *Tehnologia materialelor*. Ed. Didactică și pedagogică, București, 1980, 656 p.
3. Горбунов, Б.И. *Обработка металлов резанием, металлорежущий инструмент и станки*. Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов. Машиностроение, М., 1981, 287 с.
4. Topală Pavel, Stoicev Petru. *Tehnologii de prelucrare a materialelor cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls*. Tehnica-Info, Chișinău, 2008, 265 p. ISBN 978-9975-910-61-3.
5. Гитлевич, А.Е.; Михайлов, В.В.; Парканский, Н.Я.; Ревуцкий, В.М. *Электроискровое легирование металлических поверхностей*. Штиинца, Кишинев, 1985. 196 с.
6. Topală, Pavel; Balanici, Alexandu; Bălcănuță, Nicolae. "Determinarea elementelor regimurilor tehnologice de formare a straturilor de depunere din pulberi metalice obținute prin aplicarea descărcărilor electrice în impuls", *Analele Științifice ale Universității de Stat „Alecru Russo” Bălți*, v. XX, 2003, pp. 70-73.
7. Попилов, Л.Я. *Электрофизическая и электрохимическая обработка материалов*. Машиностроение, М., 1982, 399 с.
8. Topală Pavel. *Cercetări privind obținerea straturilor din pulberi metalice prin descărcări electrice în impuls*. Teza de doctorat, București, 1993, 161 p.
9. Topală Pavel, Ojegov Alexandr. "Formation of oxide thin pellicles by means of electric discharges in pulse". *Buletinul Institutului Politehnic Iași*. Tomul LIV (LVIII), 2008, pp. 121-128.

Primit la redacție: 5 decembrie 2011



**FIZICA LA ABSOLVIREA ÎNVĂȚĂMÂNTULUI  
PREUNIVERSITAR.**

**2. UCRAINA**

Mihai MARINCIUC, Vitalie CHISTOL  
Universitatea Tehnică a Moldovei

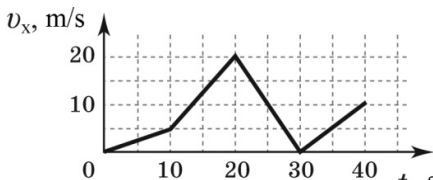
Structura sistemului de învățământ preuniversitar din Ucraina repetă întocmai sistemul existent în ultimii ani ai Uniunii Sovietice: clasele I – IV – învățământul primar, clasele V – IX – învățământul de 9 ani, clasele X – XI – învățământul mediu (de cultură generală). Fizica se studiază începând cu clasa a VII-a: în primii 2 ani se predă un curs propedeutic, în următorii 3 ani – cursul de bază. Absolvenților școlii li se înmânează atestatul de maturitate.

În anul 2002 au fost elaborate primele teste de examen, încercate în testările studenților de la anul întâi din instituțiile de învățământ superior. În anii următori testele au fost verificate la examenele de absolvire din școli, din an în an cu un număr tot mai mare de elevi. Începând cu anul 2008 testele au devenit obligatorii. Examenul de fizică este opțional. Testul conține 37 de subiecte care cuprind toate capitolele fizicii.

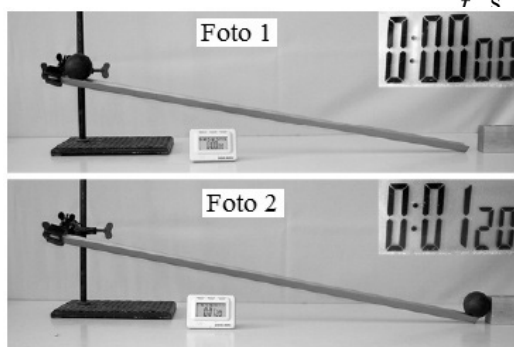
**TEST DE FIZICĂ**

1. O piatră aruncată din fereastra etajului doi, de la înălțimea de 4 m, a căzut pe pământ la distanța de 3 m de la peretele clădirii. Calculați modulul deplasării pietrei.

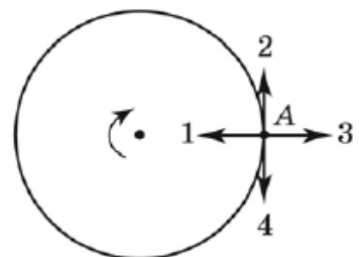
2. În figură este reprezentat graficul proiecției vitezei  $v_x$  în funcție de timp pentru un automobil care se mișcă pe o porțiune rectilinie de șosea. Determinați intervalul de timp, în care modulul accelerației este minim.



3. O bilă s-a rostogolit fără viteză inițială pe un uluc cu lungimea de 0,72 m. Determinați accelerația bilei. Indicațiile cronometrului (vezi foto 1 și 2) corespund minutelor, secundelor și sutimilor de secundă la începutul și, respectiv, sfârșitul mișcării.



4. Un corp efectuează o mișcare circulară în sens orar. Indicați sensul vitezei corpului în punctul A.



## 26 Probleme, concursuri, olimpiade

5. Viteza unui corp cu masa de 0,8 kg care se mișcă de-a lungul axei  $OX$ , variază conform ecuației  $v_x = 0,05 \sin(10\pi t)$ , în care toate mărimile sunt exprimate în unități SI. Calculați impulsul corpului după 0,2 s de la începutul mișcării.

6. În figură este reprezentată traiectoria mișcării unui corp aruncat sub un unghi față de orizont. În care punct al traiectoriei energia potențială a corpului în câmpul gravitațional al Pământului este minimă?

7. Ce număr de molecule conțin doi moli de azot  $N_2$ ? Constanta lui Avogadro se va considera egală cu  $6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

8. Într-un cilindru închis cu piston mobil se află gaz ideal. În grafic este reprezentată dependența volumului gazului de temperatura absolută. În care stare presiunea gazului are cea mai mare valoare?

9. În figură sunt reprezentate graficele proceselor de modificare a stării unui gaz ideal. Indicați graficul ce corespunde răcirii izocore a gazului.

10. Scrieți expresia care definește concentrația moleculelor unui corp. Se cunosc:  $N_A$  – constanta lui Avogadro,  $\nu$  – cantitatea de substanță,  $m$  – masa corpului,  $V$  – volumul corpului,  $N$  – numărul de molecule din corp,  $M$  – masa

molară a substanței corpului.

11. Două bile mari metalice identice, încărcate cu sarcini electrice egale în modul dar de semne opuse, sunt puse în contact, apoi readuse în pozițiile inițiale. Indicați sarcinile bilelor după separarea lor în lipsa unui câmp

electric exterior.

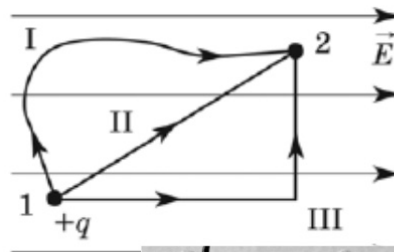
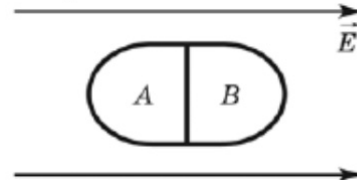
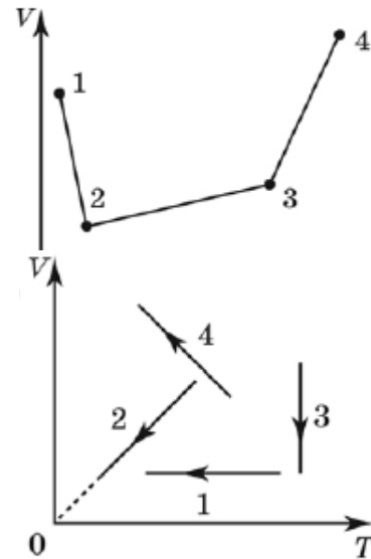
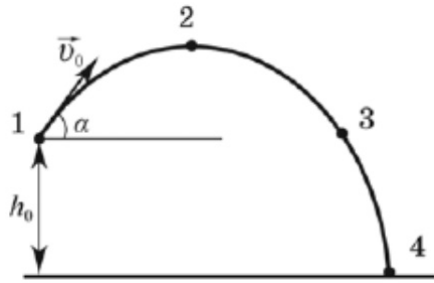
12. Un corp din substanță dielectrică a fost introdus în câmp electric omogen, al cărui vector de intensitate este orientat ca în figură. După aceasta porțiunile A și B ale corpului sunt separate una de alta. Care vor fi sarcinile electrice ale porțiunilor după separare?

13. Un corp punctiform, încărcat cu sarcină electrică pozitivă, se deplasează în câmp electric omogen din punctul 1 în punctul 2 pe traiectoriile I, II și III, reprezentate în figură. Continuați corect afirmația: lucrul forțelor câmpului electric ce acționează asupra unui corp punctiform electrizat la deplasarea acestuia ...

14. Determinați valoarea unei diviziuni a aparatului de măsură din imagine.

15. Cât va dura electroliza unei soluții de cupru sulfurat, dacă electrozii utilizați sunt din cupru?

16. O particulă încărcată electric pătrunde într-un câmp magnetic omogen de inducție  $\vec{B}$  cu viteza  $\vec{v}$  orientată perpendicular pe liniile magnetice și continuă mișcarea pe un cerc de rază  $R$ . Stabiliți expresia care permite calcularea sarcinii specifice a acestei particule (raportul dintre sarcina electrică și masă).



17. Un corp suspendat de un fir efectuează oscilații libere între punctele A și B (vezi figura). Indicați direcția și sensul accelerației corpului în punctul B. Amortizarea oscilațiilor se neglijează.

18. Coordonata corpului ce oscilează armonic de-a lungul axei OX variază conform legii  $x = 0,9 \sin(3t)$ , în care toate mărimile sunt exprimate în SI. Determinați frecvența de oscilație a accelerației corpului.

19. Pendulul unui ceasornic de perete oscilează cu frecvența de 2 Hz. De câte ori energia potențială a pendulului atinge valoarea maximă într-un minut?

20. Continuați corect afirmația: particula încărcată **NU** emite unde electromagnetice în vid, dacă ea ...

21. Care din săgețile marcate în figură cu cifre este imaginea săgeții AB în oglinda plană?

22. Scrieți formula care permite, în acord cu postulatele lui Bohr, să se calculeze frecvența radiației electromagnetice emise la trecerea atomului din starea excitată cu energia  $E_1$

în starea fundamentală cu energia  $E_0$  ( $c$  – viteza luminii în vid,  $h$  – constanta lui Planck).

23. Care este denumirea intervalului de unde electromagnetice învecinate cu cele de lumină, corespunzătoare fotonilor cu energii mai mici?

24. Calculați energia de repaus a corpului cu masa de 60 kg. Pentru viteza luminii în vid se va lua valoarea de  $3 \cdot 10^8$  m/s.

25. Scrieți ecuația ce exprimă emisia particulelor  $\alpha$  în reacția nucleară care se produce în urma bombardării cu protoni a unei ținte de aluminiu ( ${}^{27}_{13}\text{Al}$ ).

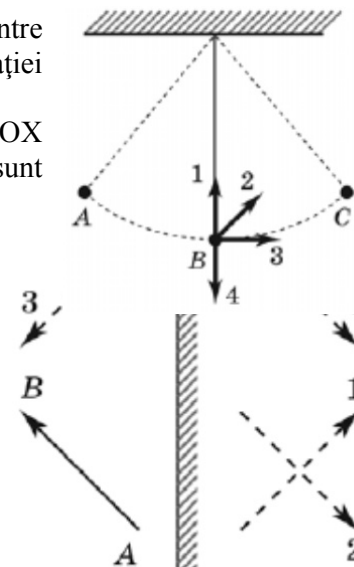
26. Stabiliți corespondența dintre denumirea mărimii fizice și expresia matematică ce permite calcularea ei.

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| 1. Căldura specifică a substanței  | A. $\frac{Q}{m}$            |
| 2. Căldura specifică de topire a unei substanțe cristaline                   | B. $\lambda \cdot \Delta T$ |
| 3. Variația energiei interne la variația temperaturii prin schimb de căldură | C. $\frac{Q}{m\Delta T}$    |
| 4. Randamentul mașinii termice reale   | D. $cm\Delta T$             |
|  | E. $1 - \frac{Q_2}{Q_1}$    |

27. Stabiliți corespondența dintre mărimile fizice și notațiile lor (sau expresiile matematice).

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| 1. Variația intensității curentului electric             | A. $\frac{\Delta I}{\Delta t}$    |
| 2. Viteza de variație a intensității curentului electric | B. $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ |
| 3. Variația fluxului magnetic                            | C. $\Delta I$                     |
| 4. Viteza de variație a fluxului magnetic                | D. $\Delta S$                     |
|  | E. $\Delta \Phi$                  |

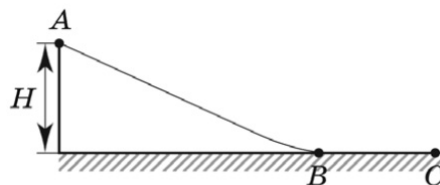
28. Două grupuri de turiști au pornit simultan din două localități, unul în întâmpinarea celuilalt. Ele s-au întâlnit la ora 12 a aceleiași zile și, fără a se opri, fiecare grup și-a continuat



## 28 Probleme, concursuri, olimpiade

mișcarea în sensul inițial, cu aceeași viteză medie. Determinați ora la care grupurile au părăsit localitățile, dacă se știe că un grup a ajuns în localitatea din care a plecat celălalt la orele 16, iar grupul al doilea a ajuns în localitatea din care a plecat primul la ora 21. Mișcărilor ambelor grupuri se consideră rectilinii uniforme. În răspuns va fi indicat numărul de ore.

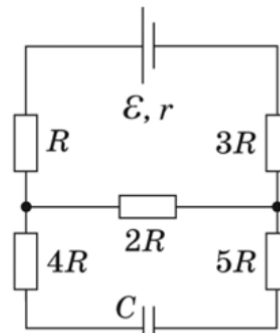
29. Un copil coboară cu săniuța de pe vârful unui derdeluș de gheață (punctul A), parcurge o distanță de 40 m pe porțiunea orizontală BC și se oprește în punctul C (vezi figura). Masa copilului împreună cu săniuța este egală cu 60 kg. Determinați înălțimea  $H$  a derdelușului (în metri), dacă pe porțiunea AB forța de rezistență opusă mișcării poate fi neglijată, iar pe porțiunea orizontală BC forța de rezistență este egală cu 60 N. Considerați  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



30. Într-un vas metalic având masa egală cu 200 g au fost turnate 150 g de apă și introdusă o bucată de gheață având temperatura de  $0^\circ \text{C}$ . Temperatura inițială a vasului cu apă era egală cu  $25^\circ \text{C}$ . La stabilirea echilibrului termic temperatura apei în vasul metalic a devenit egală cu  $5^\circ \text{C}$ . Calculați masa gheții (în kilograme). Căldura specifică a metalului din care e făcut vasul este egală cu  $410 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ , căldura specifică a apei este de  $4200 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ , căldura specifică de topire a gheții este  $3,35 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ . Pierderile de căldură de către vasul metalic cu apă se vor neglija.

31. Un motor termic efectuează într-un ciclu un lucru egal cu 25 J și transmite răcitorului o cantitate de căldură de 75 J. Calculați randamentul motorului termic (în procente).

32. Calculați energia condensatorului din schema reprezentată în figură, dacă capacitatea lui electrică  $C = 0,5 \mu\text{F}$ . Tensiunea electromotoare a sursei este egală cu 10 V, rezistența interioară a ei  $r = 10 \Omega$  și  $R = 10 \Omega$ . Înscrisați rezultatul în microjouli.

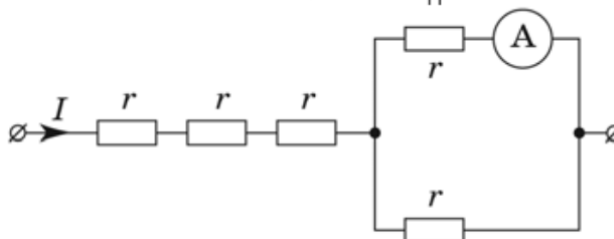


33. Intensitatea curentului electric continuu care circulă prin porțiunea de circuit reprezentată în figură,  $I = 9 \text{ A}$ .

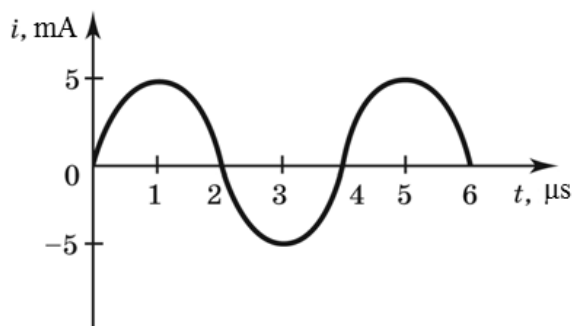
Calculați intensitatea curentului (în amperi) indicată de ampermetru.

Rezistența ampermetrului se neglijează.

34. Intensitatea curentului electric într-o bobină de inductanță de 0,8 H crește uniform cu timpul astfel încât în aceasta se induce o tensiune electromotoare de inducție, a cărei valoare este de 1,2 V. Cu cât crește intensitatea curentului într-o secundă? Scrieți răspunsul în amperi.



35. În figură este reprezentat graficul care exprimă dependența de timp a intensității curentului electric într-un circuit oscilant, în care au loc oscilații libere. Calculați care ar fi perioada oscilațiilor în circuit, dacă capacitatea electrică a condensatorului s-ar mări de 4 ori. Scrieți răspunsul în microsecunde.



36. Convergența (puterea optică) obiectivului unui aparat de proiecție este egală cu 5,25 dioptrii ( $\text{m}^{-1}$ ). Ecranul se află la distanța de 4 m

de la obiectiv. Determinați înălțimea minimă a ecranului pe care încape imaginea completă a unui obiect cu înălțimea de 6 cm. Scrieți răspunsul în metri.

37. Determinați intervalul de timp în care lumina ajunge de la suprafața oceanului până la fundul lui aflat la adâncimea de 450 m. Indicele de refracție al apei este egal cu  $4/3$ . Viteza luminii în vid este egală cu  $3 \cdot 10^8$  m/s. Scrieți răspunsul în microsecunde.

**RĂSPUNSURI**

**1.** 5 m; **2.** 0-10 s; **3.**  $1 \text{ m/s}^2$ ; **4.** 4; **5.** 0; **6.** 4; **7.**  $12 \cdot 10^{23}$ ; **8.** 3; **9.** 1; **10.**  $N/V$ ; **11.** după separare bilele au sarcini electrice nule; **12.** sarcinile porțiunilor A și B după separarea lor sunt nule; **13.** este același pe toate traiectoriile; **14.** 0,2 V; **15.** până la dispariția (descompunerea) anodului din cupru; **16.**  $\frac{q}{m} = \frac{v}{RB}$ ; **17.** 1; **18.**  $3/(2\pi)$  Hz; **19.** de 240 de ori; **20.** se mișcă rectiliniu uniform; **21.** 1; **22.**  $\nu = (E_1 - E_0)/h$ ; **23.** infraroșu; **24.**  $5,4 \cdot 10^{18}$  J; **25.**  ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_1^1\text{p} \rightarrow {}_{12}^{24}\text{Y} + {}_2^4\text{He}$ ; **26.** 1 → C, 2 → A, 3 → D, 4 → E; **27.** 1 → C, 2 → A, 3 → E, 4 → B; **28.** ora 6; **29.** 4 m; **30.** 0.04 kg; **31.** 25 %; **32.** 2,56 μJ; **33.** 4,5 A; **34.** 1,5 A; **35.** 8 μs; **36.** 1,2 m. **37.** 2 μs.

*Primit la redacție: 16 septembrie 2011*

## **A 42-A OLIMPIADĂ INTERNAȚIONALĂ DE FIZICĂ (42<sup>ND</sup> IPHO, 10-18 IULIE 2011, BANGKOK, THAILANDA**

În perioada 10–18 iulie 2011, la Bangkok, Thailanda, s-a desfășurat ediția a 42-a a Olimpiadei Internaționale de Fizică, la care au participat 395 de elevi din 85 de țări, însoțiți de 158 de conducători ai elevilor, 79 de observatori și 23 de vizitatori.

Republica Moldova a fost reprezentată de o echipă formată din 5 elevi. Conducătorul academic al echipei - conf.univ. dr.habil. Evtodiev Igor, Facultatea de Fizică a Universității de Stat din Moldova. Echipa a fost însoțită de dl Victor Păgănu, consultant la Ministerul Educației. La această olimpiadă elevii moldoveni au obținut 5 medalii, inclusiv o medalie de argint:

1. Zanoci Cristian (clasa X, LT “Orizont”, Chișinău) - Medalie de Argint
2. Zbirnea Alexei (clasa XII, LT “Orizont”, Chișinău) - Medalie de Bronz
3. Popanu Ilie (clasa X, LT “Dimitrie Cantemir”, Chișinău) - Medalie de Bronz
4. Toloacă Ion (clasa XI, LT “Mircea Eliade”, Chișinău) - Medalie de Bronz
5. Cheian Dinis (clasa XI, LT “Orizont”, Chișinău) - Medalie de Bronz

Foto 1. De la stânga la dreapta: Victor Păgănu, Ministerul Educației; Ghid, Thailanda; Ion Toloacă, LT “Mircea Eliade”; Dinis Cheian, LT “Orizont”; Cristian Zanoci, LT “Orizont”; Alexei Zbirnea, LT “Orizont”; Ilie Popanu, LT “Dimitrie Cantemir”; Ghid, Thailanda; Igor Evtodiev, USM.

Foto 2. De la stânga la dreapta: Igor Evtodiev, USM; Ion Toloacă, LT “Mircea Eliade”; Dinis Cheian, LT “Orizont”; Cristian Zanoci, LT “Orizont”; Ghid, Thailanda; Alexei Zbirnea, LT “Orizont”; Ilie Popanu, LT “Dimitrie Cantemir”; Victor Păgănu, Ministerul Educației.

Republica Moldova participă la Olimpiadele Internaționale de Fizică, începând cu a 26-a ediție (Canberra, Australia, 1995) și la Olimpiadele Internaționale de Științe pentru Juniori (*Fizică, Chimie, Biologie*) de la prima ediție (Jakarta, Indonesia, 2004). Din anul 2004 și până în prezent Lotul Național Olimpic este pregătit și condus de către conf. univ. dr. habil. Igor Evtodiev (Universitatea de Stat din Moldova).

Pe parcursul celor 20 de ani de independență ai Republicii Moldova, olimpicii fizicieni au obținut 41 de medalii la Olimpiadele Internaționale de Fizică și la Olimpiadele Internaționale de Științe (Fizică, Biologie, Chimie) pentru Juniori, inclusiv 3 Medalii de Aur, 11 Medalii de Argint, 27 Medalii de Bronz și 22 de Mențiuni de Onoare. Majoritatea din ele (3 - Aur, 10 - Argint, 27 - Bronz și 12 Mențiuni de Onoare) au fost câștigate după ce în 2004 Lotul Olimpic a început să fie pregătit și condus de către dl Igor Evtodiev.

Performanțele înalte ale olimpicilor moldoveni pe parcursul ultimilor ani sunt rezultatul unor pregătiri speciale realizate în laboratoarele Facultății de Fizică ale Universității de Stat din Moldova. Programele de pregătire sunt coordonate de către conf. univ. dr. habil. Igor Evtodiev, director al Laboratorului „Fotonică și Metrologie Fizică”, și realizate în colaborare cu laborantele Vera Secieru, Silvia Postolache, Oxana Udalova și Ludmila Damian.

Material pregătit de Igor Evtodiev și Stefan D. Tiron

1. O problemă cu trei corpuri și LISA

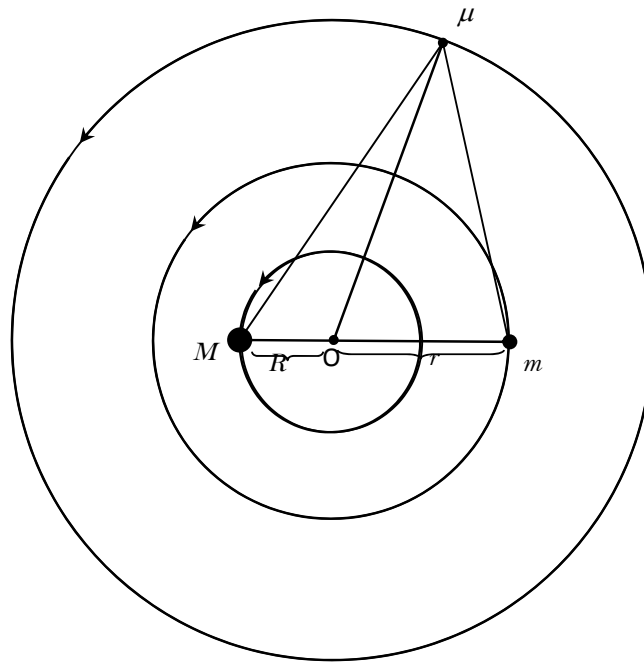


FIGURA 1. Orbitele coplanare pentru trei corpuri.

1.1. Două corpuri cu mase  $M$  și  $m$  se mișcă pe orbite circulare de raze  $R$  și respectiv  $r$ , gravitând în jurul centrului lor de masă. Determină viteza unghiulară  $\omega_0$  a liniei care unește corpurile de mase  $M$  și  $m$  în funcție de  $R, r, M, m$  și de constanta atracției gravitaționale  $G$ .

[1,5 puncte]

1.2. Un al treilea corp de masă infinit mică  $m$  se află în planul în care orbitează corpurile de mase  $M$  și  $m$ . Cel de-al treilea corp este plasat pe o orbită circulară cu centrul în centrul de masă al sistemului astfel încât  $m$  rămâne staționar în raport cu  $M$  și  $m$  așa cum se vede în figura 1. Presupune că obiectul cu masa infinit de mică,  $m$ , nu este coliniar cu  $M$  și  $m$ . Determină următoarele distanțe exprimate în funcție de  $R$  și  $r$ :

[3,5 puncte]

- 1.2.1. Distanța de la  $m$  până la  $M$ .
- 1.2.2. Distanța de la  $m$  până la  $m$ .
- 1.2.3. Distanța de la  $m$  până la centrul de masă.

1.3. Consideră cazul în care  $M = m$ . Dacă masei  $m$  i se imprimă acum o mică perturbație radială (de-a lungul lui  $Om$ ), care este pulsația oscilației corpului cu masa  $m$  față de poziția neperturbată, în funcție de  $\omega_0$ ? Presupune că momentul cinetic al corpului cu masa  $m$  se conservă.

[3,2 puncte]

LISA - the Laser Interferometry Space Antenna – este un grup de trei nave cosmice identice destinate detecției undelor gravitaționale de joasă frecvență. Fiecare dintre aceste trei nave spațiale este plasată într-unul dintre vârfurile unui triunghi echilateral – așa cum este arătat în

## 32 Probleme, concursuri, olimpiade

figurile 2 și 3. Laturile (sau „brațele”) au lungimea de circa 5,0 milioane de kilometri. Grupul LISA se deplasează în jurul Soarelui pe o orbită apropiată de aceea a Pământului fiind în urma acestuia cu un unghi de  $20^\circ$ . Fiecare dintre navele spațiale se mișcă pe o orbită individuală, ușor înclinată, în jurul Soarelui. De fapt, cele trei nave spațiale par să se rotească în jurul centrului lor comun efectuând o rotație pe an.

Cele trei nave spațiale transmit și primesc continuu semnale laser una către alta. Ca ansamblu, ele pot detecta undele gravitaționale, măsurând micile variații ale lungimilor brațelor folosind metode interferometrice. Ciocniri între obiecte masive cum ar fi găurile negre sau galaxii învecinate reprezintă exemple de surse de unde gravitaționale.

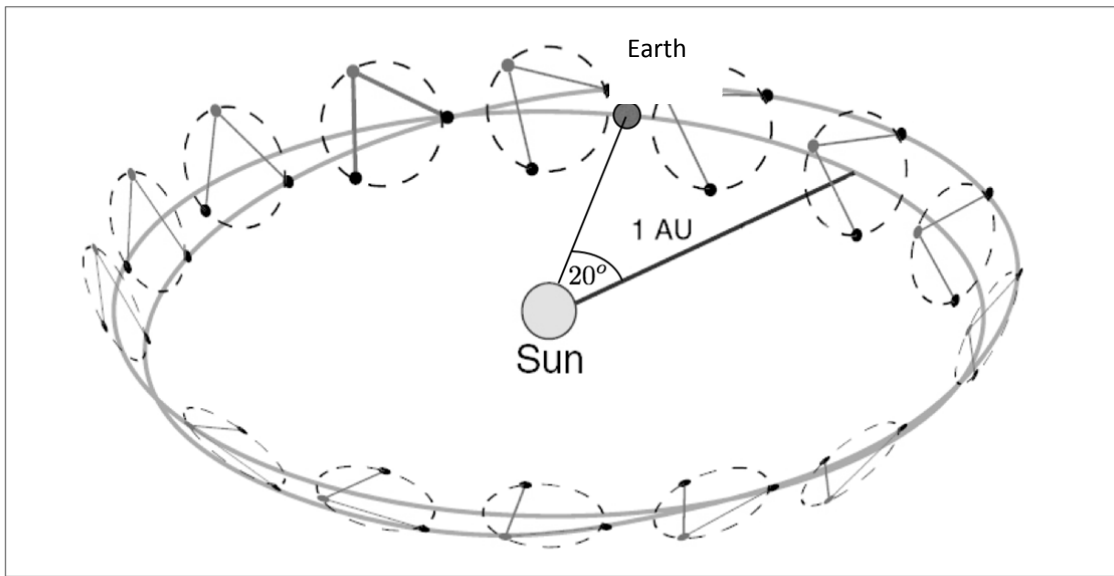


FIGURA 2. Ilustrare a orbitei pentru LISA. Cele trei nave spațiale se rotesc în jurul centrului lor de masă într-o mișcare având perioada de 1 an. Inițial ele se află în urma Pământului cu un unghi de  $20^\circ$ . (Picture from D.A. Shaddock, “An Overview of the Laser Interferometer Space Antenna”, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 2009, **26**, pp.128-132.).

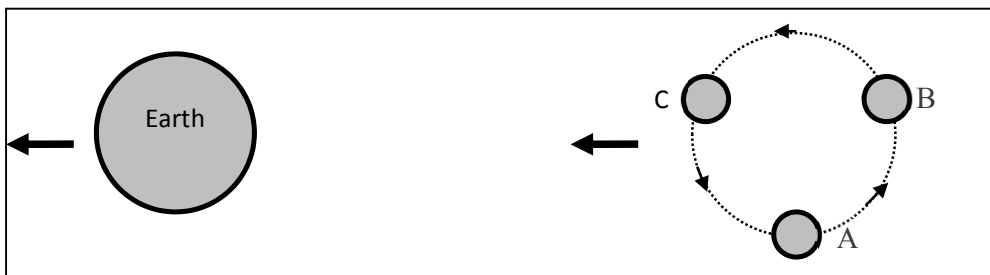


FIGURA 3. Vederea mărită a celor trei nave spațiale care se află în urma Pământului. A, B și C sunt cele trei nave spațiale dispuse în vârfurile unui triunghi echilateral.



**1.3.1.** Care este viteza relativă a unei nave față de alta, în planul care conține cele trei nave spațiale? **[1,8 puncte]**

**2. Un balon de săpun electrizat**

Un balon sferic de săpun lichid, cu raza  $R_0$ , conține aer cu densitatea  $r_i$ , la temperatura  $T_i$ . Balonul se află în aer cu densitatea  $r_a$ , la presiunea atmosferică  $P_a$  și la temperatura  $T_a$ . Pelicula de săpun are coeficientul de tensiune superficială  $g$ , densitatea  $r_s$  și grosimea  $t$ . Consideră că masa peliculei de săpun și coeficientul de tensiune superficială pentru săpun nu se schimbă la variația temperaturii. Presupune că  $R_0 \gg t$ .

Energia suplimentară  $dE$ , necesară pentru a crește aria interfeței aer – peliculă de săpun cu  $dA$ , este dată de  $dE = g dA$ , unde  $g$  este coeficientul de tensiune superficială al peliculei.

**2.1** DDetermină raportul  $\frac{r_i T_i}{r_a T_a}$  în funcție de  $g$ ,  $P_a$  și  $R_0$ . **[1,7 puncte]**

**2.2** CCalculează valoarea numerică a expresiei  $\frac{r_i T_i}{r_a T_a} - 1$  folosind  $g = 0,0250 \text{ Nm}^{-1}$ ,  $R_0 = 1,00 \text{ cm}$  și  $P_a = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ . **[0,4 puncte]**

**2.3** LLă formarea balonului conține aer mai cald decât aerul atmosferic. Calculează valoarea numerică minimă a temperaturii  $T_i$  astfel încât balonul să plutească în aerul nemișcat. Folosește  $T_a = 300 \text{ K}$ ,  $r_s = 1000 \text{ kgm}^{-3}$ ,  $r_a = 1,30 \text{ kgm}^{-3}$ ,  $t = 100 \text{ nm}$  și  $g = 9,80 \text{ ms}^{-2}$ . **[2,0 puncte]**

După un timp de la formarea sa, balonul de săpun va fi în echilibru termic, cu mediul înconjurător. În această situație, balonul va coborî în aerul nemișcat.

**2.4** DDetermină viteza minimă  $u$  a unui curent ascendent de aer care blochează căderea balonului aflat la echilibru termic cu mediul înconjurător. Exprimă răspunsul în funcție de  $r_s$ ,  $R_0$ ,  $g$ ,  $t$  și de coeficientul de vâscozitate al aerului  $h$ . Presupune că viteza este suficient de mică pentru a se putea folosi legea Stokes și neglijează modificarea razei balonului, atunci când temperatura scade sub valoarea de echilibru. Expresia modulului forței de rezistență la înaintare conform legii Stokes este  $F = 6phR_0u$ . **[1,6 puncte]**

**2.5** CCalculează valoarea numerică pentru viteza  $u$  folosind  $h = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ kgm}^{-1} \text{ s}^{-1}$ . **[0,4 puncte]**

Calcululele pe care le-ai efectuat sugerează că termenii care conțin coeficientul de tensiune superficială  $g$  influențează foarte puțin acuratețea rezultatului. La toate întrebările care urmează neglijează termenii care conțin coeficientul de tensiune superficială.

### 34 Probleme, concursuri, olimpiade

2.6 DDacă balonul de săpun este încărcat uniform cu sarcina electrică totală  $q$ , dedu o ecuație care descrie noua rază  $R_1$  a balonului de săpun încărcat electric ca funcție de  $R_0, P_a, q$  și de permitivitatea dielectrică a vidului  $\epsilon_0$ . **[2,0 puncte]**

2.7 PPresupune că sarcina electrică totală a balonului nu este prea mare (adică  $\frac{q^2}{\epsilon_0 R_0^4} \ll P_a$ ) astfel încât balonul de săpun suferă doar o creștere mică  $DR$  a razei sale. Determină expresia creșterii razei  $DR$  unde  $R_1 = R_0 + DR$ . Consideră cunoscut că  $(1+x)^n \approx 1+nx$  unde  $x \ll 1$ . **[0,7 puncte]**

2.8 CCare ar trebui să fie expresia mărimii sarcinii electrice totale  $q$  ca funcție de  $t, r_a, r_s, \epsilon_0, R_0, P_a$  astfel încât balonul de săpun să plutească nemișcat în aerul imobil? Calculează valoarea numerică a sarcinii electrice totale  $q$ . Permitivitatea dielectrică a vidului este  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  farad/m. **[1,2 puncte]**

### 3. Pentru comemorarea centenarului modelului Rutherford pentru nucleul atomic: împrăștierea unui ion pe un atom neutru

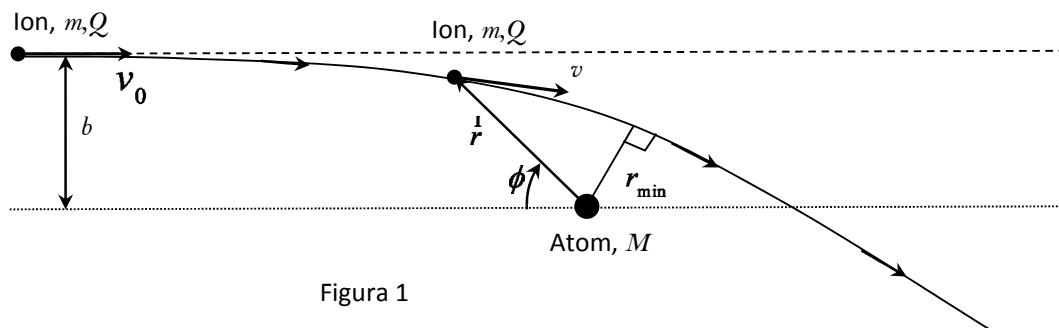


Figura 1

Un ion cu masa  $m$  și sarcina electrică  $Q$ , se deplasează cu o viteză inițială  $v_0$  nerelativistă, de la o distanță mare până în vecinătatea unui atom neutru cu masa  $M \gg m$  și polarizabilitatea electrică  $a$ . Parametrul de ciocnire este  $b$  așa cum este ilustrat în figura 1.

Atomul este polarizat instantaneu de câmpul electric ( $\vec{E}$ ) al ionului care se apropie. Momentul electric de dipol rezultat pentru atomul polarizat este  $\vec{p} = a\vec{E}$ . În această problemă neglijează orice pierdere de energie prin radiație.

3.1 Determină intensitatea câmpului electric ( $\vec{E}_p$ ), de-a lungul direcției momentului  $\vec{p}$ , la distanța  $r$  de originea O (figura 2). **[1,2 puncte]**

$$p = 2aq, \quad r \approx a$$

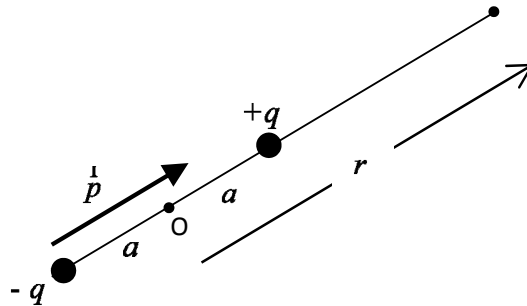


FIGURA 2

3.2 Dedu expresia forței  $\vec{f}$  care acționează asupra ionului datorită atomului polarizat. Arată că această forță este atractivă, indiferent de semnul sarcinii electrice a ionului.

[3,0 puncte]

3.3 Care este expresia energiei potențiale electrice datorată interacțiunii ion-atom, ca funcție de  $a, Q$  și  $r$ ?

[0,9 puncte]

3.4. Determină expresia pentru distanța  $r_{\min}$  dintre ion și atom, corespunzătoare situației când atomul și ionul sunt cel mai apropiați unul de celălalt - ca în figura 1.

[2,4 puncte]

3.5. Dacă parametrul de ciocnire  $b$  este mai mic decât o valoare critică  $b_0$ , ionul se va apropia de atom pe o traiectorie spirală. În această situație ionul va fi neutralizat, în timp ce atomul se va încărca electric. Acest proces este cunoscut ca „interacțiune cu schimb de sarcină”. Care este aria secțiunii eficace  $A = pb_0^2$  a acestei ciocniri “cu schimb de sarcină”, așa cum este resimțită de ion?

[2,5 puncte]

### 1. Cutie neagră electrică: Senzor de deplasare capacitiv

Un condensator cu capacitatea electrică  $C$  este componentă a unui oscilator de relaxare, având frecvența de oscilație  $f$ . Relația dintre frecvența  $f$  și capacitatea  $C$  este:

$$f = \frac{a}{C + C_s}$$

unde  $a$  este o constantă și  $C_s$  este capacitatea parazită datorată circuitelor. Frecvența  $f$  poate fi urmărită folosindu-se un frecvențmetru digital.

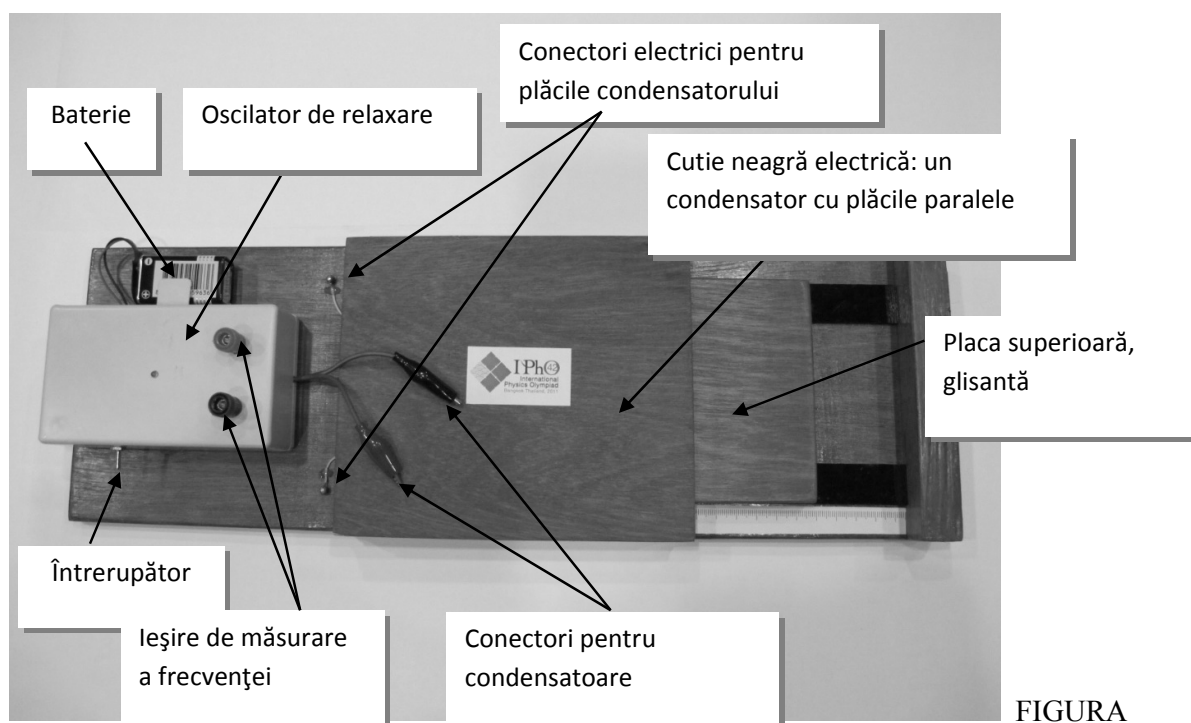
## 36 Probleme, concursuri, olimpiade

Cutie neagră electrică dată în acest experiment este un condensator plan cu armături paralele. Fiecare armătură are forma unui „pieptene” cu dinți mici, identici, având aceeași formă geometrică. Valoarea capacității electrice  $C$  poate fi modificată prin deplasarea pe orizontală a armăturii superioare față de armătura inferioară. Între cele două armături se află o foaie de material dielectric.

**Echipe pentru experiment:** un oscilator de relaxare, un multimetru digital pentru măsurarea frecvenței oscilatorului de relaxare, un set de condensatoare cu capacități electrice cunoscute, o cutie neagră electrică și o baterie.

**Atenționare:** verifică tensiunea bateriei și dacă aceasta este mai mică decât 9 V, solicită o baterie nouă.

**Nu uita să pornești oscilatorul, poziționând adecvat întrerupătorul acestuia.**



FIGURA

1

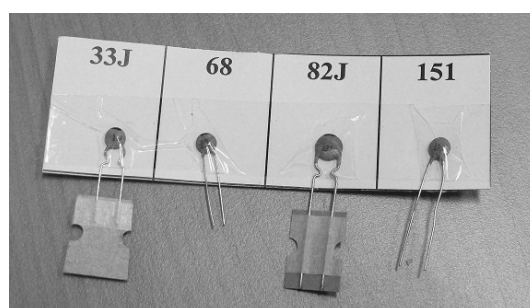


FIGURA 2 Condensatoare



Poziția selectorului de funcții pentru măsurări de frecvență

TABELUL 1 Valorile nominale ale capacităților condensatoarelor Codul	Valoarea capacității (pF)
33J	$34 \pm 1$
68	$68 \pm 1$
82J	$84 \pm 1$
151	$150 \pm 1$

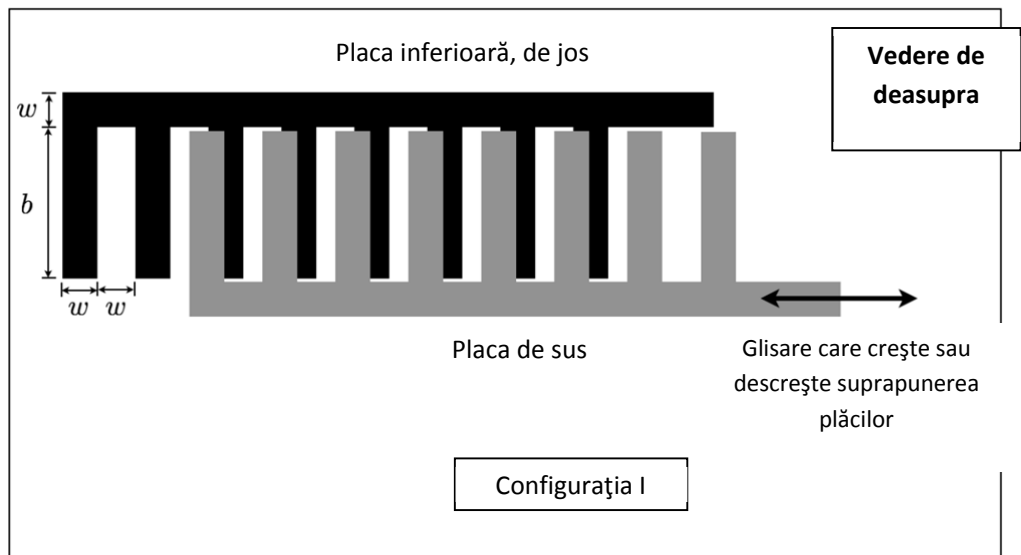
FIGURA 3 Multimetru digital pentru măsurarea frecvenței

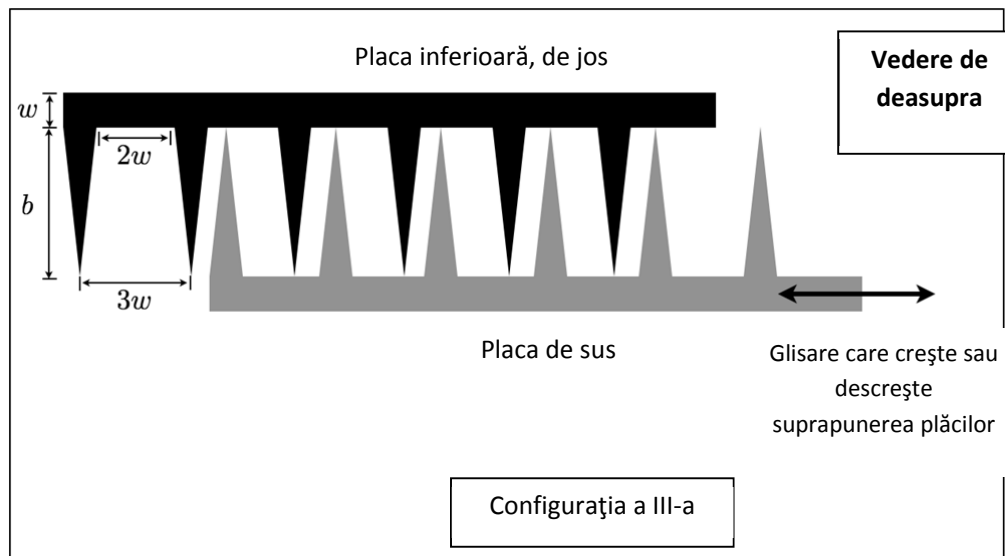
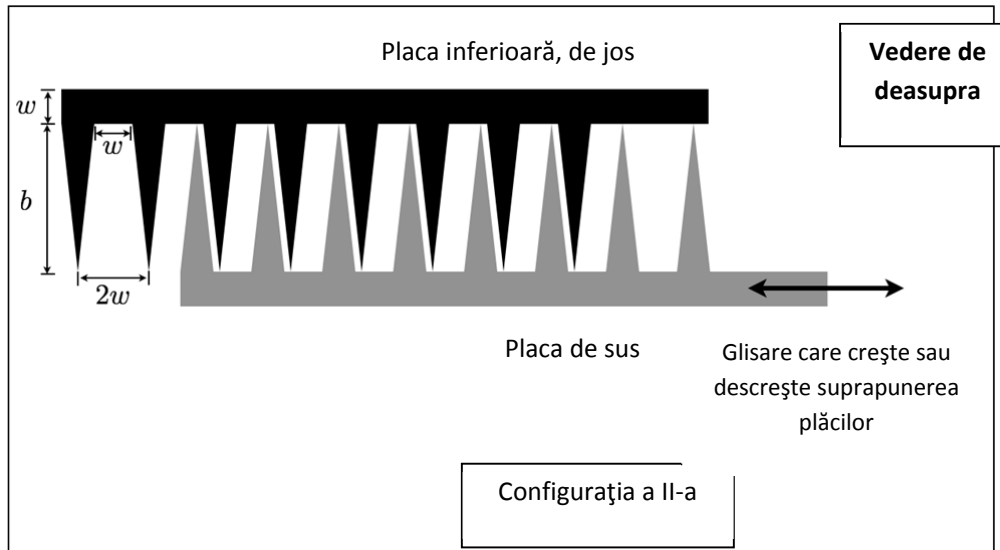
**Partea 1. Calibrarea**

Măsoară frecvența  $f$  folosind condensatoarele cu capacitatea electrică cunoscută, care ți-au fost furnizate. Trasează o reprezentare grafică adecvată pentru a determina valorile pentru  $a$  și  $C_s$ . Nu se cere o analiză de erori. **[3,0 puncte]**

**Partea a 2-a. Determinarea geometriei condensatorului cu armături paralele. [6,0 puncte]**

Se dau trei configurații posibile ale geometriei condensatorului – marcate prin Configurația I, Configurația II, Configurația III – ca mai jos:





Pentru fiecare configurație schițează calitativ graficul așteptat al dependenței capacității electrice  $C$  de poziția plăcii superioare. Scrie pe axa  $Ox$  numele (semnificația) mărimii reprezentate pe această axă. Apoi măsoară frecvența  $f$  pentru diferite poziții ale plăcii superioare. Trasează grafice adecvate și din aceste grafice determină configurația condensatorului cu plăci plane, paralele și dimensiunile sale caracteristice (valorile pentru  $b$  și  $w$ ). Distanța ( $d$ ) dintre placa („pieptenele”) de sus și placa de jos este de 0,20 mm. Foaia dielectrică dintre plăci are permitivitatea dielectrică relativă  $K = 1,5$ . Permitivitatea dielectrică a vidului este  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$ . Nu se cere analiza erorilor.

**Partea a 3-a. Rezoluția șublerului digital**

**[1,0 puncte]**

Dacă se modifică poziția relativă a armăturilor paralele, atunci se modifică și capacitatea electrică într-un mod specific. Montajul poate fi folosit ca șubler digital pentru măsurarea lungimii.

Dacă se folosește condensatorul cu plăci paralele studiat în acest experiment ca șubler digital, estimează din datele experimentale obținute în Partea a doua rezoluția sa: cea mai mică distanță care poate fi măsurată, pentru o valoare a frecvenței  $f \gg 5 \text{ kHz}$ . Nu se cere o estimare a erorilor pentru rezultatul final.

## 2. Cutie neagră: cilindru cu o bilă în interior

O bilă cu masa  $m$  este fixată la distanța  $z$  sub capătul superior al unui cilindru lung, gol în interior, de masă  $M$ . Perpendicular pe axul central al cilindrului sunt date mai multe găuri care intersectează axul central. Aceste găuri servesc pentru montarea cilindrului, astfel încât acesta să poată fi atârnat și să se poată roti în plan vertical.

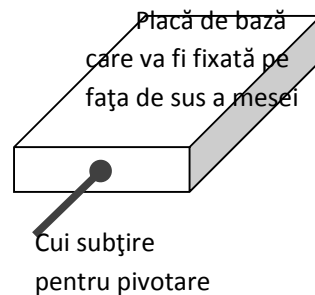
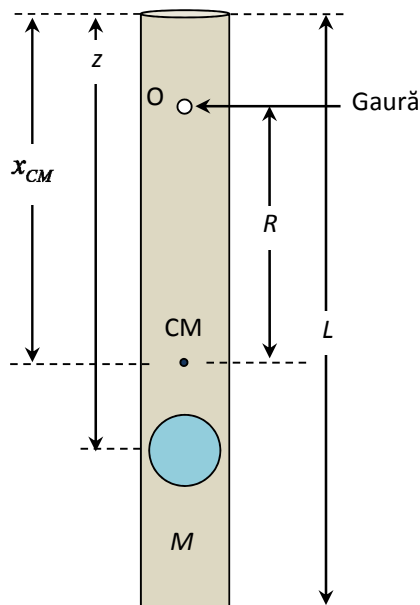
Ți se cere să efectuezi măsurări nedistructive, necesare pentru a determina efectiv valoarea numerică a următoarelor mărimi - inclusiv a erorilor lor estimate:

Poziția centrului de masă al cilindrului cu bila în interior.

Desenează o schemă a montajului experimental folosit pentru determinarea centrului de masă. [1,0 puncte]

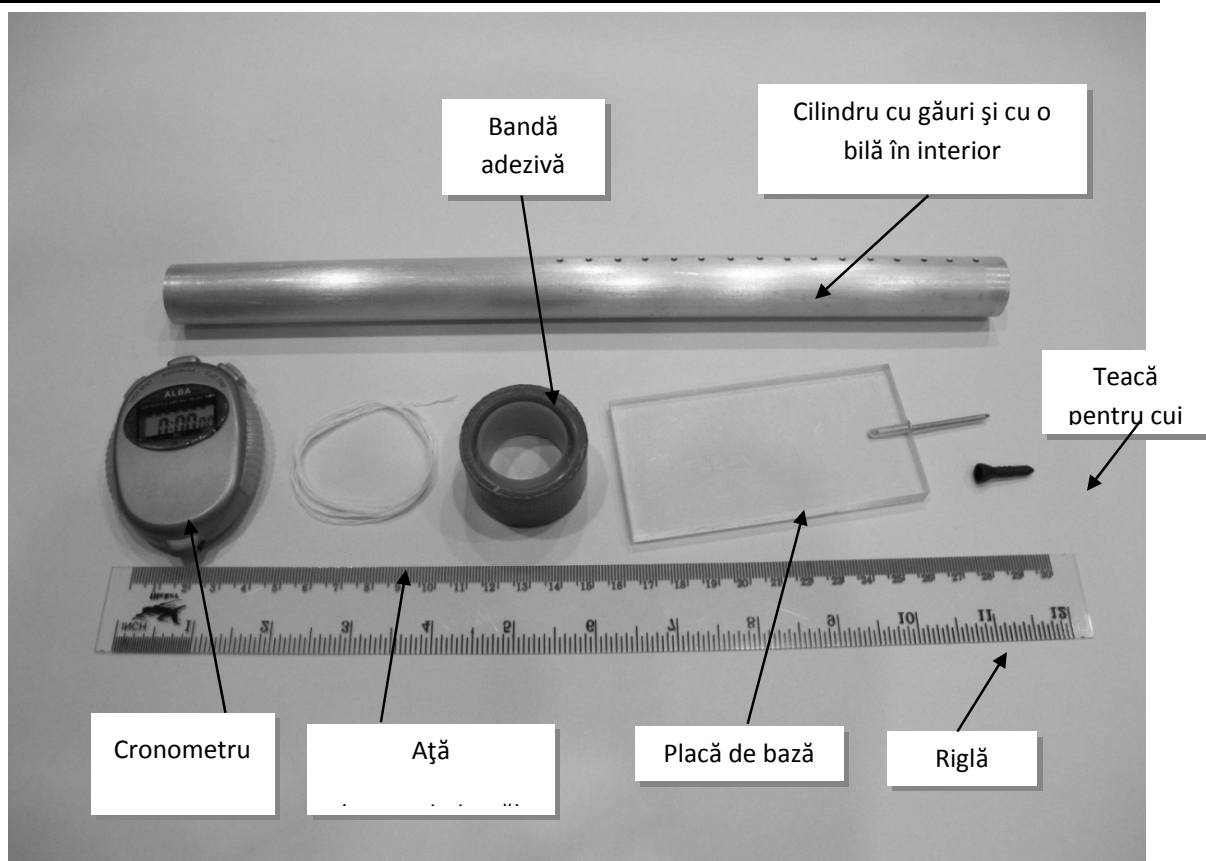
- i. Distanța  $z$ . [3,5 puncte]
- ii. Raportul  $\frac{M}{m}$ . [3,5 puncte]
- iii. Accelerația gravitațională  $g$ . [2,0 puncte]

**Echipe pentru experiment:** un cilindru cu găuri în interiorul căruia se află o bilă, o placă de bază cu un cui subțire, o teacă de protecție pentru cui, o riglă, un cronometru, un fir de ață, un creion și rolă de bandă adezivă.



$x_{CM}$  este distanța de la capătul de sus al cilindrului la centrul de masă.

$R$  este distanța de la punctul de pivotare la centrul de masă.



**Atenție:** Cuiul este ascuțit. Pentru securitate, acoperă cuiul cu teaca, atunci când nu-l folosești.

**Informații utile:**

1. Pentru pendulul fizic din problemă,  $\{(M + m)R^2 + I_{CM}\} \frac{d^2\theta}{dt^2} \approx -g(M + m)R\theta$ , unde  $I_{CM}$  este momentul de inerție al cilindrului cu corpul în raport cu centrul său de masă, iar  $\theta$  este deplasarea unghiulară.
2. Pentru un cilindru gol de lungime  $L$  și masă  $M$ , momentul de inerție față de axul de rotație perpendicular pe cilindru, dacă acest ax trece prin centrul de masă al cilindrului poate fi aproximat  $\frac{1}{3}M\left(\frac{L}{2}\right)^2$ .
3. Teorema axelor paralele are forma:  $I = I_{centru\ de\ masă} + M \cdot x^2$  unde  $x$  este distanța de la punctul de rotație la centrul de masă, iar  $M$  este masa totală a obiectului.
4. Corpul cilindric poate fi tratat ca un punct material localizat pe axul de simetrie central al cilindrului gol.
5. Presupune că cilindrul este uniform și că se neglijează masa capacelor acestuia.



## APLICAREA LEGII CONSERVĂRII ENERGIEI LA REZOLVAREA PROBLEMELOR DIN *ELECTROSTATICĂ* (II)

Conf. univ. dr. Mihail POPA  
Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți  
[miheugpopa@yahoo.com](mailto:miheugpopa@yahoo.com)

*În acest articol se analizează „funcționarea” legii conservării energiei în electrostatică. În acest caz, sistemul electric este format din sarcinile electrice care interacționează în câmp electrostatic.*

*În partea practică a lucrării sunt prezentate probleme rezolvate și probleme propuse pentru lucru individual de două tipuri:*

- a) probleme legate de lucrul efectuat la introducerea sau scoaterea dielectricului din condensator;*
- b) probleme legate de cantitatea de căldură care se degajă sau se absoarbe datorită modificării circuitelor electrice.*

*This article analyzes the "operation" of the energy conservation law in electrostatics. In this case, the electrical system consists of electric charges interacting in the electrostatic field.*

*In the practical part of the work there are given solved problems, as well as problems proposed for individual solving of two types:*

- a) problems related to work performed to introduce the dielectric into or to remove it from the capacitor;*
- b) problems related to the amount of heat that is released or absorbed due to changes in electrical circuits.*

**Cuvinte cheie:** lucru, dielectric, condensator, circuit, căldură.

### 1. LUCRUL EFECTUAT LA INTRODUCEREA SAU ÎNDEPĂRTAREA DIELECTRICULUI DIN CONDENSATOR

**Problema 1.1.** În spațiul dintre armăturile unui condensator plan având volumul  $V = 20\text{cm}^2$  se află dielectric cu permitivitatea relativă  $\epsilon_r = 5$ , armăturile condensatorului fiind conectate la o sursă de tensiune. Densitatea superficială a sarcinilor legate din dielectric este  $\sigma_{leg} = 8,35 \frac{\mu\text{C}}{\text{m}^2}$ . Calculați lucrul mecanic efectuat împotriva forțelor câmpului electric pentru a scoate dielectricul din condensator, dacă extragerea dielectricului se operează:

- a) până la deconectarea sursei de curent;
- b) după deconectarea sursei de curent.

**Rezolvare:** Lucrul mecanic efectuat împotriva forțelor coulombiene este egal cu variația energiei câmpului electric din condensator:

$$L = \Delta W = W_{fin} - W_{in}. \quad (1)$$

a) Până la deconectarea condensatorului de la sursă, tensiunea rămâne constantă:  $U_1 = U_2 = U$ . Energia condensatorului cu dielectric este

## 42 Probleme, concursuri, olimpiade

$$W_{in} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S U^2}{2d} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r V \left(\frac{U}{d}\right)^2}{2}, \quad (2)$$

iar energia condensatorului fără dielectric este

$$W_{fin} = \frac{\varepsilon_0 V \left(\frac{U}{d}\right)^2}{2}. \quad (3)$$

Substituind relațiile (2) și (3) în (1), obținem:

$$L = \frac{\varepsilon_0 V \left(\frac{U}{d}\right)^2}{2} (\varepsilon_r - 1). \quad (4)$$

Vom introduce notațiile:  $\sigma_0$  - densitatea superficială de sarcină electrică pe armăturile condensatorului în lipsa dielectricului;  $\sigma_d$  - densitatea superficială de sarcină pe armăturile condensatorului în prezența dielectricului;  $\sigma_{leg}$  - densitatea superficială a sarcinilor legate (polarizate) din dielectric. Acțiunea reciprocă a sarcinilor  $\sigma_d$  și  $\sigma_{leg}$  determină apariția la suprafața de separație *conductor-dielectric* a unei sarcini cu densitatea superficială

$$\sigma = \sigma_d - \sigma_{leg}. \quad (5)$$

numită și densitatea superficială a sarcinilor „efective”, adică a sarcinilor care creează câmpul electric rezultat din dielectric. Este evident că mărimile  $\sigma_0$ ,  $\sigma_d$  și  $\sigma$  sunt legate de intensitatea câmpului electric prin următoarele relații:  
în lipsa dielectricului:

$$E_1 = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} = \frac{U_1}{d}, \quad (6)$$

în prezența dielectricului:

$$E_2 = \frac{\sigma_d}{\varepsilon_0 \varepsilon_r} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{U_2}{d}. \quad (7)$$

Exprimăm  $\sigma_{leg}$  din relația (5) și folosind relația (7) avem:

$$\sigma_{leg} = \sigma_d - \sigma = \varepsilon_0 \varepsilon_r E_2 - \varepsilon_0 E_2 = \varepsilon_0 (\varepsilon_r - 1) E_2 = \varepsilon_0 (\varepsilon_r - 1) \frac{U}{d} \Rightarrow \frac{U}{d} = \frac{\sigma_{leg}}{\varepsilon_0 (\varepsilon_r - 1)}. \quad (8)$$

Substituind relația (8) în (4), obținem:

$$L = \frac{\sigma_{leg}^2 \cdot V}{2 \varepsilon_0 (\varepsilon_r - 1)}.$$

(9)

Efectuând calculul numeric obținem:

$$L = \frac{69,7225 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{m^4} \cdot 20 \cdot 10^{-6} m^3}{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2} \cdot 4} = 19,7 \cdot 10^{-6} J = 19,7 \mu J.$$

b) Dacă condensatorul este deconectat de la sursă, atunci sarcina electrică rămâne constantă:

$$q_1 = q_2 \Rightarrow C_1 U_1 = C_2 U_2 \Rightarrow \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{d} U_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{d} U_2 \Rightarrow U_2 = \varepsilon_r U_1. \quad (10)$$

Energia condensatorului cu dielectric este

$$W_{in} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r V \left(\frac{U_1}{d}\right)^2}{2}, \quad (11)$$

iar energia condensatorului fără dielectric:

$$W_{fin} = \frac{\epsilon_0 V}{2} \left( \frac{U_2}{d} \right)^2. \quad (12)$$

Lucrul mecanic efectuat împotriva forțelor coulombiene este egal cu variația energiei condensatorului:

$$L = \Delta W = W_{fin} - W_{in} = \frac{\epsilon_0 V}{2} \left[ \left( \frac{U_2}{d} \right)^2 - \epsilon_r \left( \frac{U_1}{d} \right)^2 \right] = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r V}{2} \left( \frac{U_1}{d} \right)^2 (\epsilon_r - 1). \quad (13)$$

Substituind relația (8) în (13), obținem:

$$L = \frac{\epsilon_r \sigma_{leg}^2 \cdot V}{2 \epsilon_0 (\epsilon_r - 1)}. \quad (14)$$

Efectuând calculul numeric obținem:  $L = 5 \cdot 19,7 \cdot 10^{-6} J = 98,5 \mu J$ .

**Problema 1.2.** Două plăci dreptunghiulare de lungime  $l$  și aria suprafeței  $S$  sunt dispuse paralel una față de alta la distanța  $d$  și încărcate până la tensiunea  $U$  (obținându-se un condensator plan), după care sunt deconectate de la sursă. În spațiul dintre plăci se introduce un dielectric cu permitivitatea relativă  $\epsilon_r$ , grosimea  $d$  și lățimea egală cu lățimea plăcilor. Lungimea dielectricului este mai mare de  $l$  (Fig. 2.1). Determinați forța electrică rezultantă  $F$  care acționează asupra dielectricului din partea câmpului electric, în funcție de distanța  $x$ .

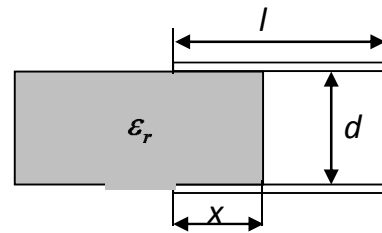


Fig. 2.1. Introducerea dielectricului într-un condensator plan

**Rezolvare:** Lucrul mecanic efectuat împotriva forțelor coulombiene este egal cu variația energiei condensatorului:

$$L = \Delta W = W_{fin} - W_{in}. \quad (1)$$

Pentru a calcula capacitatea condensatorului, schema circuitului din figura alăturată se poate reduce la o schemă cu două condensatoare grupate în paralel, dintre care unul cu lungimea plăcilor  $x$ , iar altul cu lungimea  $l - x$ . Capacitatea echivalentă a celor două condensatoare grupate în paralel este

$$C = C_1 + C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r x a}{d} + \frac{\epsilon_0 (l - x) a}{d} = \frac{\epsilon_0 a [\epsilon_r x + (l - x)]}{d} = \frac{\epsilon_0 a l \left[ \epsilon_r \frac{x}{l} + \left( 1 - \frac{x}{l} \right) \right]}{d} \quad (2)$$

sau

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \left[ 1 + (\epsilon_r - 1) \frac{x}{l} \right]. \quad (3)$$

Energia inițială a condensatoarelor (când dielectricul se află la distanța  $x$  în interiorul condensatorului) este

$$W_{in} = \frac{q^2}{2C} = \frac{\left( \frac{\epsilon_0 S}{d} \right)^2 U^2}{2 \frac{\epsilon_0 S}{d} \left[ 1 + (\epsilon_r - 1) \frac{x}{l} \right]} = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2d \left[ 1 + (\epsilon_r - 1) \frac{x}{l} \right]}. \quad (4)$$

Dacă  $x$  se mărește cu  $\Delta x$ , atunci energia finală a sistemului de condensatoare devine

$$W_{fin} = \frac{\varepsilon_0 S U^2}{2d \left[ 1 + (\varepsilon_r - 1) \frac{x + \Delta x}{l} \right]},$$

(5)

iar variația energiei electrice

$$\Delta W = W_{fin} - W_{in} = \frac{\varepsilon_0 S U^2}{2d} \left[ \frac{(\varepsilon_r - 1) \frac{\Delta x}{l}}{\left\{ 1 + (\varepsilon_r - 1) \frac{x + \Delta x}{l} \right\} \left\{ 1 + (\varepsilon_r - 1) \frac{x}{l} \right\}} \right] \quad (6)$$

va fi egală cu lucrul efectuat de forța constantă  $F$  la deplasarea dielectricului cu  $\Delta x$  :

$$W_{fin} - W_{in} = F \cdot \Delta x.$$

(7)

Considerând deplasarea  $\Delta x$  infinit mică ( $\Delta x \ll l$ ), aceasta poate fi neglijată și atunci putem scrie

$$F = \frac{\varepsilon_0 S U^2}{2dl} \left[ \frac{\varepsilon_r - 1}{\left( 1 + (\varepsilon_r - 1) \frac{x}{l} \right)^2} \right]. \quad (8)$$

**Problema 1.3.** În interiorul unui condensator plan se află o plăcuță paralelă cu armăturile acestuia. Raportul dintre grosimea plăcuței și distanța dintre armături este  $\chi = \frac{d_1}{d} = 0,60$ . În lipsa plăcuței capacitatea condensatorului este  $C = 20 \text{ nF}$ . Condensatorul se conectează inițial la o sursă de curent continuu cu tensiunea  $U = 200 \text{ V}$ , apoi se deconectează de la sursă și se îndepărtează plăcuța dintre armături. Determinați lucrul mecanic care trebuie efectuat pentru a scoate plăcuța dintre armături, dacă aceasta este din:

- a) metal; b) sticlă.

**Rezolvare:** Lucrul mecanic este egal cu variația energiei condensatorului:

$$L = \Delta W = W_{fin} - W_{in}. \quad (1)$$

a) În cazul când între armăturile condensatorului se află plăcuța de metal (Fig. 2.2), capacitatea condensatorului plan se reduce la capacitatea condensatorului cu aer, de grosime  $d - d_1 = d(1 - \chi)$ :

$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{d(1 - \chi)}, \quad (2)$$

iar sarcina electrică acumulată

$$q = C_1 U = \frac{\varepsilon_0 S U}{d(1 - \chi)}. \quad (3)$$

Energia inițială a condensatorului:

$$W_{in} = \frac{q^2}{2C_1} = \frac{\varepsilon_0 S U^2}{2d(1 - \chi)}. \quad (4)$$

După înlăturarea plăcuței de metal

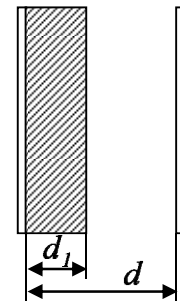


Fig. 2.2. Condensator plan cu o plăcuță în el

$$C_2 = C = \frac{\varepsilon_0 S}{d} \Rightarrow W_{fin} = \frac{q^2}{2C_2} = \frac{\varepsilon_0 S U^2}{2d(1-\chi)^2}. \quad (5)$$

Lucrul mecanic de extragere a plăcuței din condensator este egal cu variația energiei condensatorului:

$$L = W_{fin} - W_{in} = \frac{\varepsilon_0 S}{d} \cdot \frac{U^2 \chi}{2(1-\chi)^2} = \frac{CU^2 \chi}{2(1-\chi)^2}. \quad (6)$$

Efectuând calculul numeric, obținem:

$$L = \frac{20 \cdot 10^{-9} F \cdot 4 \cdot 10^4 V^2 \cdot 0,6}{2 \cdot 0,16} = 150 \cdot 10^{-5} J = 1,5 mJ.$$

**b)** În cazul când între armăturile condensatorului se află plăcuța de sticlă (Fig. 2.2), se poate considera că avem două condensatoare legate în serie, unul cu dielectric sticlă, iar altul cu aer. Capacitatea echivalentă a grupării se calculează cu formula:

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_{11}} + \frac{1}{C_{12}}, \quad (1)$$

în care

$$C_{11} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{d_1} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{\chi d} = \frac{\varepsilon_r C}{\chi} \quad \text{și} \quad C_{12} = \frac{\varepsilon_0 S}{d-d_1} = \frac{\varepsilon_0 S}{d(1-\chi)} = \frac{C}{1-\chi}. \quad (2)$$

Substituind relațiile (2) în (1), după unele transformări obținem:

$$C_1 = \frac{\varepsilon_r C}{\chi + \varepsilon_r(1-\chi)}. \quad (3)$$

În acest caz, sarcina electrică acumulată este:

$$q_1 = C_1 U = \frac{\varepsilon_r C U}{\chi + \varepsilon_r(1-\chi)}, \quad (4)$$

iar energia inițială a sistemului de condensatoare:

$$W_{in} = \frac{q_1^2}{2C_1} = \frac{CU^2}{2} \cdot \frac{\varepsilon_r}{\chi + \varepsilon_r(1-\chi)}, \quad (5)$$

Lucrul mecanic de extragere a plăcuței din condensator este egal cu variația energiei condensatorului:

$$L = W_{fin} - W_{in} = \frac{CU^2}{2} \cdot \frac{\chi[1 + \varepsilon_r(1-\chi)]}{(1-\chi)^2(\chi + \varepsilon_r(1-\chi))}. \quad (6)$$

## 2. CĂLDURĂ DEGAJATĂ SAU ABSORBITĂ ÎN URMA MODIFICĂRII CIRCUITULUI ELECTRIC

**Problema 2.1.** Un condensator de capacitate electrică  $C_1 = 1 \mu F$ , încărcat până la tensiunea  $U = 300$  V, este conectat în paralel cu condensatorul de capacitate electrică  $C_2 = 2 \mu F$ , inițial neîncărcat electric. Ce cantitate de căldură se va degaja după stabilirea echilibrului?

**Rezolvare:** Legea conservării energiei pentru sistemul dat ia forma:

$$0 = \Delta W + Q. \quad (1)$$

de unde rezultă că cantitatea de căldură degajată este egală cu variația energiei condensatoarelor:

## 46 Probleme, concursuri, olimpiade

$$Q = -\Delta W = -(W_{fin} - W_{in}) = W_{in} - W_{fin}. \quad (2)$$

La momentul inițial este încărcat numai primul condensator și de aceea energia inițială este dată de formula:

$$W_{in} = \frac{C_1 \cdot U^2}{2}. \quad (3)$$

Sarcina primului condensator se determină cu formula:

$$q_0 = C_1 U. \quad (4)$$

Echilibrul sistemului se atinge atunci când

$$U_1 = U_2 \Rightarrow \frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}. \quad (5)$$

Sarcina totală  $q = q_1 + q_2$ . Exprimăm de aici sarcina  $q_2$  și substituim valoarea acesteia în relația precedentă:

$$\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_0 - q_1}{C_2} \Rightarrow (C_1 + C_2)q_1 = C_1 q_0 \Rightarrow q_1 = \frac{C_1 q_0}{(C_1 + C_2)} \Rightarrow q_1 = \frac{C_1^2 U}{(C_1 + C_2)}, \quad (6)$$

$$q_2 = q_0 - q_1 = C_1 U - \frac{C_1^2 U}{(C_1 + C_2)} = \frac{C_1 C_2 U}{(C_1 + C_2)}. \quad (7)$$

Energia finală a grupării de condensatoare este:

$$W_{fin} = \frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2} = \frac{C_1^3 U^2}{2(C_1 + C_2)^2} + \frac{C_1^2 C_2 U^2}{2(C_1 + C_2)^2} = \frac{C_1^2 U^2}{2(C_1 + C_2)}, \quad (8)$$

iar cantitatea de căldură degajată

$$Q = W_{in} - W_{fin} = \frac{C_1 \cdot U^2}{2} - \frac{C_1^2 U^2}{2(C_1 + C_2)} = \frac{C_1 C_2 U^2}{2(C_1 + C_2)}. \quad (9)$$

Efectuând calculul numeric obținem:

$$Q = \frac{10^{-6} F \cdot 2 \cdot 10^{-6} F \cdot 9 \cdot 10^4 V}{2 \cdot 3 \cdot 10^{-6} F} = 0,03 J.$$

**Problema 2.2.** Două condensatoare identice cu aer, de capacitate electrică  $C = \frac{8}{9} nF$ , se

încarcă separat până la tensiunea  $U_0 = 900$  V. Unul din condensatoare se introduce în petrol ( $\epsilon_r = 2$ ), după care condensatoarele se leagă în paralel. Să se calculeze cantitatea de căldură  $Q$  disipată în firele de conexiune.

**Rezolvare:** Cantitatea de căldură disipată în firele de conexiune este egală cu variația energiei condensatoarelor:

$$Q = -\Delta W = -(W_{fin} - W_{in}) = W_{in} - W_{fin}. \quad (1)$$

Energia inițială a condensatoarelor este:

$$W_{in} = W_{in1} + W_{in2}. \quad (2)$$

Deoarece condensatoarele au fost inițial încărcate până la aceeași tensiune, rezultă că:

$$q_1 = q_2 \Rightarrow C U_0 = C_2 U_2 \Rightarrow \frac{\epsilon_0 S}{d} U_0 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d} U \Rightarrow U_0 = \epsilon_r U_2 \Rightarrow U_2 = \frac{U_0}{\epsilon_r}. \quad (3)$$

$$W_{in1} = \frac{C U_0^2}{2}, \quad (4)$$

$$W_{in2} = \frac{C_2 U_2^2}{2} = \frac{\epsilon_r C}{2} \cdot \frac{U_0^2}{\epsilon_r^2} = \frac{C U_0^2}{2 \epsilon_r}. \quad (5)$$

Substituim relațiile (4) și (5) în (2), obținem

$$W_{in} = \frac{C U_0^2}{2} \left( 1 + \frac{1}{\epsilon_r} \right) = \frac{C U_0^2}{2} \cdot \frac{\epsilon_r + 1}{\epsilon_r}. \quad (6)$$

După conectarea în paralel a condensatoarelor avem:

$$q_1 + q_2 = 2q_1 = q_1' + q_2' = q_p. \quad (7)$$

Energia finală a condensatoarelor:

$$W_{fin} = \frac{q_p^2}{2C_p} = \frac{(2q_1)^2}{2C_p} = \frac{(2C U_0)^2}{2(C + C_2)} = \frac{4C^2 U_0^2}{2C(1 + \epsilon_r)} = \frac{2C U_0^2}{(1 + \epsilon_r)}. \quad (8)$$

Cantitatea de căldură disipată în firele de legătură:

$$Q = W_{in} - W_{fin} = \frac{C U_0^2}{2} \left( \frac{\epsilon_r + 1}{\epsilon_r} - \frac{4}{\epsilon_r + 1} \right) = C U_0^2 \frac{(\epsilon_r - 1)^2}{2 \epsilon_r (\epsilon_r + 1)}. \quad (9)$$

Efectuând calculul numeric obținem:

$$Q = \frac{8}{9} 10^{-9} C \cdot 81 \cdot 10^4 V^2 \cdot \frac{1}{2 \cdot 2 \cdot 3} = 6 \cdot 10^{-5} J = 60 \mu J.$$

**Problema 2.3.** În circuitul reprezentat în Fig. 3.1 condensatorul  $C_1$  este încărcat până la tensiunea  $U_1$ , iar condensatorul  $C_2$  – până la tensiunea  $U_2$ . Rezistențele rezistorilor sunt  $R_1$  și  $R_2$ . Determinați cantitatea de căldură care se degajă în fiecare rezistor la închiderea circuitului.

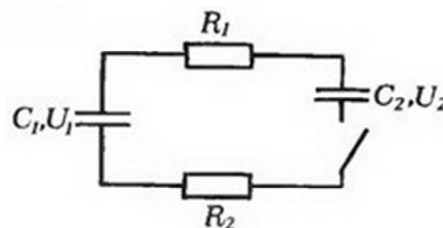


Fig. 3.1. Circuit serie cu două rezistoare și două condensatoare

**Rezolvare:** Legea conservării energiei pentru sistemul considerat are forma:

$$0 = \Delta W + Q. \quad (1)$$

de unde rezultă că cantitatea de căldură disipată în rezistori este egală cu variația energiei condensatoarelor:

$$Q = -\Delta W = -(W_{fin} - W_{in}) = W_{in} - W_{fin}. \quad (2)$$

Energia inițială a condensatoarelor

$$W_{in} = \frac{C_1 \cdot U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2}. \quad (3)$$

Pentru a determina energia finală a condensatoarelor, pornim de la faptul că sarcina totală a acestora rămâne constantă:

$$q = C_1 \cdot U_1 \pm C_2 \cdot U_2, \quad (4)$$

unde semnul “+” se referă la cazul când sunt conectate între ele plăcile condensatoarelor cu sarcină de același nume, iar semnul “-” – când sunt conectate plăcile cu sarcină de nume diferit. Condensatoarele  $C_1$  și  $C_2$  fiind conectate în paralel, la închiderea circuitului această sarcină se conectează la condensatorul cu capacitatea echivalentă:

$$C = C_1 + C_2 \quad (5)$$

Deci, energia finală a condensatoarelor

$$W_{fin} = \frac{q^2}{2C} = \frac{(C_1 \cdot U_1 \pm C_2 \cdot U_2)^2}{2(C_1 + C_2)}, \quad (6)$$

iar cantitatea de căldură degajată

$$Q = W_{in} - W_{fin} = \frac{C_1 \cdot U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2} - \frac{(C_1 \cdot U_1 \pm C_2 \cdot U_2)^2}{2(C_1 + C_2)} = \frac{C_1 C_2 (U_1 \pm U_2)^2}{2(C_1 + C_2)}. \quad (7)$$

Deoarece la orice valori ale tensiunilor  $U_1$  și  $U_2$  avem  $Q > 0$ , rezultă că în ambele cazuri se degajă căldură.

Acum să vedem cum se distribuie cantitatea de căldură  $Q$  pe rezistorii  $R_1$  și  $R_2$ . În orice moment de timp al procesului de reîncărcare a condensatoarelor, acești rezistori vor fi parcurși de același curent  $I$  și astfel obținem:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}. \quad (8)$$

Ținând cont că  $Q = Q_1 + Q_2$ , obținem formulele de calcul ale cantităților de căldură degajate în fiecare rezistor:

$$Q_1 = Q \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad \text{și}$$

$$Q_2 = Q \frac{R_2}{R_1 + R_2}. \quad (9)$$

**Problema 2.4.** În circuitul din Fig. 3.2 condensatorul cu capacitatea electrică  $C$  este încărcat până la tensiunea  $U$ . Ce cantitate de energie chimică se acumulează în acumulatorul cu t.e.m.  $E$  la închiderea circuitului? Determinați cantitatea de căldură degajată în rezistorul  $R$ .

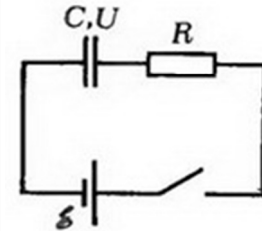


Fig. 3.2. Circuit serie cu sursă, rezistor și condensator

**Rezolvare:** Sarcina electrică inițială a condensatorului  $q_1 = C \cdot U$ , iar după reîncărcarea condensatorului  $q_2 = C \cdot E$ . Dacă borna „minus” a acumulatorului se conectează la armătura încărcată negativ a condensatorului, atunci prin sursă va „curge” sarcina:

$$\Delta q = q_2 - q_1 = C \cdot E - C \cdot U. \quad (1)$$

În caz contrar

$$\Delta q = q_2 + q_1 = C \cdot E + C \cdot U, \quad (2)$$

și acumulatorul se va descărca ( $\Delta q > 0$ ). În primul caz  $U > E$  și acumulatorul se încarcă ( $\Delta q < 0$ ), iar cantitatea de energie chimică, acumulată în acumulator la închiderea circuitului este egală cu lucrul sursei:

$$\Delta W_{chim} = L_{sursa} = \Delta q \cdot E = C \cdot E(U - E). \quad (3)$$

În acest caz legea conservării energiei se scrie astfel:

$$C \cdot E(E - U) = \left( \frac{C \cdot E^2}{2} - \frac{C \cdot U^2}{2} \right) + Q, \quad (4)$$

de unde se obține cantitatea de căldură degajată:

$$Q = \frac{C}{2}(E - U)^2 > 0. \quad (5)$$

**Problema 2.5.** Două condensatoare de capacitate electrică  $C$  fiecare sunt încărcate până la tensiunea  $U$  și conectate la un rezistor  $R$  (Fig. 3.3). Armăturile unuia dintre condensatoare sunt îndepărtate rapid, astfel încât distanța dintre armături crește de două ori, iar sarcina electrică rămâne constantă. Ce cantitate de căldură se va degaja în rezistorul  $R$ ?



**Rezolvare:** Cantitatea de căldură degajată în rezistorul  $R$  este egală cu variația energiei condensatoarelor:

$$Q = -\Delta W = -(W_{fin} - W_{in}) = W_{in} - W_{fin}. \quad (1)$$

Energia inițială a grupării de condensatoare este:

$$W_{in} = \frac{C \cdot U^2}{2} + \frac{C \cdot U^2}{2} = C \cdot U^2. \quad (2)$$

Deoarece sarcina electrică totală se conservă, avem:

$$q_1 + q_2 = q_1 + q_2' \Rightarrow q_2 = q_2' \Rightarrow CU = C'U' \Rightarrow \frac{\epsilon_0 S}{d} U = \frac{\epsilon_0 S}{2d} U' \Rightarrow U' = 2U. \quad (3)$$

Energia finală a grupării de condensatoare:

$$W_{fin} = \frac{q_p^2}{2C_p} = \frac{\left(C \cdot U + \frac{C}{2} \cdot 2U\right)^2}{2\left(C + \frac{C}{2}\right)} = \frac{4C^2 U^2}{3C} = \frac{4}{3} CU^2. \quad (4)$$

Substituind relațiile (2) și (4) în (1) obținem:

$$Q = \frac{CU^2}{3}. \quad (5)$$

### 3. PROBLEME PROPUSE

În final, propunem câteva probleme pentru rezolvate individuală.

**Problema 3.1.** Un condensator plan cu aer având aria armăturilor  $S$  și distanța dintre armături  $d$ , se încarcă la tensiunea  $U$  și apoi se deconectează. Ce lucru mecanic trebuie efectuat pentru a introduce cu viteză constantă o placă dielectrică de grosime  $d$  și permitivitate relativă  $\epsilon_r$ , între armăturile condensatorului?

**Răspuns:**  $L = \frac{\epsilon_0 S U (\epsilon_r - 1)}{2d \epsilon_r}$

**Problema 3.2.** Două plăci dreptunghiulare de lungime  $l$  și aria suprafeței  $S$  sunt dispuse paralel una față de alta la distanța  $d$  și conectate la o sursă de t.e.m.  $E$ . În spațiul dintre plăci se introduce un dielectric cu permitivitatea relativă  $\epsilon_r$ , grosimea  $d$  și lățimea egală cu lățimea plăcilor. Lungimea dielectricului este mai mare de  $l$  (vezi figura alăturată). Determinați forța electrică rezultantă  $F$  ce acționează asupra dielectricului din partea câmpului electric, în funcție de

distanța  $x$ .

**Răspuns:**  $F = \frac{\epsilon_0 S E^2}{2dl} (\epsilon_r - 1)$

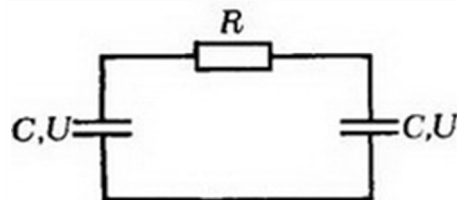


Fig. 3.3. Circuit serie cu un rezistor și două condensatoare

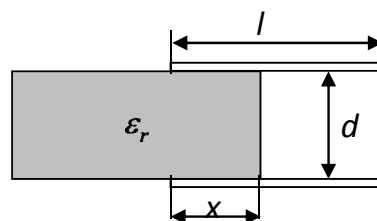


Fig. 2.1. Introducerea dielectricului într-un condensator plan

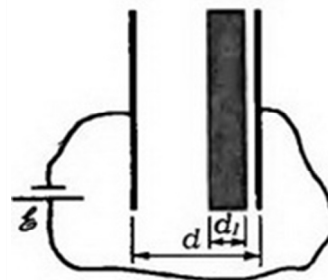


Fig. 3.4. Placă metalică într-un condensator plan cu aer

## 50 Probleme, concursuri, olimpiade

**Problema 3.3.** Un condensator plan cu aer având aria armăturilor  $S$  și distanța dintre armături  $d$  este conectat la o sursă de t.e.m.  $E$ . În condensator se află o placă metalică de grosime  $d_1$  (Fig.3.4). Ce lucru minim trebuie efectuat pentru a scoate placa metalică din condensator?

$$\text{Răspuns: } L = \frac{\varepsilon_0 \cdot E^2 \cdot S \cdot d}{2}$$

**Problema 3.4.** Două condensatoare având capacitățile electrice  $C_1 = 1\mu F$  și  $C_2 = 4\mu F$  sunt conectate la sursele de tensiune  $U_1 = 9\text{ V}$  și, respectiv  $U_2 = 4\text{ V}$ . Determinați cantitatea de căldură care se va degaja după deconectarea condensatoarelor de la sursele de tensiune și legarea în paralel a armăturilor încărcate cu sarcini electrice:

- de aceleași semn;
- de semn opus. Analizați rezultatele obținute.

$$\text{Răspuns: } 2 \cdot 10^{-6}\text{ J}, 5,2 \cdot 10^{-6}\text{ J}$$

**Problema 3.5.** Două condensatoare având, respectiv, capacitățile electrice  $C_1 = 5\mu F$  și  $C_2 = 2C_1$  sunt încărcate fiecare până la tensiunea  $U = 300\text{ V}$ , după care condensatoarele se conectează în serie. Să se calculeze căldură disipată în firele de legătură.

$$\text{Răspuns: } 0,33\text{ J}$$

**Problema 3.6.** Un condensator cu aer având capacitatea electrică  $C$  este încărcat cu sarcina electrică  $q$ . Ce cantitate de căldură se va degaja în condensator dacă în spațiul dintre armături se va introduce un dielectric cu permitivitatea relativă  $\varepsilon_r$ ? Ce cantitate de căldură se va degaja dacă condensatorul se conectează la o sursă cu t.e.m.  $E$ ?

$$\text{Răspuns: } Q = \frac{q^2}{2C} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon_r} \right); Q = \frac{C \cdot E^2}{2} (\varepsilon_r - 1)$$

## BIBLIOGRAFIE

- Hristev, A., Manda, D., Georgescu, L., Borșan, D., Sandu, M., Gherbanovschi N., *Probleme de fizică pentru clasele IX-X*, Chișinău, Ed. „Lumina”, 1996, 319p.
- Marinciuc, M., Rusu, Sp., *Fizică, manual pentru clasa a 11-a*, Chișinău, Univers Pedagogic, 2004, 274 p.
- Popa, C., *Fizică. Îndrumar metodic. 409 probleme rezolvate (nivel liceal)*, vol. II., Iași Editura VIE, 2000, p.396-744.
- Иродов, И.Е., *Задачи по общей физике*, Москва, Наука, 1988, 447 с.
- Буховцев, Б.Б., Кривченков, В.Д., Мякишев, Г.Я., Шальнов, В.П., *Сборник задач по элементарной физике*, Москва, Наука, 1964, 439 с.
- Волкенштейн, В.С., *Кулежере де проблеме де физикэ жeneralэ*, Кишинэу, «Лумина», 1971, 390 p.
- Гордюнин, С.А., *Закон сохранения энергии в электростатике* // Квант, 1989, №. 6, с. 63-67.

*Primit la redacție: 17 ianuarie 2012*

**TRUSA DE MECANICĂ ASISTATĂ DE CALCULATOR.  
IX. CONSERVAREA IMPULSULUI ÎN CIOCNIRILE PLASTICE  
DINTRE DOUĂ CĂRUCIOARE PE UN PLAN ORIZONTAL**

Alexandru RUSU

Universitatea Tehnică a Moldovei, Chisinau  
preuniversitas@gmail.com

**Rezumat.** Sunt prezentate modalitățile de utilizare a trusei de mecanică asistată de calculator la verificarea experimentală a legii conservării impulsului în cazul ciocnirilor plastice ale două cărucioare pe un plan orizontal. Se analizează posibilitățile oferite de softurile elaborate în achiziția și procesarea datelor, precum și în elaborarea referatului la cele 20 de variante ale experiențelor propuse. Sunt considerate și cazurile în care masele celor două cărucioare sau masa unuia din ele variază la trecerea de la o serie de măsurări la alta. Modalitățile de eliminare a erorilor sistematice sunt ilustrate cu grafice obținute în experiențe concrete. Se propune o metodă de estimare a coeficientului de frecare (rezistență) la mișcarea cărucioarelor și se analizează rezultatele obținute pentru nivelul de încredință de 68,3 %.

Impulsul mecanic  $\vec{P}$  al unui sistem de puncte materiale se menține constant în timp, oricare ar fi interacțiunile interne dintre punctele materiale ale sistemului, dacă rezultanta  $\vec{F}$  a tuturor forțelor externe aplicate tuturor acestor puncte materiale este nulă:

$$\vec{P} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \dots + m_n\vec{v}_n = const, \text{ dacă } \vec{F} = 0. \quad (1)$$

Ecuția vectorială (1) este echivalentă cu următoarele trei ecuații scalare care se obțin ca rezultat al proiectării ecuației (1) pe axele de coordonate:

$$\begin{cases} m_1v_{1x} + m_2v_{2x} + \dots + m_nv_{nx} = const, F_x = 0 \\ m_1v_{1y} + m_2v_{2y} + \dots + m_nv_{ny} = const, F_y = 0 \\ m_1v_{1z} + m_2v_{2z} + \dots + m_nv_{nz} = const, F_z = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Dacă una din componentele rezultantei, de exemplu  $F_z \neq 0$ , atunci pot fi scrise numai primele două ecuații (2), iar dacă  $F_y \neq 0$  și  $F_z \neq 0$ , atunci este valabilă numai prima ecuație, cu condiția că  $F_x = 0$ . Astfel, impulsul unui sistem de corpuri poate să se conserve de-a lungul unei axe de coordonate și să varieze de-a lungul celorlalte două.

Legea conservării impulsului poate fi verificată experimental în cazul ciocnirilor plastice dintre două cărucioare. Mai întâi vom considera ciocnirea plastică dintre un

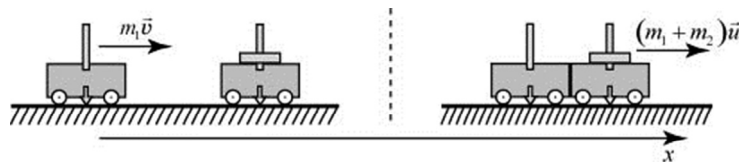


Fig. 1

cărucior de masă  $m_1$ , în mișcare cu viteza  $v$ , cu un alt cărucior de masa  $m_2$  ce se află în repaus pe un plan orizontal (fig.1). Pentru ca ciocnirea să fie plastică, ambele cărucioare sunt prevăzute cu câte un bulon acoperit cu material adeziv. După ciocnire (fig. 1) cărucioarele se mișcă împreună cu viteza  $u$  în sensul axei  $x$ . În acest caz, legea conservării impulsului scrisă în proiecții pe axa orizontală  $x$  are forma:

$$m_1v = (m_1 + m_2)u, \quad (3)$$

unde  $v = d/t_1$ ,  $u = d/t_3$  [1], iar  $d$  este grosimea obturatorilor identice înșurubate în cărucioare. Aici  $t_1$  este intervalul de timp în care obturatorul primului cărucior întretaie fasciculul primului senzor, iar  $t_3$  este intervalul de timp în care obturatorul celui de al doilea cărucior întretaie fasciculul celui de al doilea senzor după interacțiunea plastică. În această experiență se pot lua diferite valori pentru masele  $m_1$  și  $m_2$ , precum și pentru viteza  $v$ . Calculând în continuare vitezele  $v$  și  $u$ , iar apoi impulsurile  $m_1v$  (înainte de ciocnire) și  $(m_1 + m_2)u$  (după ciocnire), se poate verifica relația (3).

Observăm că la verificarea experimentală a relației (3) se vor comite anumite erori sistematice de metodă, legate de acțiunea forței exterioare de frecare (rezistență) ce acționează asupra cărucioarelor pe durata interacțiunii dintre ele, precum și după interacțiune până la măsurarea vitezei  $u$ . Aceste erori pot fi diminuate până la anumite limite. Într-adevăr, relația (3) va fi satisfăcută cu atât mai bine cu cât valoarea impulsului componentei orizontale a forței  $F_x \Delta t$  va fi mai apropiată de zero sau, mai exact, cu cât relația

$$mv \ll F_x \Delta t \quad (4)$$

va fi satisfăcută mai bine. Pentru ca produsul  $F_x \Delta t$  să fie mic este nevoie să aibă valori mici forța exterioară  $F_x$  (forța de frecare - rezistența în rulmenți) și intervalul de timp  $\Delta t = t_2$  de la descoperirea fasciculului senzorului A până la începutul acoperirii fasciculului senzorului B. Pentru aceasta vom așeza căruciorul al doilea pe plan în așa fel, încât imediat după măsurarea intervalului de timp  $t_1$ , să înceapă interacțiunea primului cărucior cu cel de al doilea, iar imediat după aceasta obturatorul celui de al doilea cărucior să întretaie fasciculul senzorului B. Deci, senzorii trebuie fixați cât mai aproape unul de altul, ciocnirea producându-se între ei. Totuși intervalul de timp  $t_2$  nu poate fi mai mic decât durata transmiterii impulsului de la un cărucior la altul. Poate fi estimată eroarea sistematică comisă în acest caz. Luând, de exemplu, masa cărucioarelor  $m_1 = m_2 = 0,3 \text{ kg}$ , coeficientul de frecare (rezistență)  $\mu = 0,01$  [2], intervalul de timp în care acționează forța de frecare  $\Delta t = t_2 = 0,2 \text{ s}$ , viteza căruciorului  $v = 2 \text{ m/s}$ , se obține  $m_1v = 0,6 \text{ kg/(m s)}$  și  $F_f \Delta t = \mu(m_1 + m_2)gt_2 = 0,01 \cdot 0,6 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 0,2 \text{ s} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ kg/(m s)}$ . În acest caz se eroarea sistematică de metodă este  $\varepsilon = F_f \Delta t / (m_1v) \cdot 100\% = 2 \%$ . După cum se vede din (4), dar și din exemplul analizat, pentru ca produsul  $m_1v$  să fie suficient de mare trebuie ca viteza mobilului  $v$  să nu fie prea mică. Pe de altă parte, viteza lui nu trebuie să fie nici prea mare, întrucât în aceste condiții este mai dificil de asigurat caracterul plastic al ciocnirii. La efectuarea experienței trebuie să urmărim ca după ciocnire cărucioarele să nu se desprindă unul de altul. Dacă acestea totuși se desprind chiar și foarte puțin, atunci trebuie să schimbăm materialul adeziv fixat pe buloane sau să folosim viteze mai mici ale căruciorului înainte de ciocnire.

Vom verifica experimental relația (3) considerând-o drept o funcție liniară de tipul

$$Y = pX + b, \quad (5)$$

unde  $X = m_1v = m_1 d/t_1$  și

$Y = (m_1 + m_2)u = (m_1 + m_2)d/t_3$ . Pentru a trasa graficul

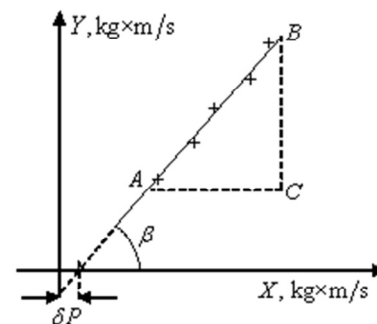


Fig. 2

acestei funcții, se realizează, ca și în alte experiențe,  $n \geq 5$  serii a câte  $N \geq 10$  măsurări ale intervalelor de timp  $t_1$ ,  $t_2$  și  $t_3$ , intervale ce se transferă la calculator grație interfeței cronometrului electronic utilizat. Acțiunea forței de frecare (rezistență) pe parcursul intervalului de timp  $t_2$  fiind mică, ea va genera totuși o reducere cu o anumită valoare a mărimii  $Y$ . Dacă distanța dintre

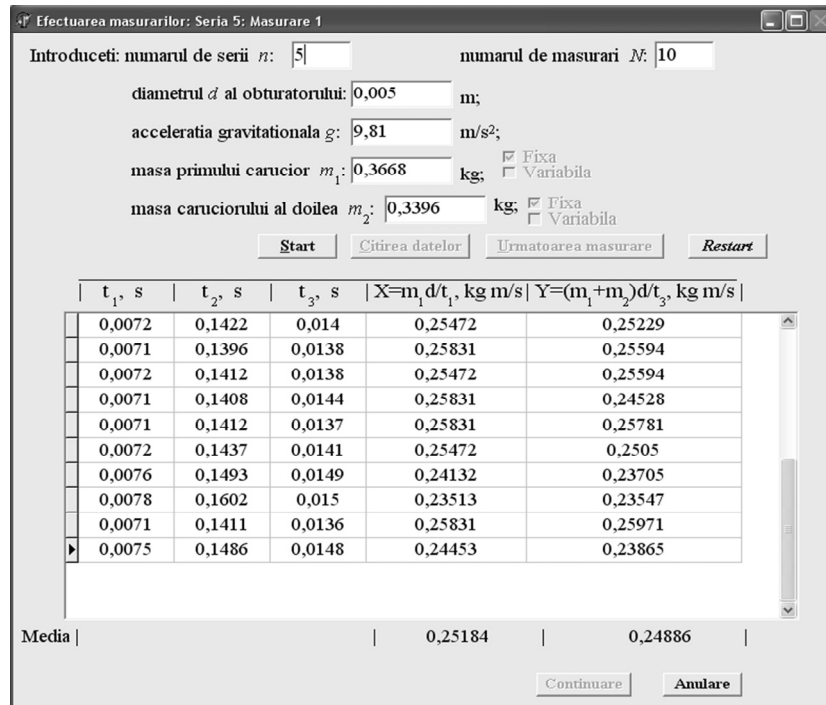


Fig. 3

senzori rămâne aceeași pe parcursul experienței, atunci această reducere va fi aproximativ aceeași în toate seriile. Astfel, dreapta experimentală nu va mai trece prin originea de coordonate după cum o cere dependența teoretică (3), ci va tăia pe axa absciselor un mic segment  $\delta P$  (fig. 2). Acesta intervine ca o eroare sistematică, influența căreia asupra pantei dreptei poate fi eliminată [3]. Astfel, legea conservării impulsului în experiență va putea fi considerată ca și verificată, dacă panta dreptei (3) este  $p = tg \beta = BC/AC \approx 1$  (fig. 2). De asemenea, poate fi determinat segmentul tăiat de dreaptă pe axa absciselor, iar pe de altă parte,  $\delta P \approx F_{fr} t_2$ . De aici se poate estima forța de frecare (rezistența în rulmenți)  $F_{fr} = \mu(m_1 + m_2)g \approx \delta P/t_2$  și coeficientul de frecare (rezistență):

$$\mu \approx \frac{\delta P}{(m_1 + m_2)gt_2} \tag{6}$$

Pentru a putea efectua numărul dorit de repetări în aceleași condiții, se înșurubează în partea stângă a primului cărucior un bulon cu resort, care, fiind comprimat până la o anumită lungime, va asigura căruciorului la eliberare una și aceeași viteză ori de câte ori dorim. Pentru a asigura de fiecare dată aceeași deformare de comprimare, sub arc se așază o placă de care se sprijină căruciorul. Astfel, luând  $n$  deformații ale resortului (prin adăugarea sau înlăturarea de la placa amintită a unor plăcuțe mai subțiri) se pot efectua  $n \geq 5$  serii a câte  $N \geq 10$  măsurări. Masele cărucioarelor pot fi păstrate neschimbate sau variate la trecerea de la o serie de măsurări la alta. Variația maselor cărucioarelor se poate realiza atașând la obturatorul primului cărucior, la al celui de al doilea sau al ambelor cărucioare câte o masă din setul propus. Aceste 4 variante pot fi realizate, de asemenea, imprimând manual o viteză primului cărucior, fără a mai folosi plăcuțe. În aceste cazuri numărul de repetări nu poate fi decât  $N=1$ . Pentru a compensa numărul mic de repetări se poate mări numărul de serii, fiind prevăzute  $n \geq 7$  serii. Trusa permite verificarea legii conservării impulsului la interacțiunea

plastică dintre un cărucior în mișcare și un altul aflat în repaus, în toate aceste 8 variante, softul elaborat facilitând esențial acest lucru.

În *fig. 3* este reprezentată fereastra „Efectuarea măsurărilor” din softul elaborat pentru această experiență în varianta când masele cărucioarelor, la trecerea de la o serie de măsurări la alta, rămân neschimbate, variind numai impulsul primului cărucior înainte de ciocnire. Este reprezentat sfârșitul seriei a patra din câte 10 repetări. Se observă că între valorile medii ale impulsurilor înainte și după interacțiunea plastică a cărucioarelor există o mică deosebire, având loc o pierdere a impulsului în urma acțiunii forței exterioare de frecare (rezistența în rulmenți). Ca și în alte experiențe, din fiecare serie se exclud erorile grave, dacă acestea apar [3].

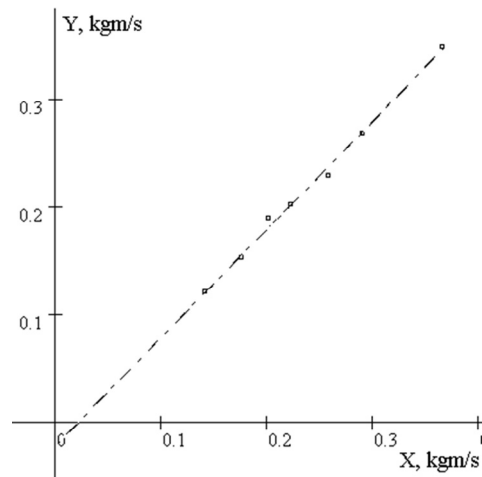


Fig. 4

În *fig. 4* este reprezentat graficul dependenței liniare (3) trasat cu ajutorul softului elaborat în varianta când primului cărucior i se imprimă manual viteză în 7 serii din câte o măsurare. La trecerea de la o serie de măsurări la alta masele ambelor cărucioare au crescut cu câte 20,7 g. Graficul dependenței (3) reprezintă un segment de dreaptă cu panta  $p = 1,00 \pm 0,03$ , fapt ce confirmă legea conservării impulsului în experiență, întrucât valoarea așteptată din teorie a pantei,  $p = 1$ , se află în interiorul intervalului de încredere  $0,97 \leq p \leq 1,03$  obținut în experiență. Nivelul de încredere a fost de 68,3 %. Legea este confirmată cu eroarea relativă  $\varepsilon = \Delta p / p = 2,8 \%$ . Dreapta taie pe axa absciselor segmentul  $\delta P \approx 0,022 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ . Această mărime reprezintă variația medie a impulsului sistemului sub acțiunea forței exterioare de frecare (rezistența în rulmenți) care modifică impulsul cărucioarelor în medie cu  $\delta P / mv \times 100\% = 9,2 \%$ . Metoda grafică de procesare a datelor experimentale permite excluderea influenței acestei erori sistematice asupra valorii pantei dreptei. Valoarea coeficientului de frecare (rezistență) la mișcarea celor două cărucioare pe planul orizontal, estimată cu formula (6) este  $\mu \approx 0,01$ . Aceasta practic coincide cu valoarea determinată în alte experiențe [2].

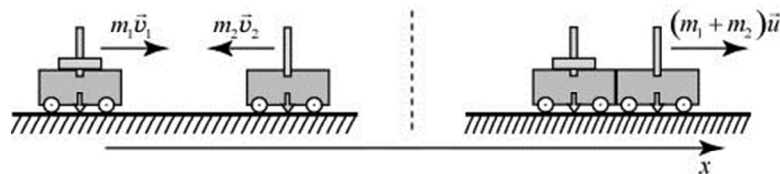


Fig. 5

Trusa permite verificarea legii conservării impulsului și în cazul interacțiunii plastice a două cărucioare ce se mișcă unul în întâmpinarea altuia. Viteza sistemului după ciocnire,  $\bar{u}$ , va avea

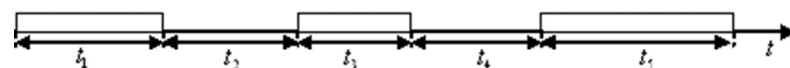


Fig. 6.

sensul determinat de semnul diferenței  $m_1 v_1 - m_2 v_2$ . În *fig. 5* este indicată starea sistemului după ciocnire în cazul când  $m_1 v_1 > m_2 v_2$  și cărucioarele după joncțiune se mișcă spre dreapta.

Legea conservării impulsului scrisă în proiecții pe axa orizontală  $x$  are forma:

$$(m_1 + m_2)u = m_1v_1 - m_2v_2 \quad (7)$$

Măsurarea intervalelor de timp se realizează cu ajutorul a doi senzori fixați pe bară la o distanță suficientă pentru ca interacțiunea să se producă. Schema intervalelor de timp de măsurat în acest caz este dată în *fig. 6*. Aici  $t_1$  este intervalul de timp în care obturatorul căruciorului 1 întretaie fasciculul sensorului, de exemplu, A, iar  $t_3$  este intervalul de timp în care obturatorul căruciorului 2, în mișcarea sa de la dreapta spre stânga, întretaie fasciculul sensorului B. Între aceste două intervale trebuie să existe un alt interval mic de timp  $t_2$ , întrucât în caz contrar intervalele  $t_1$  și  $t_3$  se vor contopi și nu va fi posibilă calcularea vitezelor cărucioarelor înainte de interacțiune:  $v_1 = d/t_1$  și  $v_2 = d/t_3$ .  $t_5$  este intervalul în care obturatorul căruciorului 2 aflat în joncțiune cu căruciorul 1 va întretaia fasciculul sensorului B în mișcarea sa de la stânga spre dreapta. Cu acest interval de timp se poate determina viteza sistemului după interacțiune:  $u = d/t_5$ . Între intervalele  $t_3$  și  $t_5$  trebuie să existe un interval de timp  $t_4$  necesar pentru producerea interacțiunii. Este clar că dacă cronometrul stabilit în regimul  $n - - 5$  va indica numai 4 intervale, atunci aceasta va însemna că intervalele de timp  $t_1$  și  $t_3$  s-au contopit. În acest caz măsurările trebuie repetate, pentru aceasta existând butonul „Restart”.

Dacă  $m_1v_1 < m_2v_2$ , atunci după ciocnire cărucioarele se vor mișca spre stânga și legea conservării impulsului scrisă în proiecții pe axa orizontală  $x$  va avea forma:

$$(m_1 + m_2)u = m_2v_2 - m_1v_1. \quad (8)$$

Vom verifica experimental relațiile (7) și (8) considerându-le funcții liniare de tipul (5), unde

$$Y = (m_1 + m_2)u = (m_1 + m_2)d/t_5, \quad (9)$$

$$X = |m_1v_1 - m_2v_2| = |m_1 d/t_1 - m_2 d/t_3|. \quad (10)$$

Aici s-a luat modulul expresiei  $m_1v_1 - m_2v_2$  pentru a ține seama de cazul când  $m_1v_1 < m_2v_2$ . În ambele cazuri se presupune că printre brațele sensorului trece mai întâi primul cărucior, apoi cel de al doilea.

Trasând, în continuare, graficul dependenței  $Y$  în funcție de mărimea  $X$  trebuie să obținem un segment de dreaptă (*fig. 7*) cu panta  $p = \operatorname{tg} \beta = BC/AC \approx 1$ , dacă este justificată aplicarea legii conservării impulsului în experiență. Prelungirea segmentului de dreaptă  $AB$  (*fig. 7*) nu va trece prin origine, după cum o cer relațiile (7) și (8), ci va tăia pe axa absciselor un segment  $\delta P$  ce apare datorită acțiunii forței exterioare de frecare (rezistență în rulmenți) și nu trebuie să influențeze valoarea pantei, dacă pe parcursul întregului experiment distanța dintre senzori nu se schimbă și ciocnirea are loc aproximativ în același loc pe plan.

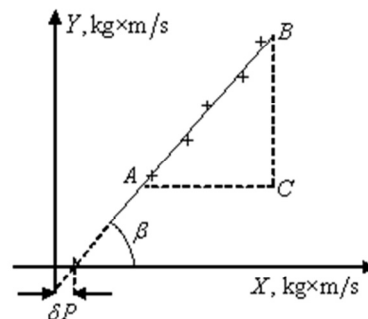


Fig.7

Această experiență, ca și cea precedentă, poate fi efectuată în 8 variante, 4 din ele presupunând efectuarea a  $n \geq 5$  serii din câte  $N \geq 10$  măsurări, iar altele 4 – efectuarea a  $n \geq 7$  serii din câte  $N = 1$  măsurări, softul elaborat permițând achiziția datelor la calculator, procesarea lor, precum și întocmirea referatului la varianta efectuată a experienței.

Cazul când printre brațele sensorului B trece mai întâi cel de al doilea cărucior, în mișcarea sa de la dreapta spre stânga, și apoi primul se reduce la cazul deja cercetat. Astfel se poate considera ca fiind primul ( $m_1$ ) căruciorul care trece primul printre brațele sensorului, iar ca al doilea ( $m_2$ ) – celălalt cărucior. Acest procedeu formal corespunde inversării sensului axei proiecțiilor din *fig. 5*. De aici rezultă că argumentul  $X$  al funcției liniare (5) va fi determinat întotdeauna de relația (10).

În *fig. 8* este reprezentat graficul dependenței (7) obținut cu ajutorul softului la efectuarea a  $n = 10$  serii din câte  $N = 1$  măsurări indirecte ale impulsurilor cărucioarelor înainte și după interacțiunea plastică dintre ele. La trecerea de la o serie de măsurări la alta masa primului cărucior a rămas neschimbată, iar masa celui de al doilea a crescut treptat cu câte 20,7 g. Vitezele cărucioarelor au fost imprimare manual. Printre brațele sensorului a trecut de fiecare dată mai întâi primul cărucior. Se observă că graficul dependenței (7) reprezintă un segment de dreaptă cu panta  $p = 1,02 \pm 0,02$ , fapt ce confirmă legea conservării impulsului în experiență, întrucât valoarea așteptată din teorie a pantei  $p = 1$  se află în interiorul intervalului de încredere  $1,00 \leq p \leq 1,04$  obținut în experiență. În această experiență, legea conservării impulsului este confirmată cu eroarea relativă  $\varepsilon = \Delta p / p = 2,3\%$  și cu un nivel de încredere de 68,3%. Dreapta taie pe axa absciselor segmentul  $\delta P \approx 0,009 \text{ kg} \times \text{m/s}$  ce reprezintă eroarea sistematică legată de acțiunea forței de frecare (rezistență) asupra cărucioarelor și constituie  $\delta P / [(m_1 + m_2)u] \times 100\% \approx 2,7\%$  din impulsul cărucioarelor. Metoda grafică de procesare a datelor experimentale utilizată în experiență permite și de această dată excluderea influenței acestei erori sistematice asupra procesului de verificare a legii conservării impulsului.

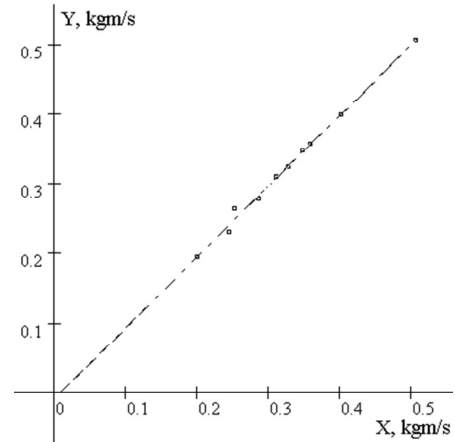


Fig. 8

În mod analog se poate verifica legea conservării impulsului și în cazul când înainte de interacțiune cărucioarele se mișcă în același sens (*fig. 9*). În acest caz (dacă  $v_1 > v_2$ )

$$(m_1 + m_2)u = m_1v_1 + m_2v_2, \quad (11)$$

unde  $v_1 = d/t_3$ ,  $v_2 = d/t_1$  și  $u = d/t_5$ . Relația (11) poate fi considerată drept o funcție liniară de tipul (5), în care  $Y = (m_1 + m_2)u = (m_1 + m_2)d/t_5$  și  $X = m_1v_1 + m_2v_2 = m_1 d/t_3 + m_2 d/t_1$ . Experiența poate fi efectuată împingând căruciorul al doilea cu mâna. Primului cărucior i se poate imprima viteză fie cu ajutorul unui resort înșurubat în el, fie manual. Cum viteza căruciorului al doilea nu mai poate fi

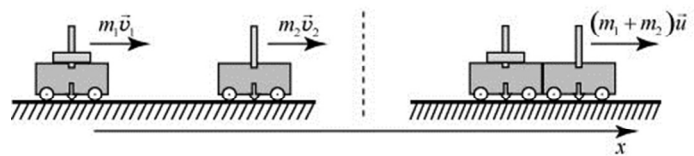


Fig. 9

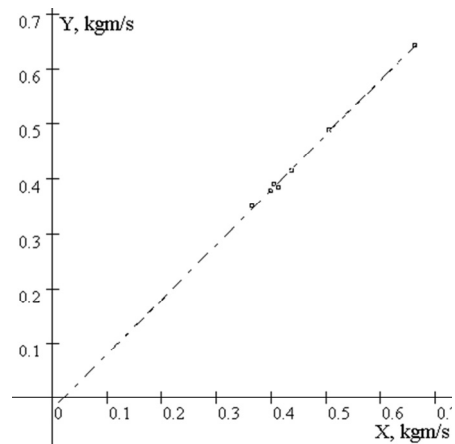


Fig. 10



repetată, nu are sens să se repete de mai multe ori nici viteza primului cărucior. De aceea se pot efectua  $n \geq 7$  serii a câte  $N = 1$  repetări, imprimând cărucioarelor viteze numai manual. Evident, la trecerea de la o serie de măsurări la alta, masele cărucioarelor  $m_1$  și  $m_2$  se pot lăsa aceleași sau se pot varia prin adăugarea pe rând a câte unei mase  $m_0$  din setul propus. Astfel, experiența poate fi efectuată în 4 variante diferite. În *fig. 10* este reprezentat graficul dependenței (11) obținut în urma procesării la calculator a datelor achiziționate de la cronometrul electronic în 7 serii din câte 1 măsurare a intervalelor de timp  $t_1, t_3, t_5$ . Softul elaborat este analog cu cel utilizat în experiențele anterioare. La trecerea de la o serie de măsurări la alta masele cărucioarelor au crescut treptat cu câte 20,7 g. Se observă că graficul dependenței (11) reprezintă un segment de dreaptă cu panta  $p = 1,00 \pm 0,02$ , fapt care confirmă legea conservării impulsului în experiență, întrucât valoarea pantei așteptată din teorie,  $p = 1$ , se află în interiorul intervalului de încredere  $0,98 \leq p \leq 1,02$  obținut în experiență cu un nivel de încredere de 68,3 %. Acțiunea forței de frecare în experiență modifică impulsul cărucioarelor cu  $\delta P / [(m_1 + m_2)u] \times 100\% \approx 4,4\%$ , dar, metoda grafică utilizată la procesarea datelor permite, ca și în experiențele precedente, excluderea influenței acestei erori sistematice asupra procesului de verificare a legii conservării impulsului.

### REFERINȚE

1. A. Rusu, "Trusa de mecanică asistată de calculator. II. Determinarea vitezei instantanee a unui mobil în mișcarea rectilinie uniform variată". *Fizica și tehnologiile moderne*, **7**, Nr. 1-2 (25-26), 2009, pp. 25-34.
2. A. Rusu, „Trusa de mecanică asistată de calculator. VI. Verificarea experimentală a principiului fundamental al dinamicii mișcării de translație la deplasarea unui cărucior pe planul înclinat”. *Fizica și tehnologiile moderne*, **9**, nr. 1-2 (33-34), 2011, pp.42-48.
3. A. Rusu, C. Pîrțac, S. Rusu, „Trusa de mecanică asistată de calculator. I. Procesarea datelor”. *Fizica și tehnologiile moderne*, **6**, nr. 3-4 (23-24), 2008, pp. 10-21.

*Primit la redacție: 24 mai 2012*

## COSMOSUL NE CHEAMĂ (I)

Ion HOLBAN

### 1. NE VIZITEAZĂ ÎNAINTEMERGĂTORII

Pe 12 aprilie 2012, la Universitatea Tehnică a Moldovei (UTM) din Chișinău a avut loc un eveniment de o importanță epocală. Rectorul Universității, acad. Ion Bostan, în prezența membrilor Senatului universitar și a profesorilor de la UTM, a unor oameni de știință și oameni de stat invitați, a unor diplomați, a studenților de la UTM și reprezentanților mass-media, a acordat titlul de Doctor Honoris Causa la trei înainte-mergători ai lumii – cosmonautului român Dumitru Dorin Prunariu, cosmonautului rus Vladimir Nicolaevici Dejurov și astronautului american Frank Lee Culbertson.

Oameni devotați științei, cu o înaltă stăpânire de sine, cosmonauții consideră că pentru dânsii cea mai importantă activitate este deșelenairea unor zone tematice noi pentru știință - efectuarea în condiții de imponderabilitate a zeci de experimente ce țin de cele mai diverse domenii ale științei, de astrofizică, astronomie, fizica nucleară, tehnologiile cosmice, biologie, biomedicină, medicina aeronautică, studierea „pe propria piele” a comportamentului organismului uman în stare de imponderabilitate sau stări extreme. Odată cu efectuarea unor zboruri în spațiul extraterestru, cosmonauții își pierd independența personală, ei devin soldați ai științei și promotori ai cunoștințelor în societate. Prin intermediul a numeroase organizații neguvernamentale, ai căror membri sau susținători sunt, ei contribuie esențial la propagarea cunoștințelor în mase.

La UTM, cosmonauții au avut întrevederi fructuoase cu oameni de știință din Republica Moldova, cu academicienii Ion Bostan și Valeriu Canțer, cu membrul corespondent al AȘM Ion Tighineanu, cu profesorii universitari Valerian Dorogan, Petru Todos, Valeriu Dulgheru, Aurel Marinciuc și alte personalități. Pe parcursul a două zile, distinșii oaspeți au vizitat grupul de creație de la UTM care elaborează proiectul unui satelit moldovenesc, dând o înaltă apreciere activității acestuia. Ei au vizitat, de asemenea, o expoziție privind activitatea științifică și de creație la UTM, au participat la o întâlnire cu absolvenții de licee, au sădit pomi pe Aleea Cosmonauticii din parcul universitar.

#### 1.1. Dumitru Dorin PRUNARIU – primul cosmonaut român



Dumitru Dorin Prunariu.  
Foto: wikipedia

Cosmonautul român Dumitru Prunariu s-a născut în orașul Brașov la 27 septembrie 1952 [Prunariu (referitor la ~), Muscă]. Este căsătorit, are doi copii și trei nepoți. În copilărie a practicat aeromodelismul. A absolvit Liceul de Matematică și Fizică din orașul natal, apoi Facultatea de Inginerie Spațială a Universității Politehnice din București. S-a specializat în construcția de avioane. Este doctor în științe inginerești. Viața însă i-a hărăzit un destin neobișnuit - venise era zborurilor cosmice. După o pregătire și o selecție riguroasă în țară, a urmat o pregătire și mai serioasă, timp de trei ani și ceva în „Orășelul stelar” „Iurii Gagarin” de lângă Moscova. Grație programului de cooperare „Intercosmos” al țărilor socialiste, a devenit cel de al 103-lea pământean care a zburat în cosmos. A zburat împreună cu cosmonautul rus Leonid Popov la bordul navei *Soiuz-40*. Pe orbită nava s-a cuplat cu stația cosmică *Saliut-6*, la bordul căreia deja activau de mult timp alți doi cosmonauți, Vladimir Kovalionok și Viktor Savinîh. S-a aflat în cosmos de la 14 mai până la

22 mai 1981. A participat la realizarea a 22 de experimente ce țineau de mai multe domenii ale științei: astrofizică, fizica nucleară, tehnologiile cosmice, biomedicină, medicină aeronautică, biologie. La întoarcere, fiind întrebat ce semnificație a avut pentru dânsul zborul în cosmos, cosmonautul Dumitru Prunariu a dat un răspuns demn de reținut, mai ales pentru tinerii care își fac studiile la UTM: „În primul rând, zborul cosmic îți creează o altă perspectivă de a vedea lumea, plecând de la cea strict fizică pe care o ai privind spațiul cosmic. Toate acestea îți deschid un apetit pentru a privi problemele la modul global”. În prezent, domnia sa deține funcția de președinte al Asociației Spațiale Române, de aici și preocupările sale menționate în luarea de cuvânt: explorarea pașnică a spațiului cosmic, coordonarea problemelor dezvoltării cosmice și extinderea cooperării internaționale, propagarea cunoștințelor din domeniu.

## 1.2. Cosmonautul rus Vladimir Nicolaevici DEJUROV



Vladimir Nicolaevici Dejurov.  
Foto: wikipedia

Cosmonautul rus Vladimir N. Dejurov s-a născut la 30 iunie 1962 în Mordovia, Federația Rusă, în familia unui militar [Dejurov (referitor la ~)]. Este căsătorit, are două fiice. A absolvit Școala Superioară de Aviație Militară din Harkov, apoi Academia de Aviație Militară „Iurii Gagarin”. A servit în armată, în calitate de pilot, într-o unitate militară din Tiraspol. S-a catapultat reușit într-o situație critică. A făcut 170 de sărituri cu parașuta. Primul său zbor în cosmos l-a efectuat la 14 martie 1995, împreună cu cosmonautul rus Gheoghi

Strekalov și astronautul american Norman Thagard, în cadrul programului „Soiz – Shuttle”.

În cosmos aceștia au pregătit stația „Mir” pentru ca la ea să poată fi cuplate atât nave rusești, cât și nave americane „Shuttle”. Ei au zburat în cosmos cu nava rusească „Soiuz TM – 21”, iar pe pământ au revenit cu naveta americană „Atlantis STS – 71”. În cea de a doua expediție spațială Vladimir Dejurov a fost împreună cu cosmonautul rus Mihail Tiurin și astronautul american Frank L. Culbertson.



Cosmonauții Dumitru Prunariu și Vladimir Dejurov în vizită la Muzeul grănicerilor din Cahul.  
Foto: Dorian Saranciuc

Au zburat în cosmos cu naveta spațială americană „Discovery STS-105” și s-au întors pe Terra cu naveta „Endeavour STS

- 108”. În total, Vladimir Dejurov s-a aflat în cosmos 244 de zile. În timpul zborului a ieșit în spațiul cosmic deschis de 7 ori.

## 1.3. Astronautul american Frank Lee CULBERTSON

Astronautul american Frank Lee Culbertson, născut la 15 mai 1949, este unul dintre cei mai experimentați piloți americani, are mai bine de 6000 de ore de zbor cu 40 de tipuri de avioane pentru a le pune la încercare calitățile [Culbertson (referitor la ~)]. Este



Frank Lee Culbertson.  
Foto wikipedia

considerat un bun expert în tehnica aerospațială. Este căsătorit, are cinci copii și cinci nepoți. A zburat în cosmos de trei ori (15 – 20 noiembrie 1990; 12 – 22 septembrie 1993 și 10 august – 17 decembrie 2001, 129 de zile). În total, el s-a aflat în spațiul cosmic cca 146 de zile. Memorabilă pentru astronaut a fost cea de a treia misiune, din 2001, când mai bine de 4 luni s-a aflat în stația orbitală internațională, la a cărei creare și-a adus un aport însemnat. La bordul stației a lucrat împreună cu cosmonauții ruși Vladimir Dejurov și Mihail Tiurin. F. L. Culbertson a fost unicul american care în ziua atacurilor teroriste din 11 septembrie 2001 din SUA nu se afla pe Pământ, ci la bordul stației orbitale „Mir” împreună cu cei doi cosmonauți ruși nominalizați. Imediat după ce au fost comise actele teroriste, cosmonauții au primit indicații de la punctul de comandă american să facă observații detaliate asupra zonelor în cauză. Prima întrebare pe care și-au pus-o cosmonauții auzind de cele întâmplate a fost: „Dacă Pământul arde, ce facem noi, cei din cosmos?” Fără să mai stea pe gânduri, cosmonauții au îndreptat toate camerele de luat vederi pe care le aveau la dispoziție asupra țintelor lovite de teroriști. La un moment dat, Frank Culbertson a fost anunțat de către postul de comandă din SUA că în avionul care s-a prăbușit peste clădirea Pentagonului se afla și cel mai bun prieten al său, pilotul de excepție Charles Burlingame. Vestea l-a lovit ca un trăsnet și, fără a spune o vorbă, Culbertson și-a luat trompeta, de care nu se despărțea nici în misiunile cosmice, s-a închis în modulul său și a început să interpreteze niște melodii triste, deplângându-și în felul acesta prietenul. Din motive de sănătate, domnia sa n-a putut fi prezent la evenimentul de la Chișinău, dar a participat la el prin intermediul Skype-ului, produs rezultat tot din dezvoltarea cosmonauticii. Diploma de Doctor Honoris Causa al UTM și mantia respectivă i-au fost transmise cosmonautului Dumitru Prunariu, care imediat după eveniment trebuia să zboare în SUA la o conferință, pentru ca acolo să i le înmâneze astronautului american.

## 2. NEAMURI CU STRĂMOȘI ÎN SPATE

Nu este întâmplătoare această acordare de titluri onorifice unui cosmonaut român, unui cosmonaut rus și unui astronaut american. Ei sunt reprezentanții a trei popoare care participă direct, într-o măsură mai mare sau mai mică, la explorarea spațiului cosmic, popoare care au tradiții și contribuții însemnate în acest domeniu și care au dat omenirii fondatori și mari înaintași în domeniul cosmonauticii. În calitate de întemeietori ai cosmonauticii, românii îl au pe Hermann Julius Oberth, rușii - pe Konstantin Eduardovici Țiolkovski, iar americanii - pe Robert Hutchings Goddard. Aceste personalități au îmbogățit tabloul cunoașterii cu o mulțime de fapte noi, au schimbat radical concepțiile oamenilor despre puterea cosmică a omului. Dacă omenirea a devenit astăzi o civilizație cosmică, care nu mai acceptă granițele atmosferei terestre drept granițe ale existenței umane, acest lucru se datorează în primul rând acestor trei înaintemergători.

### 2.1. Hermann Julius OBERTH

Hermann Julius Oberth s-a născut în 1894 la Mediaș, România [Oberth (referitor la ~)], de origine este german. Comunitatea științifică îl consideră drept unul dintre „părinții navigației spațiale” / „părinții cosmonauticii”. Îndrăgostit încă de la vârsta de 11 ani de scrierile lui Jules Verne (1828 - 1905), Oberth deja la vârsta de 14 ani construiește primul model de rachetă și chiar un model de rachetă cu multe trepte. În 1923 își susține la Cluj teza de doctorat în fizică „*Cu racheta în spațiul interplanetar*”, în care



Hermann Julius Oberth  
Foto wikipedia

fundamenta științific posibilitatea zborului omului cu ajutorul rachetei. După aceasta îi apar mai multe lucrări în domeniu, unele dintre care se refereau la zborul omului la Lună. A avut prilejul să-l cunoască pe renumitul inventator român Henri Coandă (1886-1972), cel care a construit primul avion cu reacție (1910), a inventat „farfuria zburătoare” și multe alte lucruri de răsunet. Natură puternică, înălțată pe solide temeuri etice, Oberth dădea dovadă de spirit științific, seriozitate și responsabilitate. Lucrările sale, puse pe temeuri științifice, conțineau idei, teorii, proiecte, calcule matematice de o excepțională valoare, cutezătoare pentru epoca sa. A fundamentat teoretic posibilitatea zborului omului cu ajutorul rachetei, a considerat că omul suferă mai mult din nehotărâre decât din neputință. În viață a întâmpinat destule greutăți, dar nu a cedat în fața acestora. Din 1924 până în 1938 predă fizica și matematica la o școală superioară din Mediaș, colaborând totodată cu diverse instituții din Germania, interesate de investigațiile sale. Pentru proiectele sale era concomitent și arhitect, și constructor. Îi contamina pe mulți cu ideile sale, fie că aceștia erau din domeniul tehnicii sau al cinematografului. Cel mai vestit discipol al său a fost Werner von Braun (1930 – 2012), pentru care el era o adevărată „stea călăuzitoare”. Discipolul și dascălul au lucrat împreună la mai multe proiecte de răsunet, la început germane (renumitele rachete V, „tunul solar”), apoi americane. Ambii au contribuit esențial la realizarea rachetei Saturn V de la Cape Canaveral, care a purtat primele echipaje de astronauți spre Lună, inclusiv pe cel al lui Neil Armstrong (1930 – 2012), primul om care a pășit pe Lună. Hermann Oberth a murit în 1989 în Germania, unde se stabiliseră mai înainte. Un crater de pe Lună și un asteroid (9253) îi poartă numele.

## 2.2. Konstantin Eduardovici ȚIOLKOVSKI

Konstantin Eduardovici Țiolkovski s-a născut în 1857 la Ijevsk, regiunea Reazani, Rusia [Țiolkovski (referitor la ~)], [Kosmodemeanski 1976]. La vârsta de 9 ani, pe un timp foarte rece s-a dus la patinaj unde a răcit foarte tare. S-a îmbolnăvit de scarlatină, cu complicații grave, în urma cărora și-a pierdut definitiv auzul. Acest lucru i-a îngreunat comunicarea cu profesorii, fapt care l-a determinat să părăsească școala. Astfel, de mic copil s-a văzut nevoit să învețe de sine stătător, cartea devenindu-i cel mai bun dascăl și, totodată, prieten. Ca autodidact se interesa în mod deosebit de astronomie, mecanică și chimie. Aceleași dificultăți de comunicare l-au orientat spre meșteșuguri. Meșterea tot ce-i venea în gând, în permanență



Konstantin Eduardovici  
Țiolkovski.  
Foto wikipedia

inventând câte ceva - jucării, instalații etc. Îi plăcea fratelui mai mic, Ignat, numai ca acesta să-i asculte fanteziile. Îi plăcea să experimenteze. Lansa zmeie de hârtie, baloane cu lampioane. Odată a meșterit o sanie cu pânze ca să studieze legile aerodinamice. Deși era surd, când lucra, fredona vreo melodie. A scris chiar și o lucrare dedicată muzicii: „Proveniența muzicii și esența ei”. Țiolkovski ducea o viață de ascet. Cheltuia mult pe cărți, aparate, instrumente, reactive, materiale, economisea pe mâncare chiar mai mult decât se cuvenea. Pentru cei din jur părea un om cu stranietăți, mai ales pentru faptul că nu participa la petreceri și nu consuma băuturi alcoolice. A parcurs de sine stătător programa gimnazială și parțial cea universitară, lucru care i-a deschis calea spre învățământ, ușurându-i mult viața. La început dădea lecții particulare de fizică și matematică. Mai apoi a obținut funcția de profesor în localitatea Borovsk, unde preda aritmetica și geometria. Îi plăcea să compună probleme interesante pentru elevi, să efectueze experimente împreună cu aceștia.

Problemele științifice care îl preocupau țineau de astronomie și aeronautică, în mod deosebit cele ce se refereau la construcția de dirijabile și la zborurile cosmice. Se interesa de

fizica zborului păsărilor și insectelor. A construit primul tunel aerodinamic, cu ajutorul căruia a determinat rezistența pe care o opune aerul corpurilor în mișcare în funcție de profilurile acestora. Experimenta cu diferiți lubrifianți spre a obține combustibilul cel mai eficient pentru rachete. A fundamentat științific construcția dirijabilului metalic, a formulat legea mișcării rachetei (corpului cu masa variabilă), a determinat cea de a doua viteză cosmică care ar permite unei rachete să se deplaseze în spațiul interplanetar. A fundamentat posibilitatea zborului rachetei de pe estacadă, idee folosită ulterior de inginerii militari la construcția armelor militare „Katiușa” și rachetelor antigindină „Grad”. A enunțat și alte idei valoroase, cum ar fi racheta cu multe trepte, utilizarea unor ghidoane de gaz pentru dirijarea rachetei în spațiul fără aer, protejarea cosmonauților de suprasolicitări gravitaționale prin amplasarea lor în capsule cu lichid, asemănătoare cu placenta maternă, ascensorul cosmic, trenul cu pernă de aer, idei la care s-au raliat numeroși oameni de știință.

În 1887 a publicat prima sa carte științifico-fantastică, „*Pe Lună*”, în care încerca, prin prisma fizicii și chimiei, să reproducă starea reală de lucruri de pe „astrul nopții”. În 1903 publică lucrarea „*Explorarea spațiului cosmic cu ajutorul aparatelor reactive*”. Adevărurile emise de savant se răspândesc repede, învățătura lui filozofică devine una de mare perspectivă. Țiolkovski avea convingerea că știința și tehnica vor schimba cu desăvârșire fața Pământului și odată cu aceasta se va schimba spre bine și omul care va avea ambiția să se extindă în spațiu, la început în Sistemul nostru solar, apoi în alte sisteme planetare, utilizând în aceste scopuri asteroizii și Luna. Treptat, prin migrațiune, omenirea se va răspândi în întregul univers, idee net superioară celei de existență a civilizațiilor extraterestre. A scris peste 400 de lucrări, multe dintre care n-au ajuns la cititori. S-a stins din viață în 1939. Un crater de pe Lună și un asteroid (1590) îi poartă numele.

### 2. 3. Robert Hutchings GODDARD

Viitorul fizician și inventator american Robert Hutchings Goddard s-a născut în 1882 la Worcester, Massachusetts, SUA [Goddard (referitor la ~)]. De mic copil se interesa de știință. La vârsta de 5 ani rămâne uimit de experimentele părintelui său cu scânteile electrice din covoare, cu zborul zmeilor și al baloanelor pe care acesta le meșteșugărea. Lucrurile acestea i-au trezit băiatului interesul pentru știință. Ca să încurajeze acest interes, tatăl său i-a cumpărat un telescop și un microscop, l-a abonat la revista „America științifică”. La 16 ani Robert încearcă deja să construiască de unul singur un aerostat din aluminiu, dar suferă eșec, fapt care l-a mâhnit, dar nu l-a descurajat. De pe la acea vârstă s-a deprins ca totdeauna să învețe câte ceva din eșecuri. Mai târziu va spune că nu trebuie să ai alergie de la experimentele fără succes, fiindcă un experiment reușit vine după ce ai învățat mai multe lucruri din cele ratate. De la vârsta adolescenței a rămas captivat și de cartea lui Herbert G. Wells (1866 - 1946) „Războiul lumilor”. Odată s-a urcat într-un cireș să rupă niște crengi uscate, dar fiind sub impresia cărții lui Wells a rămas înțepenit în copac timp de câteva ore cu privirea ațintită spre orizont, imaginându-și cum ar putea rupe lanțurile gravitației și zbura spre planeta Marte. Savantul zicea mai târziu că s-a coborât din pom ca un alt om.



Robert H. Goddard.  
Foto wikipedia

Deși sănătatea îi era cam șubredă pentru că suferise de tuberculoză, dorința și voința lui de a învăța erau foarte mari. Îl interesau în mod deosebit aerodinamica, felul cum zboară păsările și ce le face să se mențină în aer, cum își dirijează ele zborul cu ajutorul cozii. S-a apucat să-l studieze pe Newton și îndată i-a devenit clar că zborul rachetelor se bazează pe

legea a treia a lui Newton. Și a mai înțeles că fără cunoașterea fizicii și a matematicii nu va izbuti nimic. A obținut diploma de licență în 1909, cea de masterat în 1910 și cea de doctorat în 1911. Teza de doctorat se referea la modalitățile de stabilizare a zborurilor avioanelor și rachetelor, aceasta tocmai în perioada când se construiau multe giroscopae. În 1913 tânărul cercetător avea deja făcute calculele rachetei, stabilite compoziția combustibilului și performanțele de viteză și înălțime care pot fi atinse. În multe privințe era înaintea specialiștilor germani din domeniu. Însetat de cunoștințe și avid de activitate practică, învățatul era totodată foarte exigent față de sine, nu își dezvăluia calculele sale teoretice până nu le verifica experimental. Deși trăia într-un mediu în care presa îi lua descoperirile și afirmațiile sale în derâdere, savantul își proteja creația prin brevete. Este autor a 214 brevete, unele dintre care erau adevărate pietre de hotar în dezvoltarea cosmonauticii, cum ar fi principiul funcționării rachetei cu multe trepte și compoziția combustibilului pentru rachete. A construit prima rachetă cu combustibil lichid. În perioada 1926 – 1941, împreună cu echipa sa a construit și a lansat 34 de rachete, unele dintre care au atins înălțimea de 2,6 km. Goddard este primul constructor care a utilizat giroscopae pentru stabilizarea eficientă a zborului rachetelor. El a venit, de asemenea, cu ideea instalării pe rachete a unor aparate meteorologice și a propus metoda de ghidare a rachetelor în spațiul fără aer cu ajutorul micromotoarelor cu ioni. Este recunoscut drept unul dintre părinții tehnicii rachetare. Ajuns în SUA, Werner von Braun a întrezărit în proiectele lui Goddard multe elemente utile, pe care le-a folosit în construcția de rachete moderne.

În viața de toate zilele învățatul evita publicitatea, nu răspundea la critici. Într-o lucrare a sa dovedea că racheta poate învinge câmpul gravitațional al Pământului și ajunge la Lună. Ziarul „The New York Times” i-a luat imediat în derâdere afirmațiile, spunând că ideea de a ajunge pe Lună este cea mai ridicolă idee pe care poate s-o enunțe un om de știință. Față de critici de acest gen savantul își formase „imunitate” având și un răspuns pregătit: „E greu să spui ce este imposibil, fiindcă visul de ieri devine azi speranță, iar mâine - realitate”. Dar să vedeți ironia sorții. Pe 17 iulie 1969, a doua zi după lansarea navei Apollo-11 spre Lună, ziarul cu pricina și-a cerut scuze de la cititorii săi, spunând că acum 49 de ani a indus publicul în eroare, căci dreptatea era de partea lui Goddard. În acele timpuri savantul enunțase și alte idei, care pe atunci păreau năstrușnice: bombardarea suprafeței Lunii în faza de lună nouă, când ea nu este iluminată de Soare, și urmărirea exploziilor care se produc acolo prin telescoape performante de pe Pământ pentru a studia atmosfera selenară; utilizarea vântului solar pentru a transmite mesaje către posibile civilizații cosmice. Goddard s-a stins din viață în 1945. Un crater de pe Lună îi poartă numele.

### 3. CONȘTIINȚA NOASTRĂ COSMICĂ MILENARĂ

Suntem îndreptățiți să ne revendicăm dreptul de civilizație cosmică și din motivul că avem o conștiință cosmică milenară. Strămoșii noștri, dacii, aveau o concepție teoretică și practică unitară despre spațiu și timp și chiar sub raport psihic și social ei au dat o dimensiune cosmică existenței noastre. Mărturie este și Sanctuarul de la Sarmizegetusa Regia, existent încă la anul 106 d. Hr., cu ajutorul căruia dacii „ascultau” „muzica sferelor”, despre care vorbeau anticii [Bobancu], [Sarmizegetusa], [Păun]. Tot ce a fost trecător s-a șters din memoria colectivă, Sarmizegetusa - nu. Acest Sanctuar este o dovadă vie că dacii se străduiau să trăiască în concordanță cu natura, să se sincronizeze cu universul, să-și asume ritmurile acestuia. „Astfel sunteți și



Sanctuarul (calendarul) dacic Sarmizegetusa Regia. Foto wikipedia

voi, o daci! / Știți voi ce vreți, să coborâți vreți cerul / Spre a-l amesteca în visul vostru [...]. Noi ducem nava poporului nostru [...] După o stea ce printre muri pătrunde / După o stea ceterm rămâne-n loc” („Decebal”, v. 2, pag. 305). Cultul înălțimilor, al zenitului, anume de la ei ni se trage. Locuitori ai munților, ei credeau că în zenit se proiectează umbra destinului lor. „Diodor, vezi tu zenitul de asupra ta? Este sufletul tău... ce este sufletul... este ființa unui înger înamorată într-o formă” („Casiodor”, ms. 2255, f. 204). Bolta cea albastră a cerului era și palatul regelui dac Decebal: „Apără cerul... el încredințatu-i / Că bolta cea albastră e palatu-i” („Decebal”, v. 2, p. 304). Și zeii romanilor, alți strămoși ai noștri, sălășluiau în înaltul cerului. „În zenit stau zeii Romei în auritele lor strai” („Memento mori”, v. 1, p. 299). Direcția mișcării - spre o civilizație cosmică - imprimată de daci și romani ne stăpânește. Prin aceasta strămoșii ne-au înscris pe veci în „Clubul Cosmic” și ne-au lăsat ca moștenire Răbojul Anilor Cosmici. Caracterul astronomic al mărimilor cu care operau strămoșii noștri se confirmă și prin denumirile piscurilor de munți pe care ei le stăpâneau: Caraiman – Omul Ceresc, Călimanul – Omul Cerului [Dumitriu 1991, p. 30]. Astfel, încă din vechime „Noi suntem azvârlți în înălțime. Numai această înălțime deschide o profunzime” [Paleologu-Matta 2007, p. 169]. Mărturie în acest sens ne servesc și Mănăstirea de la Argeș, unde meșterul Manole a pus aripi năzuințelor noastre de a zbura în înaltul cerului, și biserica de la Voroneț, cu vestitul ei „albastru de Voroneț” care îndeamnă omul să privească mai des la cer, precum și multe alte lucruri. Peste 20 de corpuri cerești poartă nume ale unor mari personalități ale culturii române [Amiral Vasile Urseanu], lucru care demonstrează că suntem un neam de căutători și născocitori, calități ce ne caracterizează.

Și românii de pe meleagurile Basarabiei sunt fascinați de esențe, de ceea ce exprimă în profunzime ceva fenomenal, și ei escaladează porțile neștiutului încercând să pătrundă dincolo de știut și să sporească „corola de minuni a lumii”. Urme ale dacilor profunzi legate, posibil, de observări ale cerului au fost descoperite și în Basarabia, la Orheiul Vechi, de către arheologul Ion Hâncu [Hâncu].

În 1908 astronomul basarabean **Nicolae Donici** (1874 - 1956), strănepot al fabulistului Alexandru Donici, și-a construit la conacul său din Dubăsarii Vechi un observator astronomic dotat cu instrumente performante pe acele timpuri, despre care știa întreaga Basarabie [Donici (referitor la ~)]. În anii 1918 -1944 astronomul a locuit și a efectuat cercetări atât la observatorul său astronomic din Dubăsarii Vechi, cât și la cel din București. În iunie 1936 a condus o expediție românească în Turcia pentru studiul unei eclipse totale de Soare. S-a remarcat ca specialist cu renume în domeniul fizicii Soarelui, al cromosferei astrului. El a făcut observații detaliate în timpul a opt eclipse de Soare și opt eclipse de Lună, în diferite părți ale lumii. De asemenea, îl interesau problemele astrofizicii, studia planetele, a stabilit că planeta Mercur nu are atmosferă, a făcut observații detaliate asupra planetei Saturn și cometei Halley, în anul trecerii acesteia la periheliu (1910). A măsurat lumina zodiacală (provocată de reflexia razelor solare de către praful cosmic interplanetar) în Egipt (1908) și în Algeria (1947-1952). Nicolae Donici a fost membru de Onoare al Academiei Române, membru al Uniunii Internaționale pentru Studiul Soarelui și al Uniunii Astronomice Internaționale (UAI), membru al societăților astronomice din România, Rusia, Germania și Franța. După război, din cauza regimului comunist, s-a văzut nevoit să emigreze în Franța. Acolo a lucrat un timp la Observatorul Astronomic de la Meudon, unde în prezent activează românul de origine armeană Zadig Mouradian, specialist în domeniul fizicii Soarelui (ca și Donici!), (membru al colegiului de redacție al revistei noastre „Fizica și tehnologiile moderne” FTM). Drept recunoștință pentru promovarea cunoștințelor astronomice în lume și pentru contribuțiile aduse la fondarea Uniunii Astronomice Internaționale, la inițiativa dnei Magda Stavinschi, de origine basarabeană, directorul Observatorului Astronomic din București (și membru al colegiului de redacție al revistei FTM), UAI a atribuit asteroidului cu numărul 9494 numele Nicolae Donici.



În Basarabia, la Slobozia Mare, s-a născut la 18 ianuarie 1932 și a copilărit ilustrul matematician și astronom al Universității de Stat „M.V. Lomonosov” din Moscova prof. Eugeniu Grebenicov, Doctor Honoris Causa al Universității Tehnice a Moldovei, savantul care primul „a făcut pârtii” în cosmos pentru sateliții artificiali ai Pământului elaborând o metodă originală de calcul al orbitelor sateliților. La evenimentul despre care este vorba [Holban, 2012] a fost prezent și domnia sa. Numele astronomului basarabean Grebenicov îl poartă asteroidul cu numărul 4268.

#### 4. MUNTELE COSMIC SACRU AL NOSTRU

Pentru noi Muntele Cosmic Sacru este **Mihai Eminescu** (1850 –1889), personalitate inconfundabilă a culturii românești. Intrarea noastră în circuitul internațional de valori spirituale se face prin Eminescu, Poet, în ale cărui scrieri se întrezărește un sistem filozofic bine încheiat al omului cu conștiință cosmică [Holban 2003]. „*Cerurile noastre sunt cele ale lui Eminescu*” [Drăgănescu 1990, p.174]. „*Poezia lui Eminescu este în primul rând un spectacol cosmic, pe care nimeni nu l-a imitat*” [Streinu 1943, p. 132 – 133]. „*În toată opera lui Eminescu, vom afla imaginea ascensiunii cosmice*” [Simion 1991, v. 2, p. 600], „*vom simți „setea de spații astrale*” [Simion 1991, v.2, p. 600]. Pe lângă o cultură poetică aleasă, Eminescu mai are și stofă de savant - este inteligent, ager la minte, curios din fire, are spirit de observație, o privire globală, privește la lucruri din nebănuite unghiuri, le vede multidimensional, spectral, holografic. Privind problema existenței Omului dintr-un unghi sideral, poetul și-a dat seama că soarta omenirii este indispensabil legată de cea a Universului, că „*omul e legat ombilical de cosmos*” [Pogorilovschi, p. 178]. „*În cer întotdeauna / Urmăm al nostru mers, / Ca soarele și luna / Rotind în univers*” („Cu pânzele-atârinate”, v. 1, p. 601). Că Omul este o ființă a infinitului, o esență cosmică: „*fiul cerului albastru*” („Kamadeva”, v. 1, p. 199). Și că acolo, în cer, se rezolvă problemele cele mari ale Omului: „*Ții minte, oare, când te-ntrebai / Ce este omul? Ce-i omenirea, / Ce-i adevărul? Dumnezeuirea? / Și tu la nouri îmi arătai?*” („Amicului F. I.”, ms. 2259, f. 7 v - 9 v); „*Doresc ca să intru cu luna / În dome de nouri, ce pier -- / Doresc cu popoare de stele / Să merg drumul mare din cer*” („Eco”, v. 1, p. 264). De la cer numai se așteaptă mântuirea Neamului Omenesc: „*Nu vă dați feciori voinici / Că ceriul ne-a ajutat*” („Lirica populară”, „Cătănie, armată”, v. 2, p. 543). Deși legat implacabil de pământ, omul eminescian aude în permanență Glasul cerului, care îl cheamă spre împlinirea dorinței sale de dăinuire: „*Numai muzica din sfere, / Izvorând de sus te cheamă...*” („Glossă”, variantă).

Eminescu „*împământenește*” în viața omului cerul, îl „*umanizează*” („*domesticește*”), îl face „*de apucat cu mâna*” (cort, pahar răsturnat ...): „*a cerimei întins cor*” („Memento mori”, v. 1, p. 313); „*Pahar nalt îmi părea cerul răsturnat deasupra noastră*” („Câte nopți eu cugetat-am”); îl face să se comporte ca omul: „*Stele rare din tărie cad ca picuri de argint, / Și seninul cer albastru mândru lacrimile-l prind*” („Călin. File din poveste”, v. 1, p. 96). Lucruri ce țin de o veche tradiție a poporului român de armonizare a omului cu Lumea. Biserica de la Voroneț, cu vestitul ei „albastru de Voroneț”, și mica bisericuță a părinților Poetului de la Ipotești, cu bolta albastră înstelată, pot servi drept exemple în această privință. Aceste două mici icoane ale Tărâmului Veșniciei, peste care Omul eminescian visează să se facă stăpân, „*dovedesc înțelegerea timpurie a omului că destinul lui propriu nu poate fi limpezit decât în legătură cu marele tot*” [Dumitrescu, p. 39]. Prin umanizarea naturii omul își sporește puterile și își lărgeste sfera de cuprindere a ontologiei sale. Concomitent, Eminescu „*cosmosizează*” omul, proiectează ființa umană și fenomenele terestre pe ecrane cosmice: „*Se face stea și iarăși se avântă / În cerul nalt, în roiul luminos.*” („Fata-n grădina de aur”, v. 1, p. 421); pune în capul și în inima eroilor scrierilor sale „*foc ceresc*” („Geniu pustiu”, v. 2, p. 18). În cele din

urmă, Omul eminescian schimbă lumea la nivel cosmic, face să asculte de el stelele: „*Se suie-n vârful de munte, o stea din cer coboară -- / O stea, vultur de aur, cu-aripile de foc, / Pe ea sezând călare, în infinit el zboară*” („Povestea magului călător în stele”, v. 1, p. 330).

Astfel, unind organic finitul cu infinitul, Eminescu dă sens dialectic și cosmic existenței umane și arată ținta clară spre care trebuie să se miște Omenirea - căutarea în Univers a spațiului și a timpului protector (aurorii lui Platon): „*Astfel miile de secole cu vieți, gândiri o mie, / Adormite și bătrâne s-adâncesc în vecinicie / Și din urmă din izvoare timpuri răcori și clari răsari*” („Memento mori”, v.1, p. 295); „*Și din păhare nalte bea auroră / Cu spume de nori albi*” („Demonism”, v. 1, p. 253). Psihismul ascendent este cel mai eficient remediu de a-l rupe pe om din condițiile efemerului, de aceea, Eminescu îndeamnă cititorii săi să încerce neasemuita „bucurie a cerului” („Henrieta de Serrey” de Armand de Lagniau, v. 4, p.613), numită de Vladimir Streinu „leacul cosmic”: „*Înălțimile albastre / Pleacă zarea lor pe dealuri, / Arătând privirii noastre / Stele-n ceruri, stele-n valuri*” („Lasă-ți lumea...”, v. 1, p. 184); „*-- Eu mor, de n-oi vede seninul, cerul, / De n-oi privi nemărginirea vastă*” („Fata-n grădina de aur”, v. 1, p. 419); „*Și gâtul ăstui înger ar vrea ca să-l cuprindă, / Cu el să zboare-n țara steloasă și întinsă*” („Povestea magului călător în stele”, v. 1, p. 320); „*Mor pentru pământ, ca să trăiască în ceri*” („Geniu pustiu”, v. 2, p. 13); „*pentru sufletul meu / Nu-i loc aicea, ci numai-n stele*” („Amicului F. I., v. 1, p. 57). „*Chip stelar planând în înălțimi*” [Paleologu-Matta 2007, p. 89] și „*părtaș cu nemărginirea / La sfat de taină*” [Lesnea 1991, v.2, p. 508], Eminescu spune că „*acei care sunt certați cu cerul*” sunt certați „*și cu ei înșiși*” („*Dacă polemica noastră...*”, v. 7, p. 223), ei nu au conștiință cosmică și astfel e spus totul: „*ei, care nu cred în nimic pentru că n-au conștiință, nu se tem de pedeapsa cerului*” („*Românul*” nu se sfiește...”, v. 7, p. 129).

În semn de recunoștință pentru promovarea unei statornice prietenii a Omului cu Cerul, astronomii au dat numele Eminescu unui asteroid (9495) și unui crater de pe Mercur. „*Ți-i cu stele scris numele pe boltă. / C-ai iubit adânc viitorul lumii. / Peste toți din plin ai făcut să-ți curgă / Cântecul veșnic*” [Lesnea 1991, v. 2, p. 508].

## 5. REFLEXIE A GÂNDIRII EMINESCIENE ÎN OPERELE CREATORILOR ROMÂNI

Ideile lui Eminescu privind dimensiunea cosmică a Omului și-au găsit reflectare în lucrările multor scriitori, pictori, sculptori, compozitori români.

Printre primii oameni de creație care au izbutit să-l egaleze pe Eminescu în privința imitației cerului se numără **Constantin Brâncuși** [Daba]. Rostul sculpturilor sale artistul îl vedea în „*a aduce esența cosmică a materiei într-o existență actual vizibilă*”, astfel ca inimile oamenilor „*să vibreze simțind legile naturii*” [Pogorilovschi, p. 167]. „*Eu nu doresc să reprezint în sculpturile mele făpturi terestre*” [Crăciun M. 1992, p. 44], „*nu amănuntul creează opera, ci ceea ce este esențial*” [Crăciun M. 1992, p. 62]. Opera lui Brâncuși, aidoma celei a lui Eminescu și a lui Enescu, este pe cât de națională, pe atât de universală, căci este profund umană și de aceea pe înțelesul oamenilor de pretutindeni. Brâncuși este sculptorul care nu s-a limitat la imitarea unor imagini, ci a căutat să pătrundă în spiritul universal al lucrurilor, să redea echilibrul absolut al acestora, care este perfectă expresie a frumosului [Crăciun M. 1992, p. 84]. Brâncuși, ca și Eminescu, era înfrățit cu natura, stătea de vorbă cu ea: „*Eu nu dau niciodată prima lovitură până când piatra nu mi-a spus ce trebuie să fac*” [Crăciun M. 1992, p. 117], de aceea sculpturile sale au proprietatea de a vorbi în timp. Semnificativ pentru opera brâncușiană, ca și pentru cea eminesciană și cea enesciană, este faptul că ea are o structură simfonică (în mod deosebit *Coloana fără sfârșit*, *Oul primordial*, simbol al unității materiei și al spiritului), finitul și infinitul, începutul și sfârșitul se îmbie

(cheamă), se unesc, se contopesc, și una holografică (cu precădere complexul arhitectural de la Târgu-Jiu, *Coloana fără de sfârșit*), partea vorbește despre întreg și întregul despre parte (cum ar fi, imaginea întregului în seria infinită a indivizilor și viceversa).

Dintre sculpturile lui Brâncuși se evidențiază *Coloana fără sfârșit*, o adevărată sinteză creatoare a „gândirii carpatice” [Pogorilovschi, p. 50 - 52]: balada *Miorița*, poemul *Luceafărul*, teoria undulațiunii universale a filozofului Vasile Conta (1845 - 1882). Pentru Brâncuși, ca și pentru Eminescu, totul din jur tinde să se înalțe spre cer, spre „poarta naltă de la templul unde secolii se torc -- /.../ cu stâlpi nalți suiți în stele” („Memento mori” , v. 1, p. 274). Vestita sa lucrare sculptorului a conceput-o ca pe o Axă a Lumii (stâlp al casei, de data aceasta universale), care sprijină Cerul și face cu putință comunicarea dintre Cer și Pământ [Crăciun M. 1992, p. 79], [Pogorilovschi, p. 50 - 52]. Cu elemente profund naționale (ca cele ale



*Coloana fără sfârșit.*  
Sculptură de Constantin Brâncuși.  
Foto: wikipedia

stâlpului casei de la Hobița, ale răbojului), *Coloana fără sfârșit* conține și multe elemente universale (forme romboedrice, nesfârșite clepsidre, simboluri ale migrației spre noi târâmuri), pe înțelesul oamenilor de pe toate meridianele. Expresie a infinității lumii, ea are menirea „să aducă esența cosmică a materiei într-o existență actual vizibilă” [Pogorilovschi, p. 167], să prezinte „infinitul redus la scara omului” [Pogorilovschi, p. 51], infinitul, târâmul veșniciei, peste care Omul eminescian dorește să se facă stăpân. Ea reprezintă „infinita dezvoltare a materiei în spațiu și timp cuprinzând în miezul ei miracolul vieții”, „relația om-cosmicitate” [Pogorilovschi, p. 50], „sensul și perspectivele existenței” [Pogorilovschi, p. 84 - 90], lanțul „perpetuării speciei umane” [Pogorilovschi, p. 117], „năzuința omului spre cosmos” [Pogorilovschi, p. 52], căutarea „rânduiei și certitudinii cosmice” [Pogorilovschi, p. 30], integrarea omului în Marele Tot [Pogorilovschi, p. 132]. Totodată, ea este și un simbol al strădaniei de autodepășire, al aspirației spre perfecțiune, al dorului de înalt, al setei de absolut [Pogorilovschi, p. 53], veșnicele doruri românești, simbol al gândirii care se eliberează de contingent și se înalță spre piscurile cu orizont larg ale filozofiei [Pogorilovschi, p. 49], lucruri ce conferă omului sentimentul putinței, al încrederii în sine, al înfrățirii cu natura [Pogorilovschi, p. 53]. *Coloana fără sfârșit* ar putea fi privită și ca o înălțare a naturii de la viața neorganică la cea organică, și ca o evoluție a unui univers pulsatoriu în timp. Asteroidul nr. 6429 poartă numele Brâncuși.

Dorința eroilor eminescieni de a se identifica cu nemărginirea, cu setea lor de absolut și-a găsit formulări plastice deosebite și în creația pictorului basarabean **Aurel David** [Vrabie, p. 73]. Pictorul a citit opera eminesciană altfel decât cei de până la el și a înțeles lucrurile cu mult mai adânc. Originale în această privință sunt tablourile pictorului „*Eminescu – Arbore*” și „*Plugarul Universului*” [Vrabie, p. 311]. „*Eminescu proiectat în Univers – asta mi-a fost revelația*”, se destăinuia pictorul [Vrabie, p. 81]. Pictorul l-a surprins pe Poet vizând izbăvirea Omului într-o dinamică ascensională: „*Tulpina, crengile și ramurile copacului hărțuit de vânt, conturând profilul Poetului proiectat pe înaltul cerului*” [Vrabie, p. 88].

Copacul cosmic al pictorului Aurel David exprimă viața uranică a verticalului vegetal (este vorba de un stejar longeviv [Vrabie, p. 86]), care cu fiecare floare aspiră dăinuirea. Aflat pe Piscul Pierzaniei și angajat în lupta pentru viațuire cu agresivitatea timpului distructiv (bătut de vânturile sorții), Copacul metaforic ni-



*Arborele Eminescu.*  
Pictură de Aurel David

l arată pe Omul cu moralitate cosmică (pe Poet), rămânând neclintit pe pedestalul dăinuirii, risipindu-și doar frunzele veștede ale neputinței. Alt tablou al pictorului, „*Plugarul Universului*”, ce simbolizează misiunea și vocația creatoare a omului eminescian – „*dorul de nemărginire și setea de absolut*” [Vrabie, p. 64] -- de asemenea relevă faptul că Omul poate dăinui numai muncind (ținându-se de coarnele plugului) și parcurgând spirala cosmică (arcurile de curcubeie) a cunoștințelor.

Gândurile eminesciene referitoare la esența cosmică a omului și-au găsit ecou și în creația ilustrului nostru compozitor **Eugen Doga**, autor al muzicii la multe filme, care i-au dus faima pe toate meridianele Terrei. Muzica lui Doga, aidoma poeziei lui Eminescu, este pe cât de națională, pe atât de universală, pe cât de terestră, pe atât de cosmică. Creațiile muzicale și teoretizările sale filozofice sunt în mare măsură axate pe teme cosmice, pe participarea omului la eternul cânt al lumilor cosmice: „*Ador libertatea, spațiile infinite, înălțimea. [...] Această stare de înălțime m-a urmărit mereu. Mi se părea că alerg tot timpul după Soare. Pentru mine Soarele era mereu în urcuș, luminos, arzător. Privirile și toate speranțele mele se orientau spre punctul cel mai înalt de pe boltă, spre zenit, dar acest apogeu însă nu mi-a fost dat să-l văd... Ce mâini trebuie să ai ca să ajungi la acest zenit?!*” [Doga, 2007, p. 255]. „*Decenii la rând am mângâiat clapele, am vrăjit sunetele, tentat de a mă conecta la orga întregului univers...*” [Doga, 2007, p. 255]. Aceste mărturisiri ale compozitorului parcă ar coborî din Cerul eminescian: „*C-un univers deasupra-i și-n el c-un univers*” („Gelozie”, v. 1, p. 618). Lumea sublimului, eternului, divinului eminescian devine și Lumea lui Doga. „*Voi să aud un cântec frumos, sublim, ceresc*” („Mira”, v. 2, p. 256). Prin muzică, compozitorul caută să-l apropie pe om de Creatorul Lumii. Referindu-se la actul de creare a muzicii la baletul „*Lucașfăruș*”, compozitorul se destăinuie: „*Cine mă conducea? Cine îmi dicta această muzică? Nu știu*” [Doga, 2007, p. 246]; „*Cu regret, în tinerețe, noi negăm, ignorăm fenomenul presimțirii, dar nu procedăm corect, pentru că multe lucruri ne sunt șoptite de acolo, din ceruri, dar noi ne prefacem că nu le auzim...*” [Doga, 2007, p. 252]; „*Probabil, stau niște îngeri acolo Sus, cu notele în față și-mi trimit uneori niște intonații, niște motive muzicale pentru a mă scăpa de necazuri. Cred că nu numai cu mine se întâmplă așa ceva...*” [Doga, 2007, p. 251].

Aidoma lui Eminescu prin poezie, Doga prin intermediul muzicii, îl cheamă pe om în cosmos: „*Haideți să ne facem o lume din sunete, lumină și flori, să urcăm mai sus de cer, spre aștri, spre lucefieri, spre infinit*” [Doga, 2007, p. 251]. Nu este întâmplător faptul că numele compozitorului basarabean Doga îl poartă asteroidul cu numărul 10504 [Doga, asteroidul].

## 6. CONȘTIENTIZAREA ROLULUI ȘTIINȚEI ÎN SOCIETATE

Viața omenirii este determinată în mare măsură de știință. Doar știința poate să găsească cheile spre tainele Lumii, să elucideze misterele necunoscutului, să formuleze principiile întemeietoare și unificatoare ale Lumii, să așeze cunoștințele obținute în grăunțe de adevăr - formule, legi, teorii, pentru a fi mai ușor însușite. Știința este forța care-l face pe om atotputernic, ea este acel punct de sprijin arhimedian cu ajutorul căruia o societate depășește starea de neputință. Știința nu are sfârșit, pătrunzând adânc într-un mister, ea caută să înțeleagă care alte mistere îl țin pe acesta, apoi caută să le înțeleagă și pe acelea, și tot așa. Astfel că, în căutarea adevărului suprem, oamenii de știință nu au astâmpăr, explorează mereu terenuri nedestelenite pentru a-și subordona forțele infinite ale naturii. Astăzi e de neconceput un viitor al omenirii fără o dezvoltare adecvată a științelor, în primul rând, a celor fundamentale (inclusiv cosmonautica) care formează concepțiile noastre despre lume. Numai

o tehnică bazată pe științele fundamentale este în stare să convertească imposibilul în posibil, să facă din „a voi” „a putea”.

Poporul nostru încă de timpuriu a conștientizat rolul științei în progresul societății. Pentru marele nostru cărturar **Dimitrie Cantemir** (1673 – 1723), „știința făclia adevărului este” [Cantemir 1973, p. 117]. „Din neștiință, zicea Eminescu, nu rezultă decât neștiință – nimic; căci de veți multiplica nula cu oricâte vorbe deșarte, n-o să iasă decât vorbă lungă fără rost” („În vederea alegerilor...”, v. 6, p. 581). Iar „cine nu știe nimic nu are nimic” („Câteva numere consecutive...”, v. 6, p. 210). *Ca să progreseze, omul trebuie „să aibă la dispozițiunea sa imperiul cel vast al științei și lumina cea curată a criticii filozofice”* („O scriere critică”, v. 5, p. 11). Superioritatea omului față de alte vietăți constă în faptul că el a ajuns la conștiința identității între progresul lumii și procesul logic al gândirii lui proprii care cuprinde în sine și dialectica cosmică. „După produsele sale științifice și literare, zicea Eminescu, se cântărește valoarea vieții unui popor pe pământ.” („În numărul de la 26 mai...”, v. 6, p. 574). „Un popor, căruia îi este silă de orice muncă științifică, al cărui prisos de inteligență se consumă în lucrarea desigur cea mai ușoară a minții omenești, în suduituri sau ridicare în cer a guvernanților săi, nu poate fi numit un popor inteligent” (Ms. 2258, v. 3, p. 80). Pentru Gânditorul de la Ipotești, într-o societate totul trebuie să se întemeieze „pe știință” (Ms. 2264, v. 8, p. 631). Au viitor numai societățile care-și bazează activitatea pe rezultatele științei: „Societatea doctă, rezemându-se pe demonstrația științifică și pe armele pozitivismului” ([„Gambetta în știință și politică...”, v. 7, p. 209). O obligație a statului este să păstreze și să sporească comoara științifică acumulată de generațiile precedente, „apoi s-o încredințeze generațiilor moștenitoare” („Prelegerile dlui T. Maiorescu”, v. 7, p. 168 ).

## 7. SIMBIOZA ȘTIINȚEI ȘI CULTURII

Istoria științei demonstrează că, în căutarea adevărului suprem și scrutarea orizonturilor de dincolo de limitele știutului, cercetătorii aflați în avanposturile științei se transformă în poeți (oameni de artă), în romantici incurabili: „Eu rămân ce-am fost: romantic” („Eu nu cred nici în Iehova”, v. 1, p. 494). În sensul maximei libertăți creatoare, căci puterea creatoare a imaginației poetice (artistice) o întrece pe cea a omului de știință propriu-zisă [Dumitriu 1991, p. 207 - 208]. Totodată, romantismul pune în acțiune simțurile în probleme strict științifice [Kosmodemeanski 1969, p. 190] și conține în sine o putere înnobilitoare (Konstantin Paustovski) [Kosmodemeanski 1969, p. 92], care nu-i permite omului să fie mincinos, fricos, incult, brutal: „un fantast nobil cu un simțământ adânc de drept și adevăr” („Lanțul de aur”, de Onkel Adam, v. 4, p. 595). „Nivelul civilizației se determină de știință și de artă” [Poincare 1983, p. 281].



Cărturarul.  
Sculptură de Tudor Cataragă.  
Foto Mugur Grigoriță

*Aleea Cosmonauților* de la Universitatea Tehnică a Moldovei (UTM) ar putea fi numită și *Aleea Plugurilor Cosmice*. Ea se cere a fi o continuare logică a *Aleii Plugurilor Tereștri*, dar nu înainte de a trece prin *Piața Culturii*, în jurul căreia sunt amplasate mai multe sculpturi, printre care și cea a *Cărturarului*, creată de reputatul sculptor **Tudor Cataragă** (1956 – 2010) și executată din piatră de Cosăuți, ca dovadă că la UTM se încearcă o întrepătrundere, o intercondiționare dialectică a inovației și tradiției. Aceste statui au menirea de a îndemna cercetătorii la revalorificarea momentelor tradiționale ale științei și culturii în lumina actualității și epocii. Ideea creării unui

asemenea parc e binevenită, căci orice nouă achiziție a științei ajunge la publicul larg numai dacă este retopită în creuzetul culturii. Doar în felul acesta știința devine un element indispensabil al culturii generale. Rectorul UTM și oamenii care-l înconjoară vor să facă astfel ca artele plastice, muzica, poezia (cuvintele rostite frumos) să fie elemente indispensabile ale sălilor de curs ale Universității, așa cum acestea servesc în locașurile sfinte. Cursurile vor deveni astfel adevărate predici rostite din amvonul științei. „*Învățații sunt preoții științei, cei culți sunt obștea credincioșilor*” (Ms. 2255, f. 217). În felul acesta cunoștințele se vor răspândi mai repede, iar Universitatea va aduna în jurul său tot mai mulți „enoriași”.

Literatura și artele sunt adevărate izvoare de inspirație creatoare, ele au darul de a ascuți spiritul de observație, de a trezi fantezia, de a face faptul cotidian să se înalțe mai sus de ceea ce e obișnuit și firesc. Prin procedee artistice savantul poate trece mai ușor hotarele necunoscutului, poate reduce necunoscutul la cunoscut și a-l explica prin acesta, el poate deplasa noțiunea de firesc din convenție terestră în una mai largă, cosmică. Prin intermediul culturii, noțiunile, ideile științifice migrează mai ușor dintr-un domeniu în altul. Pentru a atinge esențele ultime, cercetătorii se conduc deseori de legile artelor, ale esteticii. „*Noi acceptăm cu dragă inimă numai acele legi fizice care sunt elegante*”, zicea Einstein [Wigner 1971, p. 190]. Eminescu era și mai precis în exprimare: „*chemarea esteticeii*” (Ms. 9/1/[1873]) („Fragmentarium” 1981, p. 91). S-a constatat că simțul frumosului are funcția de descoperire, drept dovadă în acest sens ne poate servi descoperirea pozitronului de către Paul Dirac (1902 - 1984), iar ulterior al altor antiparticule [Feynman 1968, p.57]. Pot fi aduse multe alte exemple în care literatura și artele au impulsionat cercetările. Astfel literatura și artele îi ajută pe cercetătorii științifici să presimtă locurile unde se află vinele aurifere ale cunoașterii: „*Știința nu este singura cale de acces la adevăr, formele acestuia sunt și dragostea, și poezia, și credința, și visul...*” (F. Alquite) [Paleologu-Matta 2007, p. 21]. Ce e profund, mai zic savanții, nu poate să nu fie și adevărat, și frumos, și moral. Spiritul culturii influențează benefic gândirea cercetătorului, trezește în conștiința lui necesitatea formei finisate în care trebuie turnată gândirea, iar simțul limbii îi dă putința de a distinge contextele posibile de cele inadmisibile.

Prin „aroma lor poetică”, literatura și artele înlesnesc transmiterea și recepționarea mai completă și mai eficientă a informației intelectuale. Cunoștințele se însușesc mai lesne dacă sunt proiectate pe pânza culturii, unde ele pot fi privite și analizate din multe și inedite puncte de vedere. Astfel, ele îl ajută pe învățacel să iasă mai repede la luminișul viziunilor universale, să-și întrească viziunea asupra lumii și, prin aceasta, asupra domeniului propriu. A le transmite studenților fiorul cosmogonic eminescian, bunăoară, înseamnă a-i îndemna să schimbe o lume irațională în existența și așezarea ei cu una rațională. Literatura și artele au și privilegiul de a forma conștiința națiunii; prin intermediul acestora studenții pot fi educați mai ușor în spiritul culturii umaniste, orientați spre sentimente frumoase și idei înălțătoare. Important este ca viitorul specialist să nu devină un captiv al domeniului său.

Astăzi cultura generală înglobează tot mai mult și mai mult fenomenul științific (tehnic), de aceea știința (tehnica) și cultura (artele, literatura) trebuie să interacționeze cât mai frecvent, să coexiste. „*În viitor, zicea academicianul Drăgănescu, creația artistică și tehnologică vor fuziona*” [Drăgănescu 1990, p.157]. De aceea, scriitorii, pictorii, sculptorii, compozitorii nu trebuie ținuti departe de știință, ci trebuie puși (la propriu și la figurat) să muncească împreună cu oamenii de știință, aceste două categorii de oameni au nevoie unii de alții. Simbioza științei cu cultura își găsește rostul la UTM. Conducerea UTM a organizat pe teritoriul Universității un parc-muzeu, unde străzile științei și cele ale culturii se intersectează, se suprapun, se condiționează. Profesorii își propun să îmbine în educație înalta specializare științifică (tehnică) cu largul interes pentru restul culturii omenești, să furnizeze studenților o canava culturală solidă, pe care gândirea lor să lucreze eficient, făcându-i astfel chiar la

început de cale să creadă în puternicia științei și să se încreadă în puterile proprii. Cosmonauții, acești „plugari cosmici”, cu deprinderile lor de a „pătrunde impenetrabilul”, de a „cântări imponderabilul” și de a „cuceri teritoriul inefabilului (inexprimabilului)”, iată că au venit la timp la UTM.

## 8. ÎNĂLȚAREA SPRE CER PRIN POMUL CUNOȘTIINȚELOR

Adevărata înălțare a omului spre cer o poate face Pomul Cunoștințelor - știința și cultura. Se impun în istorie numai popoarele care au un Pom al Cunoștințelor viguros, creat prin operele înaintașilor acestuia. Și poporul român are un Pom al Cunoștințelor măreț, la baza căruia stau creațiile lui Eminescu, Creangă, Alecsandri, Sadoveanu, Enescu, Brâncuși, Blaga, Coandă, Palade, Noica, Iorga, Grigorescu, Vieru, David, Grecu, Doga, Eliade, Vangheli ... doar câteva nume luate la întâmplare. În acest Pom al Cunoștințelor se întrevăd cel mai bine relațiile adânci dintre știință și cultură: „*Pe pomul cunoștinței care crește din pământul spiritului național, știința se poate compara cu acele intime puteri agente, cari sugând și alăptând scot sucurile din adâncimile izvorătoare și-l trimit modificat în toate ramurile; trunchiul și rădăcinile sunt purtătorii conștienței ai științei, învățații; viața firească, văzută frumoasă și mirositoare în frunze, flori și fructe, este cultura generală care răsare din cele precese*” (Ms. 2255, f. 218, „Cultură și știință”, v. 2, p. 397). Odată ce vectorul vieții este îndreptat spre eternitate, Omul este dator să urce în Pomul Cunoștințelor. Menirea școlii tocmai în aceasta constă - în a-l ajuta pe elev, student, masterand, doctorand să urce în Pomul Cunoștințelor cât mai sus. Când Creangă, de exemplu, urcă copilul în copacul cu cireșe al copilăriei sale, în realitate el îndeamnă copiii să urce în Pomul Cunoștințelor. Numai cel care se alimentează la Pomul Cunoștințelor este în stare să-și pună în slujbă „stihiiile naturii” (pământul, apa, aerul și focul, în viziunea filozofilor antici), precum Harap-Alb care și i-a ales de prieteni în viață pe Flămânzilă (cel care stăpânește „pământul”), pe Sătilă (cel care stăpânește „apa”), pe Păsări-Lăți-Lungilă (cel care stăpânește „aerul”), pe Gerilă (cel care stăpânește „focul”) și pe Ochilă (Ochiul Rațiunii). Pomul Cunoștințelor (tot el Axa Lumii, Pomul Vieții al Zeului Odin, venerat de Eminescu) este unicul în stare să unească cele două niveluri de existență ale omului, teluric și celest. Urcarea în Pomul Cunoștințelor este prezentată de Eminescu în „Memento mori” (v. 1, p. 274, 291, 392) ca o urcare treptată, progresivă, pe Muntele Cunoștințelor, „*jumătate-n lume – jumătate-n infinit*”, urcare până la „*poarta solară*”, „*poarta naltă de la templul unde secolii se torc*”, ce desparte Cunoscutul de Necunoscut, simbolizat prin „*negre stânci*”, dincolo de care se află Vârful Cosmic, „Cogaionul lui Zamolxe” (cu lăcașul Zeilor), de pe care se deschid orizonturile infinite ale Atotștiutorului. Cine dorește să afle dezlegarea misterului Lumii și al vieții trebuie să evadeze în cunoaștere, să urce pe Muntele Cunoștințelor până la cele mai înalte piscuri.

De ce este necesar ca învățătura să-și ia seva din matca științei? Fiindcă viitorilor specialiști trebuie să li se cultive o atitudine științifică față de problemele pe care le au de rezolvat, să li se inoculeze gândul că reprezentările lor despre lume sunt în continuă mișcare și modificare și că acestea sunt formate, în primul rând, de științele fundamentale (inclusiv astrofizica și cosmonautica), la care vor trebui să apeleze frecvent. Iată de ce pentru instituțiile de învățământ superior este atât de importantă problema alegerii temelor de cercetare, pentru ca acestea să fie de perspectivă, de un real folos pentru societate, de învățatură pentru toată lumea și, totodată, atrăgătoare pentru învățăcei, pentru ca pe baza lor să poată fi desfășurat un proces amplu de învățământ și de educație. Pregătirea universitară presupune educarea unor specialiști cu bune cunoștințe teoretice și practice, cu imaginație creatoare, cu o perfectă disciplină în gândire, cu o înaltă rigoare în muncă, care să aibă curiozitatea și interesul de a săpa mai adânc și mai exact în solul științei decât predecesorii lor. Specialiști atenți la rânduiala timpului și receptivi la înnoirile vremii. Educația trebuie să urmărească și

dezvoltarea personalității, formarea unor specialiști onești și generoși, pătrunși de înaltul simț al responsabilității și moralității. În această privință avem încă mult de lucru. Germania, bunăoară, pregătește anual circa 30 de doctori în științe la 100 000 de populație, pe când noi doar 6 [Canțer & Holban].

## BIBLIOGRAFIE

- Bobancu Șerban, Samoilă Cornel, Poenaru Emil.** *Calendarul de la Sarmizegetusa Regia*. Editura Academiei R. S. România, București, 1980, 190 p.
- Большман Людвиг (Boltzmann Ludwig).** *Статьи и речи*. Наука, Москва, 1970, 406 p.
- Brâncuși Constantin** (referitor la ~). [http://ro.wikipedia.org/wiki/Constantin\\_Brâncuși](http://ro.wikipedia.org/wiki/Constantin_Brâncuși) 09.11.2012 17:25 .
- Bringsvaerd Tor Age.** *Odin – Zeul chior*. Ed. Aarhus, Cluj-Napoca, 2001, 272 p.
- Cantemir Dimitrie.** *Istoria ieroglifică*. Ed. Cartea Moldovenească, Chișinău, 1973, 395 p.
- Canțer Valeriu, Holban Ion.** “Pregătirea cadrelor științifice în Republica Moldova în perioada 1993 – 2011 în oglinda datelor statistice”, in: *Materialele Conferinței Internaționale Științifico-Practice „Creșterea economică în condițiile globalizării”*. IEFS al AȘM, Chișinău, 18 – 19 octombrie 2012.
- Caragiale Ion Luca**, în cartea: *Eminescu. Un veac de nemurire*, v.1, Ed. Minerva, București, 1990.
- Călinescu George**, în cartea: *Eminescu. Un veac de nemurire*, v.2. Ed. Minerva București, 1991.
- Costin Miron.** *Letopisețul Țării Moldovei*, Ed. Hyperion, Chișinău, 1990, 637 p.
- Crăciun Matei.** *Brâncuși -- simbolismul hylesic*. Ed. EDINTER, 1992, 151 p.
- Culbertson Frank** (referitor la ~). [http://en.wikipedia.org/wiki/Frank\\_L.\\_Culbertson,\\_Jr.:](http://en.wikipedia.org/wiki/Frank_L._Culbertson,_Jr.) 06.04.2012 12:05 .
- Daba Dumitru.** *În căutarea lui Brâncuși*, Facla, Timișoara, 1989, 251 p.
- Dejurov V. N. 1** (referitor la ~). [http://ru.wikipedia.org/wiki/Дежуров,\\_Владимир\\_Николаевич](http://ru.wikipedia.org/wiki/Дежуров,_Владимир_Николаевич); 06.04.2012 2:09
- Dejurov V. N. 2** (referitor la ~). [http://www.astronaut.ru/as\\_rusia/vvs/text/dezhurov.htm?reload\\_coo...;](http://www.astronaut.ru/as_rusia/vvs/text/dezhurov.htm?reload_coo...) 06.04.2012 12:12
- Diaconescu Mihail. *Istorie și valori (Studii, comunicări, eseuri, articole)*. Ed. Ministerului de Interne, București, 1994, 512 p.
- Doga Eugen.** *Compozitor, academician*, Ed. Știința, Chișinău, 2007, 414 p.
- Doga** (referitor la asteroid). <https://sites.google.com/site/malaaplanetadoga/> 14.11.2012 16:37
- Donici Nicolae** (referitor la ~). [http://ro.wikipedia.org/wiki/Nicolae\\_Donici](http://ro.wikipedia.org/wiki/Nicolae_Donici) 15.11.2012 11:10
- Drăgănescu Mihai.** *Informația materiei*, Editura Academiei Române, București, 1990, 254 p.
- Druță Ion.** *Scrieri*, v. 1, Ed. Literatura Artistică, Chișinău, 1989, 534 p.
- Dumitrescu Ion.** *Metafora mării în poezia lui Eminescu*, Ed. Minerva, București, 1972, 354 p.
- Dumitriu Anton.** *Retrospective*, Editura Tehnică, București, 1991, 248 p.
- Eminescu Mihai.** *Fragmentarium* (Ediție după manuscrise, cu variante, note, addenda și indici de Magdalena D. Vatamaniuc). Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1981, 814 p.
- Eminescu Mihai.** *Publicistică*, Ed. Cartea Moldovenească, Chișinău, 1990, 572 p.
- Eminescu.** *Un veac de nemurire*, v.2. Ed. Minerva, București, 1991.
- Eminescu Mihai.** *Poezii inedite*, Ediție de Petru Creția, Ed. Universitas, Chișinău, 1992, 135 p.
- Eminescu Mihai.** *Opere*, v.1 – 8, Ed. Gunivas, Chișinău, 2001.



- Фейнман Ричард (Feynman Richard).** *Характер физических законов*, Мир, Москва, 1968, 232 p.
- Galilei Galileo.** *Dialoguri asupra științelor noi*, Editura Academiei RPR, București, 1961, 459p.
- Gavrilă Lucian.** *Viața – un experiment nesfârșit*, Ed. Albatros, București, 1995, 304 p.
- Goddard Robert** (referitor la ~). [http://en.wikipedia.org/wiki/Robert\\_H.Goddard](http://en.wikipedia.org/wiki/Robert_H.Goddard); 06.04.2012 15:16.
- Grecu Mihai**, Ed. Uniunii Scriitorilor, Chișinău, 1997, 100 p.
- Hamangia** (referitor la ~). [http://ro.wikipedia.org/wiki/Cultura\\_Hamangia](http://ro.wikipedia.org/wiki/Cultura_Hamangia) 15.11.2012 11:10.
- Hâncu Ion**, ”Construcțiile monumentale de la Orheiul Vechi” (p. 14 – 19), în cartea *Orheiul Vechi*, Ruxanda, Chișinău, 1999, 72 p.
- Holban Ion.** „Diamantul Nordului (dialog cu scriitorul norvegian Erling Scholler)”, *Glasul Națiunii*, nr. 5 – 8 (378 -381), 10.03.1999 – 28.04.1999.
- Holban Ion.** „Eminescu cu viză de reședință în Norvegia”, *Literatura și Arta*, nr. 11 (3003), 13 martie 2003.
- Holban Ion.** „Sistemul filozofic eminescian”, *Literatura și Arta*, 16 ianuarie 2003; *Fizica și tehnologiile moderne*, v. 1, nr. 3, 2003, p. 51 – 55; *Cygnus*, Suceava, 2005.
- Holban Ion.** „Omul-legendă Eugeniu Grebenicov”, in: *Fizica și tehnologiile moderne*, v. 10, nr. 1 – 2, 2012.
- Космодемьянский А.А. (Kosmodemianski A. A.)** *Теоретическая механика и современная техника*. Просвещение, Москва, 1969, 256 с.
- Космодемьянский А.А. (Kosmodemianski A. A.)** *Константин Эдуардович Циолковский*, Наука, Москва, 1976, 296 p.
- Lesnea George**, în cartea: *Eminescu. Un veac de nemurire*. v.2, Ed. Minerva, București, 1991.
- Muscă Annie.** *Biografia unui cosmonaut*, Adevărul, București, 2012, 302 p.
- Observatorul Astronomic Amiral Vasile Urseanu.** <http://www.astro-urseanu.ro/romanipecer.html> 29.11.2011 13:57 .
- Oberth Hermann** (referitor la ~). [http://ro.wikipedia.org/wiki/Hermann\\_Oberth](http://ro.wikipedia.org/wiki/Hermann_Oberth); 06.04.2012 14:58 .
- Paleologu-Matta Svetlana.** *Eminescu și abisul ontologic*, Ed. Augusta, Timișoara, 2007, 314 p.
- Păsat Dumitru** (alcătuitor). *Omul și asteroidul Grebenicov*. Ed. Pontos, Chișinău, 2008, 159 p.
- Păun Silvia.** *O paralelă: Sarmizegetusa – Stonehenge*.
- Perpessicius**, în cartea *Eminescu. Un veac de nemurire*, v.2, Ed. Minerva, București, 1991.
- Petrescu Ioana Em.** *Eminescu. Modele cosmologice și viziune poetică*. Ed. Minerva, București, 1978, 253 p.
- Pogorilovschi Ion.** *Ansamblul sculptural Brâncuși de la Târgul-Jiu*, Ed. Junimea, Iași, 1976, 402 p.
- Пуанкаре Анри (Poincare Henry).** *О науке*, Наука, Москва, 1983, 560 с.
- Prunariu Dumitru Dorin** (referitor la ~). [http://ro.wikipedia.org/wiki/Dumitru\\_Prunariu](http://ro.wikipedia.org/wiki/Dumitru_Prunariu); 06.04.2012 12:04 .
- Sarmizegetusa Regia.** [http://ro.wikipedia.org/wiki/Sarmizegetusa\\_Regia](http://ro.wikipedia.org/wiki/Sarmizegetusa_Regia); 06.04.2012 16:05 .
- Simion Eugen**, în cartea: *Eminescu. Un veac de nemurire*, v. 2. Ed. Minerva, București, 1991.
- Streinu Vladimir.** *Clasicii noștri*, București, 1943, p. 132 – 133.
- Streinu Vladimir 1991**, în cartea: *Eminescu. Un veac de nemurire*. v.2. Ed. Minerva, București, 1991.
- Салливан У. (Sullivan Walter).** *Мы не одни*. Мир, Москва, 1967, 384 p.

Țiolkovski K. E. (referitor la ~).

[http://ru.wikipedia.org/wiki/Циолковский\\_Константин\\_Эдуардович](http://ru.wikipedia.org/wiki/Циолковский_Константин_Эдуардович) 04.10.2012 10:47 .

Vaida Mircea 1991, în cartea: *Eminescu. Un veac de nemurire*. v.2. Ed. Minerva, București, 1991.

Vrabie Gheorghe. *Aurel David, timpul, artistul și opera*, Ed. Cartea Moldovei, Chișinău, 2004, 115 p.

Вигнер Е. (Wigner Eugene) *Этюды о симметрии*, Мир, Москва, 1971, 318 p.

*Primit la redacție: 17 noiembrie 2012*

### **SOLSTIȚIUL DE IARNĂ 2012 ȘI CALENDARUL MAYA**

Ștefan D. Tiron

În fiecare an, la 21 sau 22 decembrie, în emisfera nordică a Pământului, Soarele este la amiază la cea mai mică înălțime deasupra orizontului. Aceasta este ziua solstițiului de iarnă, ziua cea mai scurtă din an. La Chișinău, Soarele în această zi nu urcă pe cer mai sus de aproximativ 20 de grade. În anul curent, 2012, solstițiul de iarnă are loc în ziua de 21 decembrie. În emisfera sudică, în acest moment este solstițiul de vară, Soarele la prânz fiind la înălțimea maximă pe cer.

De fapt, din punct de vedere astronomic, ziua solstițiului de iarnă este prima zi de iarnă. De acum înainte Soarele pe zi ce trece va urca tot mai sus pe cer la amiază, iar durata zilei va crește treptat. Interpretarea acestui eveniment astronomic a variat pe parcursul istoriei de la o cultură la alta. Cele mai multe culturi din emisfera nordică au asociat cu el conceptul renașterii, care implică sărbători, festivaluri, ritualuri și alte manifestări desfășurate în jurul zilei de solstițiu.

Spre deosebire de alți ani, solstițiul de iarnă din acest an este așteptat de mulți oameni cu un sentiment de teamă, inspirată în mare măsură de unele publicații și web-site-uri care asociază ziua de 21 decembrie 2012 cu presupusele profeții ale civilizației Maya privind “sfârșitul lumii”. Este vorba de calendarul folosit de către una din cele mai enigmatice civilizații din America centrală în perioada precolumbiană (anii 250 – 900 d. Hr.). În realitate, conform calendarului Maya, la 21 decembrie a.c. nu se sfârșește timpul (calendarul), ci se încheie un mare ciclu de 5125 de ani, egal cu 13 baktuni (1 baktun = 144 000 zile = 394 ani), după care va începe o nouă eră. Mayașii într-adevăr credeau că trecerea de la un ciclu la altul poate fi însoțită de transformări fizice și spirituale, însă în scrierile Maya, cum afirmă cercetătorii, nu se regăsesc predicții referitoare la cataclisme sau calamități care să pună în pericol civilizația secolului XXI. Cu toate acestea, se vehiculează diverse scenarii apocaliptice, de la ciocnirea Pământului cu planeta inexistentă Nibiru la inversarea polilor magnetici (foarte puțin probabilă în următoarele câteva milenii și care în general nu cauzează nici o daună vieții pe Pământ) sau alinierea planetelor (care de altfel are efecte neglijabile și nici nu se va întâmpla la 21 decembrie, ci în următoarele decenii). Oamenii de știință consideră că nu există nici o dovadă credibilă pentru afirmațiile referitoare la dezastre sau fenomene neobișnuite care ar urma să se întâmple la solstițiul de iarnă 2012.

## ISTORIA DESCOPERIRII PRINCIPALELOR FENOMENE TERMOELECTRICE

Michail A. KORZHUEV, Igor V. KATIN

*Institutul de Metalurgie și Studiu al Materialelor „A.A Baikov”  
al Academiei de Științe din Rusia, Laboratorul de Materiale Semiconductoare  
119991, Moscova, Leninskii prospect 49, E-mail: [korzhuev@ultra.imet.ac.ru](mailto:korzhuev@ultra.imet.ac.ru)*

**Rezumat.** Este prezentată o analiză euristică a descoperirii principalelor fenomene termoelectrice și fenomene înrudite în diverse materiale. Metoda de analiză include clasificarea fenomenelor după natura lor și mărimea efectelor observate, după timpul descoperirii și sensibilitatea instrumentelor de măsură utilizate. Este examinată detaliat descoperirea piroelectricității în turmalină (F. Aepinus, 1756), a polarizării spontane a termoelectreților (J. Wilcke, 1758), a t.e.m. termoelectrice a elementelor galvanice (A. Volta, 1784) și a t.e.m. termoelectrice a metalelor (Bi, Sb) (T. Seebeck, 1821). Se demonstrează că în multe cazuri succesiunea descoperirii fenomenelor termoelectrice satisface cunoscuta regulă empirică: “efectul mai puternic ca mărime este descoperit înaintea celui mai slab”. Se discută problemele privind prioritatea descoperirii diverselor fenomene termoelectrice din vremurile străvechi până la Seebeck.

**Резюме.** Дан эвристический анализ последовательности открытия основных термоэлектрических и родственными им явлений в различных материалах. Метод анализа включал классификацию явлений по их природе и величине наблюдавшихся эффектов, времени обнаружения и чувствительности использованных измерительных приборов. Подробно рассмотрено открытие пирозлектричества в турмалине (Ф. Эпинус, 1756 г.), спонтанной поляризации термо-электретов (И. Вильке, 1758 г.), термо-э.д.с. гальванических элементов (А. Вольта, 1784 г.) и термо-э.д.с. металлов (Bi, Sb) (Т. Зеебек, 1821 г.). Показано, что во многих случаях последовательность открытия термоэлектрических явлений удовлетворяет известному эмпирическому правилу – «больший по величине эффект обнаруживается раньше меньшего». Обсуждаются вопросы приоритета открытия различных термоэлектрических явлений в период с древнейших времен до Зеебека.

### INTRODUCERE

În 1821 T. Seebeck (fig. 1) a observat apariția câmpului magnetic  $H$  în interiorul circuitului închis al unui termocuplu Bi/Cu la încălzirea cu mâna sau cu candela a uneia din joncțiunile acestuia (fig. 2, 3) [1, 2]. Seebeck a denumit efectul descoperit de el *termomagnetism* prin analogie cu fenomenul *electromagnetismului*, descoperit cu un an înainte de către H. Oersted (fig. 4) în experimentul cu acul magnetic (fig. 5) [3, 4]. Această descoperire l-a impresionat pe Seebeck atât de puternic, încât la început el a refuzat să o publice și a procedat la verificarea efectului sub toate aspectele [2]. În același timp Seebeck l-a informat în mod privat despre descoperirea pe Oersted care a repetat cercetările și a demonstrat că acul magnetic deviază sub acțiunea câmpului magnetic  $H$  al curentului electric  $I$ , care apare în circuitul închis al termocuplului ca urmare a încălzirii neuniforme a joncțiunilor lui [5, 6]. Oersted a propus și o altă denumire, mai exactă după părerea sa, a efectului Seebeck (ES) – *termoelectricitate* (TE) (în limba greacă *thermos* înseamnă fierbinte, iar *electron* - chihlimbar), care s-a încetățenit în fizică ca un termen de specialitate ce se

referea la început doar la o singură categorie de medii termoelectrice active (MTEA) – conductoare de speța I (metale și semimetale) (TE = ES) [4-5].<sup>1</sup>



Fig.1. T. Seebeck (1770-1831) [7].

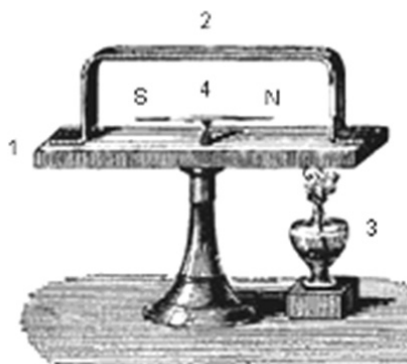
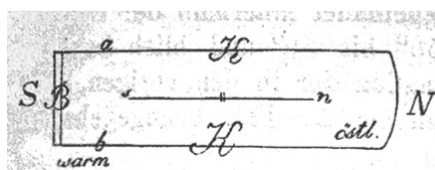
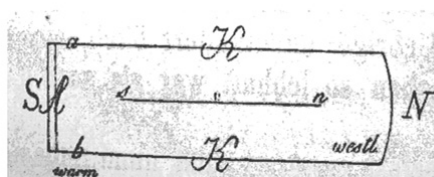


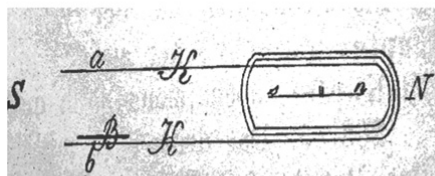
Fig. 2. Instalația lui Seebeck pentru observarea TE în metale (1821) 1-placă (Bi); 2- scoabă (Cu); 3-lampadă; 4- ac magnetic [7].



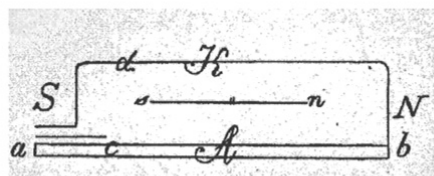
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 3. Schemele originale ale diferitelor experiențe ale lui Seebeck pentru studierea fenomenelor termoelectrice în termocupluri (a - c). Ramurile termocuplurilor: K – Cu; A – Sb; B – Bi; N și S – nordul și sudul geografic; s-n – acul magnetic [2].

Cu timpul, noțiunea fizică de TE s-a lărgit considerabil și s-a extins asupra fenomenelor înrudite cu ES (efectele J. Peltier, 1834, W. Thomson, 1856, K. Benedix, 1916 ș.a.) [3, 7, 8]. În calitate de conductoare de curent electric, pe lângă metale și semimetale, au început să fie considerate, de asemenea, semiconductoarele solide și lichide, gazele (plasma), electroliții solizi și lichizi, conductoarele supraionice (conductoare de speța II), precum și metalele feromagnetice și dielectricii cu spinii ordonați ș.a. [9,10]. În prezent, noțiunea fizică de

<sup>1</sup> Seebeck, folosind dreptul său de autor, până la sfârșitul vieții numea *termomagnetism* fenomenul descoperit de el [3, 4].

termoelectricitate cuprinde “un grup de fenomene fizice cauzate de existența unei legături între procesele termice și electrice în conductoarele de curent electric” [9].

Cu toate acestea, în virtutea tradiției istorice, definiția “fizică” contemporană a TE [9] nu include în categoria fenomenelor TE procesele chimice însoțite de modificarea compoziției (inclusiv în elementele galvanice),

precum și procesele pur fizice, înrudite cu TE, care au loc în dielectricii polari – piroelectrici și seignetto-electrici (efectele electretic, piroelectric și electrocaloric) [9, 11]. Pe de altă parte, în electrochimie termenul „termoelectricitate”, în virtutea aceleiași tradiții istorice, include toate procesele care au loc în conductoarele de speța I și II și la hotarele lor interfazice [12]. În obiectele biologice, unde rolul de MTEA îl au membranele celulelor, natura efectelor TE poate să se complice considerabil și să includă reacția sistemului nervos central și al celui periferic ale organismului la acțiunile termice [13].



Fig. 4. H.Ch. Oersted (1777 - 1851)

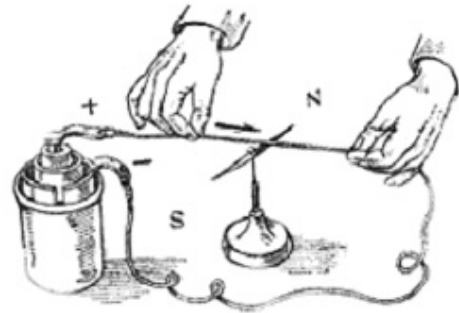


Fig. 5. Schema experienței lui Oersted demonstrând abaterea acului magnetic în apropierea unui conductor cu curent (1820).

Totodată, prin etimologia sa termenul TE are o interpretare și mai largă [7]. În sensul său larg, noțiunea de TE include totalitatea tuturor fenomenelor naturale din diverse medii în care diferența de temperatură  $\Delta T$  generează în proba X polarizarea electrică  $P$ , tensiunea  $U$  și curentul  $I$ , precum și toate efectele inverse (dacă acestea există), când acțiunile electrice duc la variația temperaturii mostrei:

$$\Delta T \leftrightarrow X \leftrightarrow P(U, I). \quad (1)$$

Relația (1) reflectă natura universală a fenomenelor TE, legată de caracterul universal al legilor conservării sarcinilor electrice și a energiei [7,14]. Caracterul universal al legăturii dintre fenomenele termice și electrice a fost relevat pentru prima dată de către A. Volta, care considera că “electricitatea se manifestă pretutindeni în natură, la ardere, la vaporizare, la contactul dintre două corpuri eterogene etc.” [14].

Scopul prezentei lucrării este analiza euristică a descoperirii principalelor fenomene termoelectrice din vremurile străvechi până la Seebeck. La baza lucrării este pusă interpretarea extinsă a fenomenului de termoelectricitate (1), care permite considerarea tuturor fenomenelor TE în ansamblu, precum și compararea diverselor efecte TE cercetând particularitățile reacției electrice a MTEA la acțiunile termice.

## 1. CARACTERUL UNIVERSAL AL FENOMENELOR TERMOELECTRICE

Fenomenele termoelectrice (TE) pot fi legate de acțiunile termice asupra surselor de electricitate existente, sau asupra unui mediu inițial neutru din punct de vedere electric. În primul caz tensiunile TE efective sunt determinate de tensiunea  $U$  a sursei de electricitate, iar acțiunea termică joacă rolul unui „mecanism de declanșare” a procesului, care asigură redistribuirea sarcinii electrice în sistem. În acest caz, energia electrică  $W_e$  degajată în sistem, poate să depășească considerabil energia acțiunii termice  $W_T$  (randamentul efectiv  $\eta = W_e / W_T \gg 1$ ).

În al doilea caz are loc transformarea directă a energiei termice în energie electrică ( $\eta \leq 1$ ) și ia naștere tensiunea termoelectrică  $U = \alpha \cdot \Delta T$  care este determinată de diferența de temperatură  $\Delta T$  și de t.e.m. termoelectrică diferențială  $\alpha$  a mediului. Conform principiului de universalitate a fenomenelor TE, toate mediile fizice posedă o activitate termoelectrică care variază în limite largi în funcție de compoziția de fază a mediului și de condițiile exterioare (temperatură, presiune etc.). Cea mai mare activitate TE este caracteristică pentru dielectricii polari (piroelectrici, seignetto-electrici, termo-electreți) [11], precum și pentru conductoarele ionice și electronice. Valoarea t.e.m. termoelectrice diferențiale  $\alpha$  a mediului poate fi estimată aplicând legile conservării sarcinii electrice și a energiei. Egalând creșterea energiei electrice a purtătorului de sarcină ( $eU$ ) cu variația corespunzătoare a energiei lui termice ( $C\Delta T$ ), obținem relația fundamentală:

$$\alpha = U / \Delta T \sim C / e \quad (2)$$

care exprimă legătura dintre fenomenele electrice și termice în MTEA (aici  $C$  este căldura specifică a purtătorilor de sarcină,  $e$  este sarcina electrică) [15]. Substituind în (1) căldura specifică a ionilor  $C_i \sim 3k_0$  (aici  $T > T_D$ ,  $k_0$  este constanta lui Boltzmann,  $T_D$  – temperatura Debye) sau a electronilor:  $C_e \approx k_0^2 T / \eta_0$  (degenerare Fermi puternică) ori  $C_e \sim 3k_0/2$  (cazul nedegenerat), obținem valorile caracteristice ale t.e.m. termoelectrice diferențiale  $\alpha_i \sim 0,26$  mV/K pentru efectele TE „ionice” și  $\alpha_e \sim 0,13$  mV/K și 0,01 mV/K pentru efectele TE „electronice” în cazul nedegenerat și respectiv degenerat, valori care sunt în concordanță cu experimentul [10,15]. În cazul tranzițiilor de fază și în reacțiile chimice capacitatea calorică  $C$  a mediului poate să crească considerabil (anomaliile  $\lambda$  ale capacității calorice în tranzițiile de fază de speța II, anomaliile  $\delta$  ale capacității calorice în tranzițiile de fază de speța I și reacțiile chimice), fapt care duce la „amplificarea” corespunzătoare a efectelor TE pe seama fenomenelor critice. În prezent este cunoscut un mare număr de efecte TE de natură diferită, multe dintre care au fost descoperite încă în antichitatea îndepărtată [4,16,17].

## 2. TERMOELECTRICITATEA DESCOPERITĂ PÂNĂ LA SEEBECK

### 2.1. Abordarea euristică în analiza descoperirilor.

În conformitate cu principiile de bază ale euristicii contemporane (din greacă *heuristico* – „caut”, „descopăr”), procesul de descoperire a noilor fenomene fizice este întotdeauna unul complex și conține elemente cu caracter întâmplător [18]. Cu toate acestea, alte condiții fiind egale, descoperirile se fac, de obicei, în primul rând cu ajutorul obiectelor și materialelor celor mai cunoscute, accesibile, atrăgătoare și nevătmătoare pentru cercetători. De regulă, primele sunt descoperite efectele mai simple sau, alte condiții fiind egale, efectele

care sunt mai pronunțate [19, 20]. Succesiunea descoperirii principalelor efecte TE confirmă, în general, legitățile empirice menționate mai sus. Primele efecte TE simple au fost descoperite încă în antichitatea îndepărtată și erau legate de acțiunile termice asupra surselor de electricitate cunoscute. Mai târziu, în secolele XVII-XVIII au fost descoperite efecte TE mai complicate care au loc în MTEA inițial neutre din punct de vedere electric. În multe cazuri succesiunea descoperirii efectelor termoelectrice în MTEA satisfăcea cunoscuta regulă empirică: „efectul mai pronunțat ca mărime este descoperit înaintea celui mai slab”. Respectiv, efectele TE „ionice” mai pronunțate ca mărime au fost descoperite înaintea celor „electronice” mai slabe. Printre efectele TE „ionice”, în primul rând au fost descoperite efectele „amplificate” de reacțiile chimice și fenomenele critice.

## 2.2. EFECTELE ACȚIUNII TERMICE ASUPRA SURSELOR DE ELECTRICITATE.

Din timpurile străvechi și până la începutul secolului XVII în Europa erau cunoscute trei surse de electricitate – chihlimbarul frecat cu lână (Thales Miletus, 625-545 î.Hr.), cu  $U \sim 1-10$  V, (fig. 6), peștii electrici (calcane, țipari, Egiptul antic) cu  $U \sim 10^3$  V și atmosfera,  $U \sim 10^6$  V [4, 12, 16].<sup>2</sup> Metodele principale de cercetare științifică în această perioadă erau observarea vizuală, probarea prin „pipăit”, încercarea cu „apă” și „foc” [4,14,16]. În timpul încercării cu „foc” a fost descoperit primul dintre efectele TE cunoscutele – extragerea sarcinii electrice de pe chihlimbar cu ajutorul flăcării [4].<sup>3</sup> Acest efect a fost descris pentru prima dată de către W. Gilbert (1600, fig. 8) în monografia sa (fig. 9) [21].

Prioritatea descoperirii acestui efect i se atribuie și lui Thales Miletus, primul dintre europeni care a aflat de la fenicieni și egipteni despre proprietățile electrice ale chihlimbarului [4, 16 21].<sup>4</sup>



Fig. 6. Thales Miletus (~ 625 – 545 î.H.), primul care, posibil, a descoperit proprietățile conductive ale flăcării.



Fig. 7. Flacăra deschisă – unul dintre primele „instrumente” utilizate pentru studierea efectelor termoelectrice.

<sup>2</sup> Analiza noastră se referă la istoria dezvoltării științei în Europa.

<sup>3</sup> Etimologia termenului „termoelectricitate” poate fi interpretată și ca „încălzirea chihlimbarului”

<sup>4</sup> Informațiile sunt luate din surse bibliografice secundare. Originalele manuscriselor lui Thales Miletus nu s-au păstrat.



Fig.8. W. Gilbert (1544 - 1603).



Fig. 9. Cartea lui Gilbert, cu prima mențiune scrisă despre efectul înlăturării sarcinilor electrice de pe chihlimbar cu ajutorul flăcării [21].

Din timpuri străvechi se știa de asemenea că cu ajutorul căldurii se poate provoca descărcarea peștilor „electrici” (F. Redi a. 1666) [13,22]. Mai târziu L. Galvani (1773, fig. 10), apoi și Volta (fig.11) utilizau pe scară largă acțiunea termică pentru excitarea „electricității animalice” în nervii broaștelor (atingerea cu mâna și cu obiecte încălzite, introducerea broaștelor în apă fierbinte etc.) [22].



Fig.10. L. Galvani (1737 - 1798).



Fig.11. A. Volta (1745 - 1827).

Era cunoscută de asemenea și acțiunea flăcării asupra electricității atmosferice (incendiile naturale, „focurile parafulger” ale anticilor, B. Franklin, 1753) [4, 14]. Volta



(1757), dezvoltând lucrările lui Franklin, colecta sarcini electrice atmosferice cu ajutorul unei tije metalice conductoare, având la capăt fixată o lumânare aprinsă (fig.7) [14].

Academicianul Richman din Petersburg (fig. 12) care făcea cercetări la frontiera dintre electrofizică și termofizică a fost, probabil, unul dintre primii cercetători care a reușit să transfere sarcina electrică de pe dielectric pe metal cu ajutorul flăcării [23]. El scria: „Iunie, ziua a 30-a (1746). Cu o lumânare aprinsă am trecut electricitatea <de la electrofor> în masă, din masă în candelabru, din candelabru în flacără, din flacără în placa de fier ...” [23].

Richmann a fost, de asemenea, probabil primul cercetător care a descris polarizarea electrică spontană a termo-electreților la solidificare: „Iunie, ziua a 25-a (1746). Eu topeam corpuri care după răcire și solidificare, fiind protejate de umezeala aerului, au electricitate care se păstrează un timp îndelungat (de exemplu, în decursul unui an) (sulful obișnuit, ceara roșie, rășina sau sacâzul)” ([23], p. 244).

Richmann a murit tragic la 26 iulie (6 august) 1753 în urma unei descărcări de electricitate atmosferică, apropiindu-se la distanța de aproximativ 30 cm de aparatul de măsurat – „indicatorul electric” care nu era legat la pământ (fig.13). Una dintre cauzele probabile ale tragicului accident a putut fi străpungerea aerului rece provocată de respirația caldă și umedă a cercetătorului [23].

### 2.3. EFECTELE ÎN MTEA, ÎNIȚIAL NEUTRE DIN PUNCT DE VEDERE ELECTRIC

Succesor al lui G. V. Richmann la postul de conducător al cabinetului de fizică al Academiei de Științe din Petersburg, la recomandarea lui L. Euler, a devenit în 1757 F. Aepinus, cel care cu un an înainte a descoperit (Germania, 1756) fenomenul de *piroelectricitate* (din greacă *pir* - foc) în turmalină, un dielectric polar,  $(\text{Na, Ca})(\text{Mg, Fe, Li})_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}][\text{BO}_3]_3(\text{OH})_4$  ( $U \sim 1-100 \text{ V}$ ) [4, 24, 25].<sup>5</sup>

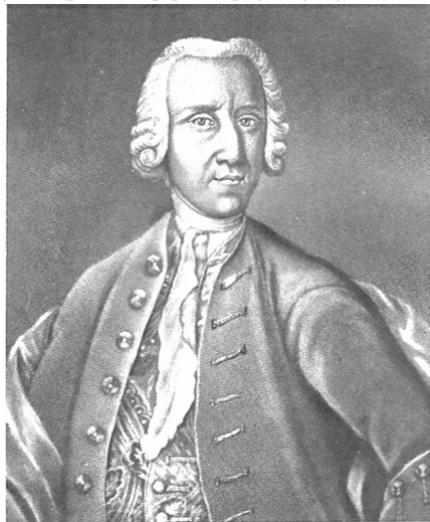


Fig.12. G.V. Richman (1711 - 1753) (gravura lui I. Shenglin și E.E. Fedoseev de pe portretul unui pictor necunoscut din secolul XVIII (Ermitajul de Stat)) [22].



Fig.13. Moartea lui Richman în urma unei descărcări electrice atmosferice. După gravura «Richmanns Todd», Germania, secolul XVIII.

<sup>5</sup> Proprietatea cristalelor de turmalină de a atrage praf și obiecte ușoare a fost observată pentru prima dată de către giuvaergii olandezi (1717), iar proprietatea similară la ceara roșie – de către lucrătorii poștei [4,16,24].

Discipolul lui Aepinus, J. Wilcke (fig.16), lucrând în Suedia (1758), a cercetat din nou fenomenul de polarizare spontană (elektricitas spontanea) a termo-electreților (sulfur, ceara roșie, rășina) la solidificare ( $U \sim 0,1 - 10 \text{ V}$ ) și a intrat în istoria fizicii ca primul care a descoperit acest fenomen [26-28].

Instrumentele științifice folosite de Aepinus, care se deosebeau printr-o construcție bine gândită și minuțios executată, sunt reprezentate în fig. 14 [24].<sup>6</sup> În fig. 15 este reprezentată și coperta cărții lui Aepinus despre turmalină [24], care i-a adus autorului un renume mondial.

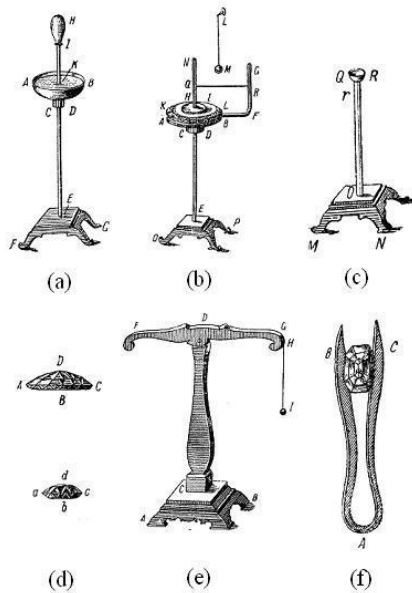


Fig.14. Instrumente științifice utilizate de Aepinus. a – dispozitiv pentru cercetarea rășinilor; b – dispozitiv pentru cercetarea efectului piroelectric în turmalină; c – suport pentru încălzirea cristalelor; d – cristale de turmalină; e – electrometru cu «boz»; f – pensetă dielectrică [24].

Descoperirile piroelectricilor și termo-electreților au avut o soartă diferită. Descoperirea termo-electreților de către Richmann (1746) și Wilcke (1758) s-a dovedit a fi „prematură” și a fost dată uitării pentru mult timp [26]. Termo-electreții au fost redescoperiți abia în 1922 de către M. Eguchi, care a reușit să sporească considerabil polarizarea  $P$  a rășinilor prin solidificarea lor în câmpuri electrice înalte (până la 10 kV) [2]. Descoperirea lui Aepinus, însă, s-a dovedit a fi una „oportună” și a avut o influență considerabilă asupra dezvoltării ulterioare a fizicii. Aepinus a reușit să atragă atenția savanților asupra studiului legăturii dintre



Fig.15. Cartea lui Aepinus despre turmalină, care a adus autorului un renume mondial [24].



Fig.16. Medalie cu imaginea lui J. Wilcke (1732-1796).

<sup>6</sup> Portretele și arhiva personală ale lui Aepinus nu au fost găsite. Este posibil ca acestea să fi fost distruse din considerente de secretizare în legătură cu activitatea savantului în calitate de codificator în Colegiul afacerilor externe pe timpurile împărătesei Ecaterina II [24,25].

fenomenele termice și electrice. „Încercarea cu focul” a devenit un instrument obligatoriu pentru fiecare cercetător [14,16]. Turmalina (în traducere din singaleză ”piatră magică multicoloră”) a devenit obiectul unui mare număr de lucrări științifice. În particular, înlocuirea acțiunii termice prin acțiunea mecanică i-a permis lui R. Gaii să descopere (1802) în turmalină fenomenul de piezoelectricitate [4]. Căutarea de noi piezoelectrice asemănători cu turmalina, au condus la descoperirea unui grup de cristale seignetto-electrice care posedă proprietăți piroelectrice la temperaturi mai joase de temperatura Curie ( $T < T_c$ ) (P. și J. Curie, 1880), (F. Pockels, 1894) [11].

A fost descoperit, de asemenea, un șir de efecte TE care însoțesc transformările de fază și reacțiile chimice [4,14,16]. Un exemplu referitor la efectele de tipul întâi este apariția sarcinii electrice negative (-) în vasul din care s-a evaporat apa prin fierbere (A. Lavoisier, P. Laplace și A. Volta 1778-1780) [14, 16]<sup>7</sup>. Un exemplu al efectelor de tipul al doilea este tensiunea termoelectrică descoperită de către Volta (1784) în elementul galvanic (EG) ( $X = M/E/M$ ,  $M = Fe$ ,  $E$  – electrolit având la bază apa) în experimentul cu broasca și sârma de fier încălzită neuniform [22]. Prezența sârmei de fier și diferența de temperatură  $\Delta T$  le-au permis unor autori să facă presupunerea că Volta în experimentul său ar fi descoperit fenomenul de termoelectricitate în metale înaintea lui Seebeck [3, 4, 8, 30-3]<sup>8</sup>.

### 3. DESPRE PRIORITATEA LUI SEEBECK ÎN DESCOPERIREA TERMOELECTRICITĂȚII ÎN METALE

M. Laue în cartea sa „Istoria fizicii” a remarcat o legitate unică pentru toate timpurile: “Este suficient ca un cercetător să publice o nouă descoperire esențială, pentru ca mai devreme sau mai târziu să apară persoane care își declară prioritatea lor sau prioritatea persoanelor terțe” [26]. Descoperirea lui Seebeck nu a fost o excepție de la această regulă generală. În calitate de pretendenți principali la descoperirea termoelectricității, pe lângă Volta [3, 4, 30-32], deseori sunt aduse și numele lui Aepinus [32], J. Ritter (fig. 17), Oersted, J. Fourier (fig. 18) și J. Schweigger (fig. 19) [17].



Fig.17. J. Ritter (1776 - 1810).



Fig.18. J. Fourier (1768 - 1830).

<sup>7</sup> Se consideră că sarcina negativă a suprafeței Pământului și sarcina pozitivă a atmosferei este legată de efectul de evaporare a apei.

<sup>8</sup> Această idee a fost enunțată pentru prima dată de către M. Liozzi, care în cartea sa a acordat o atenție deosebită lucrărilor fizicienilor italieni, multe dintre descoperirile cărora au fost pe nedrept uitate ([4], pag.263).

Întrucât diverse efecte TE erau cunoscute omenirii încă din antichitatea îndepărtată, pretențiile de descoperire a TE „înaintea lui Seebeck” nu se pot referi decât la descoperirea TE în metale. Din această cauză candidatura lui Aepinus care a descoperit piroelectricitatea în dielectricii polari trebuie exclusă din start (la fel ca și candidaturile lui Richmann și Wilcke care au descoperit termo-electreții). Candidatura lui Oersted ca primul care a descoperit TE în metale trebuie, probabil, și ea exclusă, deoarece însuși Oersted în publicațiile sale întotdeauna sublinia prioritatea lui Seebeck în această descoperire [5, 6]. Descoperirea TE în metale de către Fourier [6] nu poate fi considerată, probabil, decât o descoperire „concomitentă” cu Seebeck sau o descoperire „repetată” [19].

Problema priorității lui Volta (1784) în descoperirea TE a fost examinată de noi mai înainte [33, 34]. În fig. 20 este reprezentată dependența valorii tensiunii  $U$  de timpul descoperirii efectelor TE de către Aepinus, Wilcke, Volta și Seebeck. Din această figură se vede că tensiunile termoelectrice  $U$ , observate în experimentele lui Aepinus, Wilcke și Seebeck satisfac regula empirică: „efectul mai pronunțat ca mărime este descoperit înaintea celui mai slab” (dependența I, fig. 20). În experimentul lui Volta (1784) [29] într-adevăr se înregistra tensiunea generată de efectul Seebeck de volum, distribuit în sârma de fier  $U = \alpha \Delta T \leq 0.7 - 1 \text{ mV}$  ( $\alpha \sim 10 - 15 \mu\text{V/K}$ ,  $\Delta T \leq 70 \text{ K}$ ) (punctul 4, fig. 20). Această tensiune era mai mică decât tensiunea determinată de efectul de contact  $U = \alpha \Delta T \leq 5 - 10 \text{ mV}$  ( $\alpha \sim 50 \mu\text{V/K}$ ,  $\Delta T \leq 100 - 200 \text{ K}$ ), observat de către Seebeck în termocuplul Bi/Sb (1821) (punctul 5, fig. 20), și astfel regula empirică a euristicii menționată mai sus nu se respecta (dependența II).



Fig.19. Johann Schweigger (1779-1857), inventatorul galvanometrului magnetoelectric

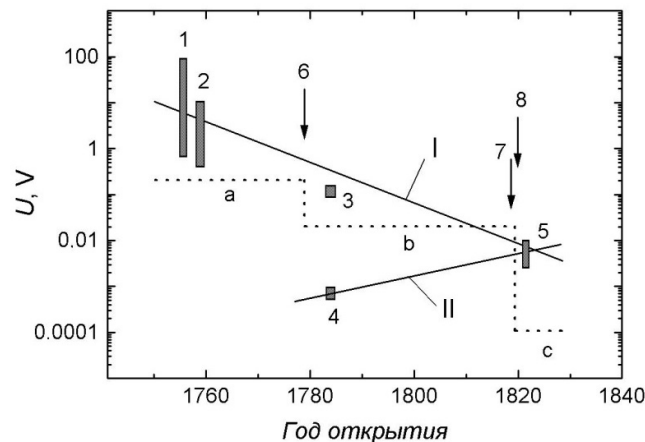


Fig.20. Tensiunea caracteristică  $U$  în raport cu timpul descoperirii efectelor TE. 1 – piroefectul în turmalină; efectul termoelectric în rășini; 3 – 4 – experiența lui Volta cu sârma de fier (3 – efectul galvanotermic  $E_{\text{GTE}}$  în celula Fe/H<sub>2</sub>O/Fe; 4 – efectul Seebeck de volum în sârma de fier); 5 – efectul Seebeck de contact în termocuplul Bi-Sb; 6 – Broasca lui Galvani; 7 – Acțiunea curentului asupra acului magnetic descoperită de Oersted; 8 – galvanometrul lui Schweigger. Pragul de sensibilitate al dispozitivelor de măsurat: a – electrometrul cu «boz» al lui Aepinus și electrometrul cu «pai» al lui Volta; b – nervii broaștei; c – acul magnetic. Tendințe euristice: I – «normală»; II – «inversă».

Neconcordanța trendurilor euristice (I și II, fig. 20) a dat posibilitate să se facă presupunerea că în experiența lui Volta [22] putea să acționeze o tensiune TE suplimentară mai mare, a cărei natură era diferită de natura tensiunii termoelectrice din metale [34]. În [33,34] noi am reprodus experimentul [22] și am demonstrat că efectul observat de Volta este într-adevăr unul complex (fig. 21).

Efectul total includea o tensiune mare galvano-termoelectrică ( $U_{GTE} = 0,114$  V) generată în celula Fe/H<sub>2</sub>O/F datorită dependenței potențialelor electrochimice ale electrozilor de temperatură (b, fig. 21) și o mică tensiune de semn opus, adăugată de efectul Seebeck de volum din sârma de fier ( $U_s \leq 1$  mV). Cele două tensiuni, precum și efectul rezultat  $U = (U_{GTE} - U_s) \approx U_{GTE}$  au fost măsurate de noi separat după schemele a-c din fig. 21 [33]. În același timp s-a constatat că tensiunea mică a efectului Seebeck din sârma de fier ( $U_s \leq 1$  mV) nu putea fi măsurată în mod principal de către Volta, dată fiind sensibilitatea de prag joasă a nervilor broaștei ( $\sim 35$  mV) (4, b, fig. 20) [33,34].

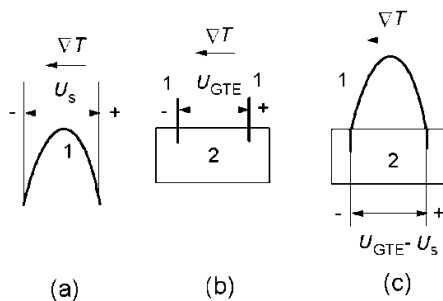


Fig.21. Tensiunile electrice efective în experiențele lui Volta cu broasca și sârma de fier [22] și metodele de măsurare ale lor; (a) – efectul lui Seebeck  $U_s$ , distribuit în sârma de fier; (b) – efectul galvanotermic  $U_{GTE}$  în celula Fe/H<sub>2</sub>O/Fe; (c) – efectul total; 1 – sârma de fier; 2 – electrolit pe bază de apă [33, 34].

Astfel, Volta în experimentul său [22] a descoperit o clasă importantă de efecte TE în EG. Mai târziu curenții termoelectrice în EG au fost observați și de către Ritter (a. 1798) și Snhneigger (a. 1840), care primii au stabilit natura electrochimică a acestor curenți [3, 4, 16]. Caracteristicile comparative ale efectelor TE ale lui Aepinus, Wilcke, Volta și Seebeck sunt reprezentate în tabelul 1. Toate efectele TE (tab. 1) au un caracter individual foarte pronunțat și se deosebesc prin natura lor, tensiunea efectivă  $U$ , t.e.m. termoelectrice diferențială  $\alpha$ , caracterul curenților electrice  $I$  și al câmpurilor magnetice  $H$  care le însoșesc. Din tabelul 1 se observă că substituțiile MTEA  $D \rightarrow (M/E/M)$  și  $D \rightarrow M/M'$  în formula efectului Aepinus corespund trecerii formale de la piroelectrici și termo-electreți la TE în elemente galvanice (EG) și în metale (ES). În acest sens, Aepinus care a descoperit piroelectricitatea în turmalină poate fi considerat ca precursor al descoperirilor lui Volta și Seebeck (fig. 20) [17, 27, 33].

Efectele „ionice” și „iono-electronice” ale lui Aepinus, Wilcke și Volta au o valoare mai mare a tensiunii (tab. 2) și de aceea au fost descoperite în primul rând (fig. 20). Efectul TE Seebeck este de natură esențial „electronică” și are o valoare mică a tensiunii (tab.1) [15]. Pentru descoperirea lui erau necesare aparate de măsură sensibile. În figura 20 sunt indicate cu linii punctate estimările noastre privind pragul de sensibilitate al aparatelor electrice de măsurat, utilizate de cercetători în sec. XVIII și la începutul sec. XIX [2, 4, 22, 24]. Din fig. 20 se vede că descoperirea ES a devenit posibilă numai după descoperirea de către Oersted a acțiunii curentului electric asupra acului magnetic (1820) (4) [4], fapt care a dat posibilitatea de a mări considerabil sensibilitatea de prag a aparatelor electrice de măsurat (Schweigger, 1820) [4]. Descoperirea lui Seebeck a fost făcută în decursul unui an după descoperirea lui Oersted [7, 8, 5, fig. 20], fapt care atestă o dezvoltare intensă a electrofizicii în Europa în perioada istorică respectivă [4]<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Acțiunea curentului asupra acului magnetic a fost observată mai înainte și de către Romagnezi (1801), dar descoperirea lui a fost dată uitării [4].

Caracteristicile comparative ale efectelor termoelectrice ale lui Aepnius, Wilcke, Volta și Seebeck

Nr crt	Efectul, formula și caracteristicile	Câmpul termic	MTEA, medii termoelectrice active	Voltajul caracteristic și f.e.m.-termică $U, V$ ( $/\alpha/, \mu V/K$ )	Curentul electric, $I$	Câmpul magnetic, $H$
1	Piroelectric, Aepinus (1756) $dT \rightarrow D \rightarrow P, U$ (fizic, «ionic», «intensificat» de tranziția de fază seignetto-electrică virtuală)	Omogen	D- dielectricsi cristalini polari	$\leq 1-100$ ( $10^4-10^6$ )	Curent de scurtă durată datorat deplasării ionilor	De scurtă durată (la $I \neq 0$ )
2	Termoelectretic spontan, Wilcke (1758) $dT \rightarrow D \rightarrow P, U$ (fizic, «ionic», «intensificat» de tranziția de fază de topire)	Omogen	D- dielectricsi amorfii cu molecule polare	$\square 0.1-10$ ( $10^3-10^5$ )	Curent de scurtă durată datorat orientării dipolilor	De scurtă durată (la $I \neq 0$ )
3	Experiența lui Volta (1784) a) galvanotermic $dT \rightarrow (M/E/M) \rightarrow U, I$ (chimic, ionoelectric, «intensificat» de reacția chimică $M \rightarrow M'$ ); b) efectul Seebeck de volum*) $dT \rightarrow (M) \rightarrow U, I$ (fizic, «electronic»)	Ne-omogen	Elementul galvanic (Fe/E/Fe)  Metal (Fe)	$\sim 0.1$ ( $10^3$ )  0.001 (10)	Curenți constanți de ioni și electroni în circuitul EG	Câmp constant al curentului de ioni și electroni
4	Termoelectric al lui Seebeck (1821) $dT \rightarrow (M/M') \rightarrow U, I$ (fizic, «electronic», intensificat de tranziția de fază $M \rightarrow M'$ )	Ne-omogen	Bimetale (Bi/ Cu)	$\sim 0.001-0.01$ (80)	Curent constant al electronilor (contur închis)	Câmp constant al curentului de electroni

\*) Efectul nu a putut fi descoperit de către Volta din cauza sensibilității joase a nervilor braștei [33].

## 4. BAZELE ȘTIINȚIFICE ALE DESCOPERIRII TERMOELECTRICITĂȚII ÎN METALE

### 4. 1. PREDECESORII DIRECTI AI LUI SEEBECK.

În fig. 22 sunt reprezentate perioadele de viață ale predecesorilor imediați ai lui Seebeck care, în opinia noastră, au puzele bazele descoperirii efectelor TE în metale [17]. În fig. 22 sunt indicate cu săgeți momentele descoperirii diferitelor efecte TE de către cercetătorii menționați. Din fig. 22 se vede că predecesorii lui Seebeck au pregătit bazele științifice necesară pentru descoperirea termoelectricității în metale. Schema generală de observare a fenomenelor TE a fost elaborată de către Aepinus cu referire la dielectricsi (turmalină) (2, fig. 22) [24]. Trecerea de la dielectricsi la conductoare în cercetarea TE a fost

realizată de către Galvani și Volta (4, 5, fig. 22) [22], precum și de către Ritter și Schweigger (6, 7) care au cercetat t.e.m. termoelectrică în celulele electrochimice compuse din conductoare de speța I (metale) și electrolit lichid (conductor de speța II) [16,17]. Înlăturarea electrolitului din circuitul de măsurat și formarea cuplului electric de metale au fost realizate de către Volta (1795) în experimentul său cu discurile metalice (Cu și Zn) (fig. 23) [4, 13].

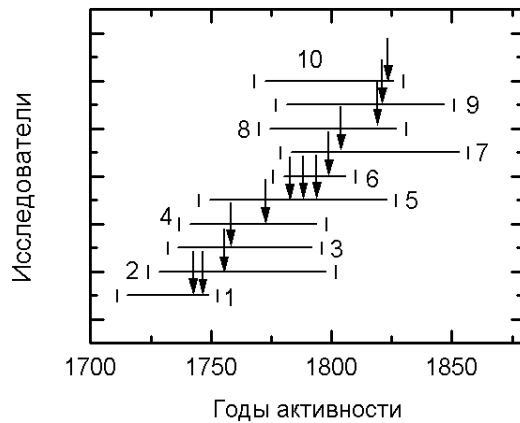


Fig.22. Perioadele de viață ale cercetătorilor, care au contribuit la descoperirea termoelectricității în metale, 1 – Richman; 2 – Aepinus; e – Wilcke; 4 – Galvani; 5 – Volta; 6 – Ritter; 7 – Schweigger; 8 – Seebeck; 9 – Oersted; 10 – Fourier. Săgețile indică momentele descoperirii de către cercetători ale diferitelor efecte TE, menționate în această lucrare.

parte mult de descoperirea termoelectricității în metale, însă nu a folosit posibilitatea de încălzire a componentelor [26, 27]. Volta a încercat să pună apariția sarcinilor la unirea de scurtă durată a discurilor cu o sârmă de cupru pe seama curentului generat de potențialele de contact diferite ale metalelor. Această ipoteză a fost criticată aspru de către savanți (Ritter, Schweigger, mai târziu de E. Warburg (1846-1931) ș.a.), deoarece se admitea posibilitatea polarizării fără a cheltui energie (perpetuum mobile) [26]. Se considera că experimentul lui Volta (fig. 23), calificat de însuși autorul său ca fiind unul „principal” în viața sa, nu este suficient de curat din punct de vedere experimental, iar polarizarea observată în experiment este cauzată de vaporii de apă care există întotdeauna în aer și oxidează metalele în regiunea contactelor, formându-se așa numitul element galvanic „deschis” [13, 26].

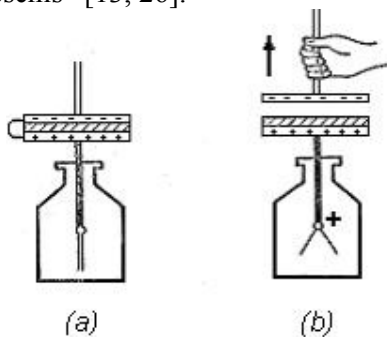


Fig.23. Experiența lui Volta cu discurile metalice (Cu - jos și Zn - sus) despărțite prin dielectric. a – discurile sunt legate printr-un conductor de cupru; b – discurile se îndepărtează unul de altul și electrometrul arată o sarcină pozitivă, obținută de către discul de cupru [13, 26].

## 4.2. ANTURAJUL ȘTIINȚIFIC MAI APROPIAT

Seebeck avea contacte științifice strânse cu Ritter,<sup>10</sup> pe care l-a cunoscut în 1800 la cercul filozofic de la Jena [27]. Seebeck cunoștea bine obiectul disputei științifice a lui Ritter cu Volta referitor la natura electricității în elementele galvanice. Seebeck era de asemenea la

<sup>10</sup> Ritter a descoperit oxidarea metalelor la contacte, fenomenul de electroliză, a construit primul element galvanic uscat și primul acumulator, a dezvoltat teoria chimică a electricității, a demonstrat, că metalele sunt dispuse în șirul tensiunilor lui Volta în aceeași ordine, în care ele se dezlocuiesc unele pe altele din soluțiile de săruri, a descoperit razele ultraviolete ș. a. [4, 12, 17].

curent cu lucrările principale ale lui Oersted, care era în relații de prietenie cu Ritter și Seebeck [27].

Se poate considera că relațiile științifice strânse în triunghiul „Ritter-Oersted-Seebeck” iar mai apoi, după moartea lui Ritter (1810), în „tandemul” „Oersted-Seebeck” au jucat un rol important în descoperirea făcută de Seebeck. Liderul “triunghiului”, Ritter a stabilit un nivel științific înalt și a determinat direcțiile de perspectivă ale lucrărilor științifice pentru întregul grup de cercetători. Acest lucru s-a revelat în următorii ani într-un șir de descoperiri făcute de către Oersted<sup>11</sup> și Seebeck [4, 17].

#### **4. 3. TRĂSĂTURILE CARACTERISTICE ALE LUI SEEBECK CA SAVANT**

Seebeck a studiat la universitățile din Berlin și Goettingen. La Universitatea din Goettingen a obținut titlul de doctor (1802). A lucrat la Jena, iar în anii 20 la Berlin [12]. Era caracterizat ca un entuziast în știință [27]. Lucrările lui principale țin de domeniul electricității, magnetismului, opticii [17]. Până la descoperirea termoelectricității studia acțiunea magnetică a curentului, magnetizarea mostrelor de fier și oțel în apropierea conductoarelor parcurse de curent. Este primul care a utilizat pilitura de fier pentru a determina forma liniilor de forță ale câmpului magnetic. A descoperit histerezisul în magnetizarea fierului<sup>12</sup>. A continuat lucrările lui Ritter asupra polarizării cromatice și distribuției căldurii în spectrul optic al prisme. A descoperit proprietățile optice de polarizare ale cristalelor de turmalină (1813). A redescoperit razele infraroșii și polarizarea circulară a luminii. După descoperirea TE în metale a construit un termocuplu și l-a folosit la măsurarea temperaturii [17]. A descoperit dependența proprietăților termoelectrice ale materialelor de gradul de puritate, de condițiile de prelucrare și de conținutul procentual al diverselor componente în aliaje. A stabilit șirul activității termoelectrice a materialelor, care s-a dovedit a fi diferit de șirul de tensiuni ale metalelor. A pus bazele studiului contemporan al materialelor termoelectrice. A încercat să explice existența câmpului magnetic al Pământului pe baza fenomenului de termoelectricitate descoperit de el [3, 17].

#### **5. ELEMENTE DE „ÎNTÂMPLARE” ÎN DESCOPERIREA LUI SEEBECK**

Descoperirea termoelectricității de către Seebeck a fost însoțită și de elemente de întâmplare [3, 7]. Există două versiuni privind motivul pentru care Seebeck a inițiat experimentul (fig. 2). Conform [2, 3], experimentul (fig. 2) a fost efectuat pentru a verifica în detaliu descoperirea lui Oersted (fig. 5). Conform [7, 35], Seebeck avea intenția să cerceteze posibilitatea obținerii curentului electric prin intermediul contactului dintre două metale eterogene fără prezența vreunui lichid. Într-un caz și în altul (fig. 2), obiectul inițial de studiu erau contactele Bi/Cu, deoarece în ele, după Seebeck, trebuia să se manifeste proprietățile electrice și magnetice ale circuitului. În cazul contactului simplu dintre cele două materiale Seebeck nu a observat vreun efect magnetic în circuit (fig. 2) [3]. Atunci el, intenționând să îmbunătățească contactul electric, a apăsat cu mâna arcul de cupru pe bismut și acul magnetic a deviat [3].

---

<sup>11</sup> Oersted a dezvoltat ideea filozofică despre legătura reciprocă dintre diversele fenomene ale naturii, în special, a relevat natura electromagnetică a luminii și posibilitatea de generare a electricității cu ajutorul sunetului, a construit prima baterie termoelectrică ș. a [4, 17].

<sup>12</sup> De aici și interesul sporit al lui Seebeck pentru câmpul magnetic al termocuplului [2].



Noi am reprodus experimentul lui Seebeck după schema din fig. 2 și am observat că pentru o deviere considerabilă a acului magnetic la încălzirea joncțiunii termocuplului Bi/Cu cu mâna ( $\Delta T \sim 14$  K), rezistența totală a circuitului termoelectric  $R = R_i + R_L$  ( $R_i$  și  $R_L$  – rezistența electrică a blocului de bismut și respectiv a arcului de cupru) trebuie să fie suficient de mică [35, 36]. Pentru a forma un circuit cu rezistența interioară mică, noi am folosit o bară monocristalină de Bi<sup>000</sup> (masa  $m = 0,27$  kg, înălțimea  $h = 5$  cm,  $\Phi = 24-32$  mm, rezistența  $R = 0,0011 \Omega$ ), una sau șapte spire de sârma de cupru cu aria cadrului de  $\sim 20 \times 60$  mm<sup>2</sup> ( $\Phi = 2,5$  mm) și un ac magnetic cu lungimea  $l = 33$  mm (fig. 24a și 24b). La încălzirea contactului cu degetul operatorului s-a reușit să se obțină devierea maximă a acului magnetic cu  $\approx 7^\circ$  în cazul cadrului cu o spiră (fig. 24a) și cu  $\approx 29^\circ$  în cazul utilizării multiplicatorului lui Schweigger (7<sup>x</sup>) (fig. 24b).

În tabelul II sunt date caracteristicile comparative ale pieselor din instalația lui Seebeck (fig. 2), estimate de noi pornind de la diametrul transversal al candelii  $d = 6$  cm [35, 36]. Au fost obținute secțiuni transversale mari și, respectiv, rezistențe electrice mici ale conductoarelor din circuit (tab II). Potrivit estimărilor (tab. II), la încălzirea joncțiunii Cu/Bi cu mâna sau cu candela ( $\Delta T = 10 - 100$  K) intensitatea curentului în circuitul termocuplului era  $I = 2,3 - 23$  A și câmpul magnetic pe axa cadrului avea intensitatea  $H = 0,25 - 2,5$  Oe, intensitate care determina o deviere considerabilă a acului magnetic de la poziția sa inițială cu unghiul  $\alpha = 26 - 79^\circ$  ( $\text{tg} \alpha = H/H_p$ ), dat fiind faptul că intensitatea câmpului magnetic al Pământului în locul unde era efectuat experimentul (Jena) era  $H_p = 0,5$  Oe (estimarea a fost făcută fără a se ține cont de rezistența de contact a pieselor) [35].

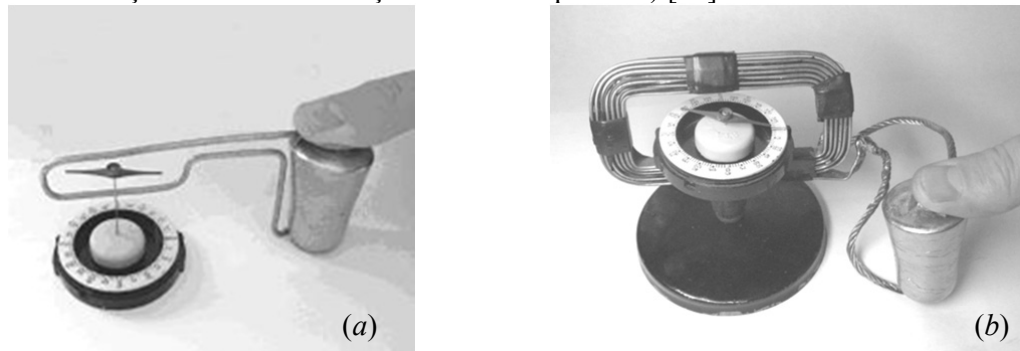


Fig.24. Experiențele pentru observarea efectului Seebeck în termocuplul Bi/Cu. Numărul de spire în contur:  $a - 1$ ;  $b - 7$ . Unghiul de deviere a acului magnetic în grade:  $a - 7$ ;  $b - 29$ . Joncțiunea de lucru a termocuplului a fost încălzită de operator ( $\Delta T \sim 14$  K) [35].

Utilizarea de către Seebeck a unor piese atât de masive și costisitoare nu poate fi explicată numai prin bunăstarea binecunoscută a savantului [27]. Pe lângă aceasta, în 1821 Seebeck nu putea să cunoască legile descoperite mai târziu de G. Ohm (1826)<sup>13</sup> și Lenz (1844), necesare pentru a calcula intensitatea curentului în circuitul electric [4, 17]. În [35, 36] noi am presupus că la efectuarea experimentului său (fig. 2) Seebeck a folosit în calitate de prototip schema instalației lui Volta (fig. 23) [13].

Seebeck a înlocuit electrometrul „cu ac de pai” al lui Volta (fig. 23) cu galvanometrul electromagnetic cu o singură spiră, mai sensibil al lui Schweigger (circuitul cu ac magnetic, fig. 3a), iar în locul zincului care mereu se oxidează a ales metale stabile în aer – bismut și stibiu (fig. 3a și 3b) [2].

Tabelul 2

<sup>13</sup> Ohm a reușit să-și argumenteze pe cale experimentală legea sa, utilizând o sursă termoelectrică de curent care asigură o tensiune mai stabilă decât elementul galvanic.

Caracteristicile principale ale pieselor din instalația lui Seebeck (Fig. 1) [35].

Piesa	Lungimea <i>l</i> , cm	Lățimea <i>a</i> , cm	Grosimea <i>b</i> , cm	Masa <i>m</i> , kg	Rezistența <i>R</i> , Ohm	T.e.m. termică <i>a</i> , $\mu\text{V/K}$
Placă (Bi)	30	7,2	1,5	3,17	0,0003	- 80
Arc (Cu)	45	3	0,6	0,79	0,00004	1,86

Încercând să sporească suplimentar sensibilitatea schemei, Seebeck a folosit în instalația sa un circuit cu rezistența joasă (tab. II)<sup>14</sup>, precum și un ac magnetic sensibil de dimensiuni mari (fig. 2), fapt care a garantat în cele din urmă succesul general al experimentului.

## 6. CONCLUZII

1. Fenomenul termoelectricității este răspândit pe larg în natură și are un caracter universal. Multe efecte termoelectrice de natură diferită au fost observate de cercetători încă în antichitatea îndepărtată.

2. Specificul efectului termoelectric al lui Seebeck constă în natura sa electronică și, respectiv, mărimea mică legată de degenerarea Fermi puternică a electronilor și golurilor în metale și semimetale.

3. Descoperirea efectului termoelectric în metale a fost pregătită de un șir de predecesori ai lui Seebeck. Ea conținea elemente de întâmplare și a devenit posibilă numai datorită sporirii considerabile a pragului de sensibilitate al aparatelor de măsură.

## MULȚUMIRE

Autorii aduc mulțumiri Bibliotecii Științelor Naturale a Academiei de Științe a Rusiei pentru punerea la dispoziție a unor publicații științifice rare.

## BIBLIOGRAFIE

1. Seebeck T.J. „Magnetische Polarisation der Metalle und Minerale“ // *Abhandlungen der Deutschen Akademie der Wissenschaften zur Berlin*, 1825.
2. Seebeck T. J. *Magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperatur-Differenz*. Leipzig: Engelmann. 1895. 120 s.
3. Буряк А.А., Карпова Н.Б. *Очерки развития термоэлектричества*. Киев: Наукова Думка. 1988. 290 с.
4. Льюис М. *История физики*. М.: Мир. 1970. 464 с.
5. Oersted H. „Notiz von neuen elektrisch-magnetischen verfahren“ // *Ann.Phys.Chem.* 1823. S.430-432.
6. Fourier J., Oersted H. „Sur quelques nouvelles experiences thermoelectriques“ // *Ann. Chem. Phys.* 1823., P.375-389.
7. История развития техники. Энциклопедия. [On line]: <http://www.polkani.ru>
8. Анатыхчук Л.И. *К 70-летию со дня рождения*. Ред.: Вихор Л.Н., Черновцы: ИТ НАНУ. 2007. 728 с.
9. Большая Советская Энциклопедия. Под ред. Б.А. Введенского. М.: Изд. БСЭ, Изд. втор., Т. 42. 1973.

<sup>14</sup> Creșterea unghiului de deviere a acului magnetic la mărirea secțiunii transversale a conductoarelor care formează circuitul parcurs de curent a fost observată mai înainte de către Oersted în experimentul din fig. 5 [4, 7].

10. Чеботин В.Н. *Химическая диффузия в твердых телах*. М.: Наука, 1983.. 207 с.
11. Новик В.К. “История пирозлектричества” // *История и методология естественных наук*. Вып. 30: "Физика". М., 1983. С. 145 - 162.
12. Леблан М. *Руководство по электрохимии*. М.-Л.: ГНТИ, 1931. 328 с.
13. Беркенблит М.Б., Глаголева Е.Г. *Электричество в живых организмах*. М: Наука.1988. 288 с.
14. Араго Ф. *Биографии знаменитых астрономов, физиков, геометров*. Т. II и III. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2000. 464 с.
15. Блат Ф. *Физика электронной проводимости в твердых телах*. М.: Мир. 1971. 472 с.
16. Розенбергер Ф. *История физики*. М.-Л.: ОНТИ. 1936. Ч.2 и Ч.3 (вып.1). 488 с.
17. Храмов Ю.А. *Физики. Библиографический справочник*. М.: Наука. 1983. 400 с.
18. Кондаков Н.И. *Логический словарь-справочник*. М.: «Наука», 1975, С. 674.
19. Новиков А.С. *Научные открытия: повторные, одновременные, своевременные,*
20. *преждевременные, запоздалые* 2003. 112 с. [On line]: <http://www.metodolog.ru>.
21. Жуков Р.Ф., Петров В.М. “Случайность и научно-техническое творчество”. В сб. *Современные методы научно-технического творчества*. Л: ИПК СП. 1980. с. 19-23.
22. Гильберт В. *О магните, магнитных телах и большом магните - Земле. Новая физиология, доказанная множеством аргументов и опытов*. Пер. с лат. А. И. Доватура. М.: Изд-во АН СССР, 1956.
23. Гальвани Л., Вольта А. *Избранные работы о животном электричестве*. Со вступительной статьей А.В.Лебединского, М.: ОГИЗ, 1937. С.345-414.
24. Рихман Г.-В. *Труды по физике*. М.: АН СССР. 1956. 712 с.
25. Aepinus F. *Recueil de differents memoires sur la Tourmaline*. St. Petersburg. 1759. reprint: Leningrag, Acad. Sci. USSR. 1951. P. 419- 445.
26. Новик В.К. “Академик Франц Эпинус” (1724 - 1802) // *Вопросы истории естествознания и техники*. 1999. №4. [On line]: <http://ru.wikipedia.org/>
27. Лауэ М. *История физики*. М.: ГИТТЛ. 1956. 232 с.
28. *Dictionary of Scientific Biography*. New York: Charles Scribner. 1970. V.1, P.66-68.
29. Science in Sweden (1739- 1989). Ed. Tore Frangsmyr. Canton: Science History Publication. (USA). 1989. 292 p.
30. Губкин А. Н. *Электреты*. М.: Наука. 1978. 192 с.
31. Анатычук Л.И. “Об открытии термоэлектричества Вольта” // *Термоэлектричество*. 2004. №2. С.5-10.
32. Пасториано Дж. “Алесандро Вольта и его роль в термоэлектричестве”// *Термоэлектричество*. 2009. №1. С.7- 10.
33. Данилевский В.В. *Русская техника*. Л.: Газетно-журнальное издательство. 1948. 322 с. [On line]: <http://ru.wikibooks.org/>.
34. Коржуев М.А., Катин И.В. “Формальный анализ опытов Гальвани и Вольта, имеющих отношение к термоэлектричеству” // *Термоэлектричество*. 2009. №1. С. 11- 17.
35. Korzhuev M.A. “The symmetry analysis and optimum conception for thermoelectric energy converters with non-uniform legs” // *Eurasian Phys. Tech. Journal*. 2010. №1 (13). P.23- 36.
36. Korzhuev M.A., Katin I.V. “On a way of discovery of thermoelectricity by Thomas J. Seebeck” // *Proceeding 8<sup>th</sup> Europe Conf. on Thermoelectrics*. Como. Italy. 22-24.09. 2010. P. 87-90. [On line]: <http://www.centrovolta.org/ECT2010/>.

37. Коржуев М.А., Нихезина И.Ю. “Собственные электромагнитные поля термоэлектрического контура с током” // *Сб. трудов XII Межгосударственного семинара по термоэлектричеству*, СПб, 23-24 ноября 2010. CD- ROM. 6 с [Online]: <http://www.onlinereg.ru/thermoelectric>

Traducere din limba rusă  
de prof. univ. Anatolie I. Casian  
și conf. univ. Mircea C. Colpajiu  
Redactare: Stefan D. Tiron  
Primit la redacție: 19 iunie 2012

## **ISTORIA DESCOPERIRII ȘI FORMULĂRII LEGII CONSERVĂRII ȘI TRANSFORMĂRII ENERGIEI (II)**

(Continuare din *FTM*, 10, Nr. 1-2, 2012)

Conf. univ., dr. POPA MIHAIL  
Universitatea de Stat „Alec Russo” Bălți  
e-mail: [miheugpopa@yahoo.com](mailto:miheugpopa@yahoo.com)

**Rezumat.** Primele formulări ale legii conservării și transformării energiei au fost propuse separat de către trei învățați: J.R. Mayer, J.P. Joule și H. Helmholtz. Termenul de energie cinetică a fost introdus pentru prima dată de W. Thomson, iar cel de energie potențială - de W. Rankine.

Elucidarea conceptului de energie îi aparține fizicianului german Max Planck. În urma studierii spectrului de radiație al corpului absolut negru, Planck a emis ipoteza cuantelor de energie.

O contribuție esențială la întregirea conceptului de energie îi aparține lui Albert Einstein care prin celebra formulă  $E = mc^2$  a enunțat legea inerției energiei.

La nivelul actual de cunoștințe și dezvoltare tehnologică, materia este caracterizată prin două mărimi fundamentale, masă și energie. Masa este măsura inerției și gravitației, iar energia este măsura mișcării materiei.

**Cuvinte cheie:** formulare, lege, conservare, transformare, energie.

### **2.1. DETERMINAREA ECHIVALENTULUI MECANIC AL CĂLDURII ȘI PRIMELE FORMULĂRI ALE LEGII CONSERVĂRII ȘI TRANSFORMĂRII ENERGIEI**

Dezvoltarea fizicii necesita recunoașterea ideii privind transformările reciproce ale formelor de mișcare ale materiei și în acest fel treptat se pregătea terenul pentru descoperirea legii conservării mișcării. Însă conceperea unei astfel de legi în oceanul de dovezi și fapte a fost un lucru destul de dificil. Pentru aceasta era nevoie de o abordare filozofică largă, scrupulozitate în cercetarea experimentală și o analiză matematică critică a rezultatelor experimentale. Așa s-a întâmplat că aceste trei sarcini au fost „distribuite” celor trei învățați - Julius R. Mayer (1814-1878), James P. Joule (1818-1889) și Hermann Helmholtz (1821-1894).

În continuare, ne vom ocupa de evenimentele care au impulsivat descoperirea legii conservării și transformării energiei. Naturalistul și medicul german Julius R. Mayer a fost impresionat de un eveniment care s-a petrecut întâmplător în timpul unei călătorii. În 1840, în calitate de medic de bord, a participat la o călătorie în Indonezia și în timpul staționării pe insula Java a fost nevoit să recurgă la o metodă tradițională în acea perioadă de tratament –

flebotomia (secționarea unei vene pentru a colecta sânge, a introduce o sondă etc.). Mayer a observat că din vena deschisă a bolnavului curgea sânge de culoare aprinsă care semăna mult cu sângele arterial. Medicii locali afirmau că culoarea stacojie a sângelui venos în condițiile climei calde este un fenomen normal. Culoarea închisă a sângelui venos fiind rezultatul proceselor de oxidare din organism, rezulta următoarea concluzie: cu cât diferența de temperatură dintre corp și mediul exterior este mai mică (adică este mai redus schimbul de căldură), cu atât mai lent se produc procesele de oxidare în organism și mai puțin oxigen se consumă. De aici s-a tras concluzia că acest fenomen se întâmplă din cauza încetinirii proceselor de ardere în țesuturi, ceea ce determină un consum mai redus de oxigen. Acest fapt poate fi explicat prin necesitatea de a se degaja mai puțină căldură pentru a se asigura o temperatură constantă a corpului uman în condițiile unei temperaturi exterioare ridicate. Astfel, el a sesizat pentru prima oară o legătură între consumul de alimente, lucrul produs de organism și căldura degajată. Dacă se micșorează intensitatea unui proces, atunci scade și a celui de al doilea. Desigur, aceasta încă nu însemna descoperirea unei legi, însă orienta gândirea într-o anumită direcție.

În anii 40 ai sec. XIX J. R. Mayer publică un șir de lucrări în care dezvoltă și concretizează tot mai mult ideile sale care în final au reprezentat conținutul legii conservării și transformării energiei. Care sunt aceste idei?

În primele sale lucrări fizicianul pornește de la convingerea sa filozofică precum că fenomenele naturii sunt în legătură strânsă și formează un set de cauze și efecte. Un fenomen, (cauză) dând naștere unui alt fenomen (efect), se autodistruge, însă nu fără urmări, ci trecând în alt fenomen. De aici rezultă că finalizarea unei mișcări (de exemplu, a mișcării mecanice) nu înseamnă dispariția ei totală și fără urmări, ci transformarea ei în alte forme de mișcare (de exemplu, în mișcare termică). Trebuie de menționat că J. P. Mayer încă nu utiliza termenul de „energie”, ci termenul acceptat în acea perioadă de „forță”, însă această noțiune nu reprezenta forța newtoniană, ci aceea ce astăzi se numește „energie”. Anume acesta este, în primul rând, meritul acestui fizician.

El vorbea despre existența diferitelor forme de energie, menționând energia mecanică ( $mv^2$ ), potențială („forță de cădere”  $mgh$ ), termică, electrică și chimică. Mayer făcea o deosebire calitativă între aceste forme de energie, menționând posibilitatea transformărilor lor reciproce și chiar aducea exemple concrete, respingând astfel învățătura despre fluide. Ideea transformării energiei era pentru prima dată susținută cu atâta fermitate.

Vorbind despre transformările de energie, Mayer menționa că „forța” (energia), modificându-și forma se conservă cantitativ, adică cu cât se micșorează un fel de mișcare, cu atât crește un alt tip de mișcare. Fizicianul a formulat toate aceste concluzii pornind de la analiza materialului factologic cunoscut la acel timp. El a putut să interpreteze într-un mod nou datele existente la timpul său și, conducându-se de ideea legăturii reciproce și transformărilor reciproce ale fenomenelor fizice, să vadă ceea ce nu au observat alții.

Cercetările savantului au condus la următoarele concluzii: „mișcarea, căldura și electricitatea reprezintă fenomene care pot fi reduse la o singură „forță” (energie), care se măsoară una prin alta și trec una în alta după anumite legi” ([5], pag. 24) sau „în realitate, există doar o singură „forță” (energie). Într-un schimb continuu circulă numai una singură, și în lumea moartă și în cea vie.



Fig. 1.6. Julius Robert Mayer [4]

Și acolo, și aici, nu există proces fără schimb de formă a „forței” (energiei)” ([5], pag. 24). Cu toate că aceste formulări sunt departe de formulările contemporane, ele reprezintă primele formulări ale legii conservării și transformării energiei.

Iulius Mayer nu s-a limitat însă doar la raționamentul teoretic. El printre primii a menționat ideea despre existența în procesele de transformare a energiei termice în energie mecanică a unui raport cantitativ dintre consumul de căldură și „efectul mecanic” (ceea ce numim astăzi *lucru mecanic*. Transformarea mișcării mecanice în una termică se caracterizează prin *echivalentul mecanic al căldurii*, iar Mayer printre primii a calculat valoarea acestui coeficient, obținând valoarea de 3587 J/cal. (1 calorie = 4,1868 J – *n. red.*). În 1842 Mayer publică într-o revistă mai puțin cunoscută fizicienilor „Annalen der Chemie” o lucrare în care scrie: “lucrul mecanic efectuat prin căderea unui corp cu masa de 1 kg de la înălțimea de 365 m este echivalent cu căldura absorbită de 1 kg de apă pentru a se încălzi cu 1°C. Deci 1 kcal = 365 kgm; 1 kgm = 9,8 J, rezultă 1 kcal = 3587 J” (Aici e folosită unitatea de forță ieșită din uz – 1 kilogram-forță = 9,8 N – *n. red.*). Conform datelor actuale echivalentul mecanic al căldurii este 4185 J/cal, adică valoarea obținută de Mayer era cu 15% mai mică decât cea reală. Eroarea relativ mare a determinării se explică prin utilizarea de către R. Mayer a unor valori mai puțin precise ale căldurilor specifice.

În 1845, Mayer a extins principiul transformării și conservării energiei și în alte domenii: magnetism, electricitate, chimie și biologie. El a descris transformările energetice care au loc în lumea vie plecând de la transformarea energiei solare de către plante care fiind consumate de animale reprezintă sursa de energie ce asigură încălzirea corpului și capacitatea mușchilor de a efectua lucru mecanic, făcând astfel un mare pas în fundamentarea fiziologiei moderne. Într-o lucrare publicată în 1848, Mayer face cunoscută relația dintre căldurile molare ale gazelor la presiune și la volum constant, relație care astăzi îi poartă numele:

$$C_p = C_v + R \quad (4)$$

În aceeași lucrare el a ajuns la concluzia corectă că energia degajată de Soare nu poate fi produsă în totalitate prin reacții chimice, a explicat că incandescența meteoriților se datorează căldurii degajate ca urmare a frecării cu aerul la intrarea în atmosfera Pământului și a emis ipoteza incorectă potrivit căreia energia degajată de Soare s-ar explica prin căldura produsă la căderea meteoriților atrași de Soare. De asemenea, el a demonstrat că mareele produse de gravitația Lunii frânează mișcarea de rotație a Pământului, efect care astăzi este cunoscut ca fiind un fapt real.

Lucrările lui J.R. Mayer nu au fost apreciate la justa lor valoare de către contemporanii săi, fapt explicabil în parte prin aceea că nu erau cunoscute pentru că erau publicate în reviste de circulație restrânsă, dar și din cauză că nu erau înțelese datorită folosirii unor termeni nepotrivii. Ca rezultat, au urmat dispute privind prioritatea științifică a descoperirilor făcute. Savantul fiind nevoit să lupte aprig pentru ideile sale, a fost persecutat, a suportat înjosiri și neînțelegerea din partea familiei. Atmosfera creată în jurul său îl conducea la suicid. După o noapte agitată el s-a aruncat pe fereastră, accidentându-se grav (1850). După ce publică din banii proprii cartea „Observații asupra echivalentului mecanic al căldurii”, membrii familiei hotărăsc să-l trimită



Fig. 1.7..James Prescott Joule (1818-1889)

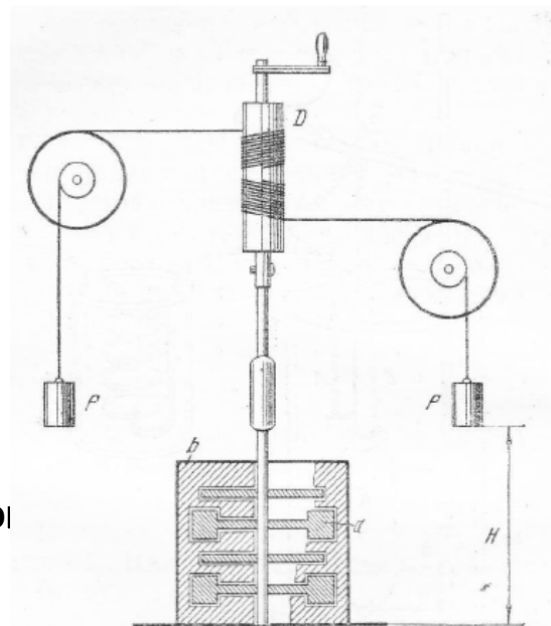
la o clinică de psihiatrie, unde se află circa un an de zile. Însă, în ciuda vicisitudinilor vieții el își păstrează convingerile sale. Una din lecțiile sale se termina astfel: “În perioada contemporană s-a dorit a se ridica consumul de mâncare la principiul cu numele „lupta pentru existență”. O astfel de luptă, desigur, există, însă nici foamea, nici războiul, nici invidia nu mențin lumea, ea este menținută de dragoste.”

Pe o altă cale spre legea conservării și transformării energiei a mers fizicianul și industriașul englez James Prescott Joule (1818 - 1889). El era un om foarte talentat, cu multe preocupări practice. Era preocupat de ideea creării dacă nu a unui perpetuum mobile, atunci a unui motor cu randament maxim. El construiește un element galvanic cu care pornea un motor electric simplu. Deoarece zincul din baterie se consuma rapid era evident că „să hrănești caii costa mult mai ieftin decât să schimbi zincul scump din baterie” ([5], pag. 25). La acea vreme se discuta despre raportul cantitativ dintre lucrul obținut și energia consumată.

J. P. Joule a construit, de asemenea, un electromagnet pe care l-a experimentat și a observat încălzirea conductoarelor prin care circulă curentul electric. Pe atunci exista părerea că în elementele galvanice folosite ca surse de curent au loc reacții chimice cu degajare de căldură și anume această căldură este transportată prin conductor, deci ea nu se naște în interiorul conductoarelor, ci în interiorul elementelor galvanice. Hotărât să verifice această idee, J. P. Joule realizează mai multe experiențe utilizând surse care generează curent de inducție și în care lipsesc reacțiile chimice însoțite de efectul termic: o bobină de inducție conectată la un galvanometru fiind rotită în câmpul magnetic al electromagnetului, în bobină se năștea un curent de inducție. Experiențele au arătat că are loc încălzirea conductoarelor, iar despre cantitatea de căldură degajată se putea judeca după încălzirea apei, în care se dădea drumul la bobina de inducție. Aceste experiențe au arătat că cantitatea de căldură degajată în conductorii parcurși de curent electric nu este creată de înșiși conductorii și nu depinde de modul de obținere a curentului electric. Lăsând curentul electric să circule un timp mai îndelungat, se putea obține o cantitate de căldură suficient de mare, ceea ce contrazicea teoria despre *termogen*. Ca rezultat al acestor experiențe, J. P. Joule a măsurat echivalentul mecanic al căldurii și a stabilit că cantitatea de căldură degajată de curentul electric din conductor este proporțională cu pătratul intensității curentului electric și rezistența conductorului. Aceeași concluzie a fost formulată cu câțiva ani mai înainte de academicianul Academiei de Științe din Petersburg H. Lenz.

Pe parcursul a circa 40 de ani, J. P. Joule efectuează cele mai diverse experiențe cu degajarea de căldură pe contul energiei mecanice și pe baza măsurărilor calculează echivalentul mecanic al căldurii. Au fost efectuate peste 20 de variante ale acestor experiențe și în toate cazurile s-au obținut valori apropiate ale raportului  $L/Q$ . Animat de această idee, chiar și în luna de miere petrecută în Elveția el măsoară înălțimea cascadei și temperatura apei înainte de cădere și după cădere pentru a estima și aici raportul dintre lucrul mecanic și cantitatea de căldură.

În 1849 Joule publică descrierea unui experiment devenit apoi clasic (Fig. 1.8.). Ideea experimentului era simplă: greutatea legate la capetele unui fir înfășurat pe un cilindru vor determina, prin cădere, rotirea cilindrului. Pe axul cilindrului se afla un rotor cu palete (aripioare), introdus într-un



calorimetru cu apă. Rotirea apei era împiedicată de barierele din calorimetru, iar în urma frecării apei de bariere aceasta se încălzea. Cunoscând masa apei și variația temperaturii ei, se putea determina valoarea lui  $Q$  și  $L$ , iar apoi raportul  $L/Q$ . Pentru realizarea ideii experimentului era necesară luarea în considerare a multiplilor factori. Trebuie de menționat că energia potențială a greutăților se transformă nu numai în energia internă a lichidului din calorimetru, ci și în energia cinetică a greutăților care ajung la podea. Pentru încălzirea semnificativă a apei, Joule a repetat experiența de coborâre a greutăților de peste 20 de ori, dar de fiecare dată temperatura a crescut cu doar  $0,5^\circ$ . S-a folosit chiar și un termometru cu valoarea diviziunii de  $1/20^\circ$ . Cu scopul de a înregistra o încălzire mai mare a lichidului, experimentatorul a înlocuit apa cu untură de balenă, apoi cu mercur, deoarece acestea aveau capacități calorice mai mici. El a ținut cont de energia cheltuită pentru înfășurarea firului pe cilindru, de pierderile de căldură în calorimetru, a atenționat că masa de 1 kg în aer are altă masă în vid, că capacitatea calorică a apei se modifică odată cu creșterea temperaturii. Iar atunci când el a înlocuit aripioarele cu un disc de metal care se încălzea datorită frecării cu un alt disc, s-a luat în considerare chiar și energia acustică a scrâșnetului discurilor. Pentru aceasta, el a angajat un violoncelist care trebuia să reproducă sunetul egal ca intensitate cu acela produs la frecarea discurilor și a măsurat energia cheltuită de coarda violoncelului, obținând o corecție de circa 1% în la rezultatele măsurărilor. Mărimea  $L/Q$  a fost calculată ca media aritmetică a circa 35-40 de măsurători și J. P. Joule a obținut valoarea de 4155 J/kcal.

După o muncă anevoioasă de mai mulți ani, J. P. Joule formulează legea conservării și transformării energiei astfel: „Căldura, forța vie și atracția la distanță (energia potențială) se transformă reciproc una în alta și în această transformare nimic nu se pierde” ([5], pag.26). „Forțele enorme ale naturii nu sunt destructibile și, în toate cazurile, când se cheltuie „forță” mecanică, se obține cantitatea echivalentă exactă de căldură” ([5], pag.26).

Ideea conservării energiei nu avea o formulare strict matematică. Ea explica fenomenele cunoscute, dar încă nu avea puterea specifică unei legi. Aceasta a fost fundamentată prin lucrările fizicianului, matematicianului și filozofului german Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821 – 1894).

H.L.F. Helmholtz a fost unul din savanții remarcabili ai secolului al XIX-lea. În lucrările sale erau abordate problemele termodinamicii, hidrodinamicii, electrodinamicii, opticii, acusticii și psihologiei fiziologice. În 1847 el participă la Ședința Societății de Fizică de la Berlin cu comunicarea „Despre conservarea forței” care, după spusele lui M. Planck, „reprezintă pentru totdeauna unul din cele mai remarcabile și moralizatoare monumente din istoria dezvoltării legii conservării energiei”. Helmholtz a ajuns la ideile de conservare ocupându-se de problemele fiziologiei, în care la acea perioadă domina concepția despre „forța de viață”. Pornind de la principiul imposibilității unui perpetuum mobile, savantul respingea această concepție și punea întrebarea: în ce raporturi trebuie să se afle diferitele tipuri de forțe (energii), dacă perpetuum mobile este imposibil?

Meritul deosebit al lui H.L.F. Helmholtz constă în faptul că el a introdus noțiunea de energie potențială („forța intensă”) și a exprimat această mărime pentru diferite tipuri de interacțiuni. În calitate de idee inițială savantul a luat concepția despre imposibilitatea creării mișcării din nimic și a considerat că expresia acestei idei în formă matematică reprezintă conservarea sumei „forțelor vii” (energii cinetice) și a „forțelor intense” (energii potențiale), existentă atunci când între corpurile sistemului acționează forțe centrale, al căror lucru nu depinde de forma drumului.



Fig. 1.9. Hermann von Helmholtz [10]



Deoarece, cum presupunea învățatul, toate fenomenele se pot reduce în final la mișcarea unui sistem de puncte materiale care interacționează prin intermediul forțelor centrale, principiul conservării energiilor cinetice și potențiale este aplicabil unui cerc larg de fenomene nemecanice, ca de exemplu, interacțiunea sarcinilor electrice, propagarea și compunerea undelor, degajarea de căldură în reacțiile chimice, inducția electromagnetică etc.

Rezultă că, pornind de la legile lui Newton, H.L.F. Helmholtz pentru prima dată a formulat legea conservării energiei pentru sistemele în care acționează numai forțe conservative.

Formulând sub formă matematică descrierea energetică a mai multor fenomene, savantul a obținut relațiile deja cunoscute, precum și altele noi, a căror corectitudine poate fi verificată experimental. El nu numai a formulat expresia matematică a legii conservării, ci practic a extins această lege dincolo de limitele mecanicii, aplicând-o în toate fenomenele naturii.

Astfel, legea conservării și transformării energiei își are originea în lucrările celor trei mari învățați, fiecare din ei adăugând câte o latură la formularea acestei legi: cea filozofico-experimentală este dată de J.R. Mayer, cea experimentală – de J.P. Joule și cea matematică – de H.L.F. Helmholtz.

## 2.2. FUNDAMENTAREA NOȚIUNII DE ENERGIE ȘI A LEGII CONSERVĂRII ENERGIEI ÎN SECOLUL AL XIX-LEA

Ca rezultat al lucrărilor fizicianului britanic William Thomson (viitorul lord Kelvin) (1824-1907) și a inginerului britanic de origine scoțiană Wiliam Rankine (1820 - 1872), ieșite de sub tipar în jumătatea a doua a secolului al XIX-lea, au fost formulate două noțiuni. W. Thomson introduce termenul de *energie cinetică*, iar Rankine – pe cel de *energie potențială*. În anul 1853, W. Thomson nota: „Numim energie a unui sistem material aflat într-o stare determinată, contribuția măsurată în unități de lucru a tuturor acțiunilor produse în exteriorul sistemului, dacă acesta trece (indiferent în ce mod) din starea sa într-o stare fixată arbitrar“.

Clarificarea statutului conceptului de energie îi aparține fizicianului german Max Planck. După acesta, prin energia unui corp se înțelege o mărime care depinde de starea fizică instantanee în care se găsește sistemul. Pentru a putea exprima energia sistemului într-o stare dată printr-un număr bine determinat, trebuie fixată o anume „stare normală“ (la 0°C și presiune normală) a sistemului, fixare absolut arbitrară. Astfel, energia sistemului în starea dată, raportată la starea dată, este egală cu „suma echivalenților mecanici ai tuturor acțiunilor produse în afara sistemului, când acesta trece într-un mod oarecare de la starea dată la starea normală“. Prin echivalenții mecanici ai tuturor acțiunilor se înțelege lucrul mecanic în sens larg, adică lucrul forțelor de toate tipurile și căldura multiplicată cu constanta universală.

Planck are și meritul de a fi emis ipoteza cuantelor de energie, în urma studierii spectrului de radiație al corpului absolut negru. El presupune ca emisia de radiații se datorează unor oscilatori microscopici, a căror energie este un multiplu întreg al valorii  $\varepsilon = \hbar \omega$ , numita cuantă de energie ( $h = 1,054 \times 10^{-34}$  J·s este constanta lui Planck, iar  $\omega$  este pulsația oscilatorului). Din acest moment în fizică s-a declanșat revoluția cuantică.

În anul 1897, Max Planck scrie că „energia este capacitatea unui sistem de a produce efecte exterioare“. Pentru Planck, energia este o funcție de stare, prin energia unui corp (sau a unui sistem de corpuri) înțelegându-se o mărime care depinde de starea fizică instantanee în care se găsește sistemul. Planck subliniază, de asemenea, faptul că variația elementară a energiei este o diferențială totală exactă, adică variația energiei depinde doar de starea inițială și de cea finală. În acest fel s-au curmat toate discuțiile privind natura energiei. Energia este o funcție de stare și nimic altceva.

În ceea ce privește căldura, acest termen a fost folosit într-un sens dublu: ca „energie internă“ (Clausius) și ca „mărime de proces“ în sensul de căldură transferată de la un corp la

altul. Aceste accepțiuni ale termenului de căldură trădează menținerea modelului de fluid, dar și extinderea acestui model asupra conceptului nou introdus de energie. De atunci au rămas în terminologia tehnică termeni cum ar fi pierderi de energie, stocare de energie, economie de energie și alte expresii care sugerează existența unei „materii imateriale“ distincte de sistemele fizice.

O contribuție esențială referitoare la conceptul de energie a adus fizicianul german Albert Einstein (1879-1955) prin celebra formulă

$$E = mc^2 \quad (5)$$

enunțând legea inerției energiei ( $E$  este energia,  $m$  – masa,  $c = 3 \times 10^8$  m/s - viteza luminii în vid). Astfel, legea conservării masei și legea conservării și transformării energiei nu mai sunt independente; masa unui corp este egală cu energia sa (în stare de repaus) împărțită la pătratul vitezei luminii în vid.

La nivelul actual de dezvoltare a științei se consideră că materia este caracterizată prin două mărimi fundamentale: masă și energie. Masa este măsura inerției și gravitației, iar energia este măsura mișcării și interacțiunii materiei.

## BIBLIOGRAFIE

1. Popescu, I.M., *Fizica (I)*, București, Editura didactică și pedagogică, 1982, 654 p.
2. Спаский, Б.И., *История физики*, Том 1, Москва, «Высшая школа», 1977, 345 с.
3. Кудрявцев, П.С., *Курс истории физики*, Москва, «Просвещение», 1982, 448 с.
4. Франкфурт, У.И., *Закон сохранения и превращения энергии*, Москва, „Наука”, 1978, 191с.
5. Мощанский, В.Н., “Из истории открытия закона сохранения энергии” // *Физика в школе*, 1983, N.5, с. 22-26;
6. Дуков, В.М., “История формулировки закона сохранения энергии” (1) // *Физика: еженед. приложение к газете «Первое сентября»*, 2002, Nr. 24, стр. 5-8;
7. Дуков, В.М., *История формулировки закона сохранения энергии* (2) // *Физика: еженед. приложение к газете «Первое сентября»*, 2002, Nr. 31, стр. 1-4;
8. Гатилов, К.С., “Закон сохранения и превращения энергии при повторении физики” // *Физика в школе*, 1985, N.2, с. 66-68;
9. <http://ro.wikipedia.org/wiki/...>
10. <http://universulenergiei.europartes.eu>

Primit la redacție: 17 ianuarie 2012

## UNITĂȚI DE MĂSURĂ ÎN „VECHIUL TESTAMENT”

### I. UNITĂȚI DE CAPACITATE

Conf. univ dr. Victor V. STAN, Ștefănița STAN  
Universitatea de Stat din Moldova

Celebra traducere timpurie a Sfintei Scripturi în spațiul românesc din limba gotică a fost realizată de episcopul Uefila. Dacă aspectele creștinești și duhovnicești sunt redată în mod exhaustiv, unitățile de măsură (de lungime, capacitate, greutate etc.) și cele referitoare la monede au o interpretare fragmentară.

Pe parcursul anilor, aceste unități întâlnite la popoarele din antichitate, au suferit un șir de schimbări, atât în denumire, cât și în valoare. Aceste schimbări au fost determinate de schimbările socio-economice din țara respectivă sau de relațiile comerciale cu popoarele din țările vecine. Pentru multe din aceste unități de măsură demult dispărute nu a fost posibilă determinarea denumirilor în limba română. Din această cauză ele erau folosite aproape întocmai cu denumirile lor inițiale. Unora din ele li s-au dat denumiri generale care corespund unităților de măsură autohtone, cum ar fi *măsura, punga, zeciuiala, banița, vadra*, ș.a.

Un loc important în „Vechiul Testament” le revine unităților de capacitate (volum) pentru corpurile pulverulente, dat fiind faptul că unele din aceste unități se utilizau la determinarea capacității și aprecierea volumului lichidelor.

Cea mai mică unitate de volum era **logul** care în unități de măsură contemporane este egal cu 0,33 l (din alte surse rezultă valoarea mai mare de 0,55 l, cu denumirea de **cotil**) despre care se vorbește în cap. 14 „Curățirea Leprei”: „...și grăind cu Moise, Domnul a zis: „Iată rânduiala pentru cel lepros: În a opta zi să ia doi berbeci de câte un an, fără meteahnă, și o oaie de un an fără meteahnă, și dintr-o **efă** de făină de grâu, împărțită în zece, să ia trei părți pentru darul de pâine și s-o amestece cu untdelemn și un **log** (pahar) de untdelemn” [2].

Aceste activități erau efectuate de către preoți. Astfel, în p. 24 se accentuează: „Iar preotul, luând berbecul de jertfă pentru vină și **logul** de untdelemn, le va aduce pe aceste legănându-le înaintea domnului” [3].

O altă unitate de volum era **omerul** (cu valoarea, în unități contemporane de volum, de 2,4 l (în unele surse 3,88 l, numit **isaron**). Această unitate este utilizată în cap.16 „Mana”, în care se spune că toată obștea fiilor lui Israel, după plecarea lor din Elim, au ajuns în pustiu Sin (între Egipt și Sinai) unde nu erau produse alimentare și ei au început a cârți împotriva lui Moise și Aaron. Însă dimineața au observat pe lângă tabără ceva mărunț ca niște grăunțe. Și s-au întreat fiii lui Israel – ce e asta? Iar Moise le-a zis: *Aceasta e pâinea pe care v-o dă Dumnezeu. Iată ce a poruncit Domnul: Adunați fiecare cât să vă ajungă de mâncare, câte un omer de om*”. În ziua a șasea fii lui Israel au adunat câte două **omere** de fiecare. Iar către Aaron Moise a zis: „Ia un vas de aur și toarnă în el un **omer** plin cu mană și pune-l înaintea Domnului ca să se păstreze în viitor pentru urmașii voștri”. [4].

Încă o unitate de volum era **hinul** (cu valoarea contemporană de 3,56 l în unele surse și de 6,5 l în alte surse). În cap. 39 „Sfințirea preoților” se prevede că pentru sfințire trebuia de adus pe jertfelnic: „A zecea parte dintr-o **efă** de faina de grâu, frământată cu a patra parte dintr-un **hin** de untdelemn curat, iar pentru turnare a patra parte de **hin** de vin pentru miel”. [5]. Despre **hin** se vorbește și în cap. 4 „Prevestirea foametei în cetatea Ierusalimului”. Spre exemplu, în p.11 se stipulează că apa trebuie bătută „cu măsură, câte a șasea parte de **hin** pe zi și tot din timp în timp” [6]; în cap.45 „Obligații rituale pentru rege și popor” se menționează că regele în zilele de sărbătorire a Paștelui: „Prinos de pâine trebuie să aducă câte o **efă** de fiecare vițel, și câte o **efă** de fiecare berbec și câte un **hin** de undelemn pentru fiecare **efă**” [7]. Asta în afară de viței, berbeci, miei și alte alimente prevăzute pentru această

manifestație. În următorul capitol „Ritualul cerut regelui” unitatea *hin* este menționată de mai multe ori. Astfel, în p.5 se stipulează că regele în zilele de odihnă trebuie să facă un „*prinos de pâine de o efă de faină cu berbecul și mieii, cât îi va da mâna, untdelemnul un hin la efă*”. În fiecare zi regele trebuia să aducă Domnului ardere de tot un miel pe an, iar ca „*prinos de pâine să adaugi la el a șasea parte de efă și untdelemn a treia parte din hin*” [8].

În „Vechiul Testament” se vorbește de două tipuri de *efă*. Astfel, *efa (bat)* conținea 10 *omeri* (cu volumul de 25 l) și *efa (abth)* avea un volum egal cu 38,0 l. Însă nu se permiteau două valori pentru aceeași unitate de măsură. Despre aceasta se vorbește în cap.25 [9]. „Măsurile de pază”, punctul 14 [9] „În casa ta să nu ai două feluri de *efă*: una mai mare și alta mai mică”. Mai mult ca atât, în punctul 15 se accentuează veridicitatea *efei*: „Greutățile pentru cumpăna ta să fie adevărate și drepte și *efa* ta să fie adevărată și dreaptă, ca să se înmulțească zilele tale pe pământul pe care ți-l dă Domnul Dumnezeuul tău de moștenire”. Acest lucru este confirmat în punctul 16, în care se accentuează: „Că urăciune este înaintea Domnului Dumnezeuului tău tot cel ce face strâmbătate” [10].

Se cere de menționat că *efa* este cea mai utilizată unitate de măsură în „Vechiul Testament”. Despre *efă* se vorbește în circa 25 de puncte. Astfel, în cap.6 „Ghedeon”, Ghedeon „s-a dus și a gătit un ied și azime din o *efă* de faină” și le-a dus Domnului.

După moartea lui Elimelec și a feciorilor săi Mahlon și Chilton, soția și mama feciorilor Noiemina, împreună cu nurorile sale Olfa și Rut s-au hotărât să se întoarcă din șesul Moabiților pe pământul lui Iuda. Soțul lui Noiemina avea o rudă bogată pe nume Booz. Dat fiind că femeile duceau o viață grea, Rut a plecat în țarină să strângă spice, dar a fost observată de o slugă a lui Booz, care stând de vorbă cu Rut a aflat cine sunt aceste femei și i-a permis lui Rut să strângă spice din țarina lui. Rut a adunat din țarină spice până seara și a „bătut cele adunate și i-a ieșit aproape o *efă* de orz”. [11].

În cap.1 „Nașterea lui Samuel” se vorbește despre fiul lui Ieroham pe nume Elcana, care avea două soții – Ana și Penina. Ultima avea doi fii, iar Ana nu avea copii. Ea se ruga insistent lui Dumnezeu să-i de-a un fiu și Domnul i-a îndeplinit dorința – Ana a născut un fiu pe care l-a numit Samuel. După ce a înțărcat fiul, Ana „s-a dus cu el la Șilo, luând trei viței, câteva pâini, o *efă* de faină și un burduf de vin, și a venit în casa Domnului în Șilo” mulțumindu-l pe Domnul pentru fiu. [12].

David, feciorul lui Lesei, a fost uns de către Domnul rege al Israelului. În acest timp Filistenii au pornit război împotriva Israeliților. Cei șapte frați ai lui David erau în tabăra Israeliților în Valea Stejarului. Și i-a zis Lesei lui David: „*Ja pentru frații tăi o efă de grăunțe uscate și aceste zece pâini și du-le cât mai degrabă în tabără la frații tăi*” [13]

Isaia se adresează către poporul din Ierusalim, către regii lui Iuda aducându-le la cunoștință cuvintele Domnului și îndeamnă poporul să respecte ceea ce le spune Domnul. În cap.5 „Via neroditoare ” Isaia cântă un cântec de dragoste prietenului care avea o vie pe o coastă mănoasă. „*Zece pogoaane de vie vor rodi un bat și un homer, de sămânță numai o efă* ”. [14].

Una din obligațiunile persoanei numită de către Domnul rege includea respectarea unităților de măsură. Astfel, în cap.45 [7] „Obligațiuni rituale pentru rege și popor ” se stipulează : „Să aveți cântar drept și *efă* dreaptă și *bat* drept ”. Și mai departe „*Efa și batul* trebuie să fie măsurile deopotrivă de mari, încât într-un *bat* să încapă a zecea parte dintr-un *homer* și într-o *efă* să încapă a zecea parte dintr-un *homer*. Mărimea lor trebuie măsurată cu *homerul*”. [15]. Poporul era obligat să dea regelui bir: „Iată ofrandă ce trebuie să dați regelui: a șasea parte de *efă* din *homerul* de grâu și a șasea parte de *efă* din *homerul* de orz, și pentru untdelemn – dintr-o *coră* de untdelemn veți da a zecea parte dintr-un *bat*, zece *baturi* fac un *homer*, căci *homerul* are zece *baturi* ”. [15]. În „Ritualul cerut regelui ” se arată că poporul la inaugurarea regelui trebuie să aducă „prinos de pâine de o *efă* de faină, iar untdelemnul un *hin* la *efă*” [16]. Acest prinos va fi și în ziua a noua și în zilele de sărbătoare și de bucurie, iar

în fiecare zi câte un miel și „prinos de pâine în fiecare dimineață, a șasea parte din *efă*, și untdelemn a treia parte din *hin*, ca să amesteci făina. Aceasta este o lege veșnică despre prinosul de pâine ce trebuie să se aducă Domnului întotdeauna” [17]. Referitor la *efă* de grâu se vorbește și în cap.8 „Vedenia despre pieirea casei lui Israel și foametea duhovnicească”, în care Domnul discutând cu proorocul Amos a zis: „Când va trece luna nouă ca să vindeți grâul în zi de odihnă, ca să deschidem jitnița, să micșorăm *efa*, să mărim *siclu* și să le înlocuim cu cântare strâmbe?” [18].

În convorbirea îngerului cu proorocul Zaharia, cap.5 „Vedenia cu sulul zburător, discul de plumb și cu două femei înaripate”, îngerul i-a atras atenția la o arătare pe cer. La întrebarea proorocului Zaharia ce este aceasta, îngerul a răspuns: „Este *efa* care iese la iveală și în care se află fărădelegea a tot pământului”. Și iată că s-a ridicat un disc de plumb, iar o femeie stătea în mijlocul *efei*. Îngerul a tâlcuit: „Aceasta este fărădelegea!” Și el a aruncat-o în *efă* și a răsturnat lespede de plumb deasupra ei. Când proorocul Zaharia a ridicat ochii și a văzut, cum au ieșit două femei, care au ridicat *efa* între pământ și cer și l-a întrebat pe înger încotro duc ele *efa*, îngerul a răspuns: „Ele merg să zidească o casă în pământul Sinear și Acad și să o așeze acolo la locul ei”. [19].

Regele Artaxerxe cap.8 „Ezdra în Ierusalim. Scrisoarea lui Artaxerxe. Darurile făcute templului Domnului și numărarea poporului ” a poruncit vistiernicilor Siriei și Feniciei că orice ar cere Ezdra, preotul și învățătorul legii lui Dumnezeu celui de sus, să i se dea cu toată luarea aminte: „Până la o sută de *talanți* de argint, asemenea și până la o sută de *core* de grâu și vin până la o sută de *bați (efe)*, și altele cât de multe”. [20].

O unitate de măsură pe larg utilizată în toate țările românești era *cupa*. În „Vechiul Testament” nu este stipulată valoarea numerică a *cupei*. În ceea ce privește *cupa* utilizată în țările românești, ea avea volumul de 1,45 l. Un exemplar de asemenea *cupă* se găsește în prezent la Muzeul Arheologic din Alba-Iulia. În „Vechiul Testament” *cupa*, ca unitate de capacitate, este des amintită. Astfel, în cap.7 „Facerea casei regale și a vaselor sfinte” se vorbește că în casa regală trebuiau să fie zece postamente de aramă și „fiecare postament avea câte patru roți de aramă și osii de aramă. La cele patru colțuri ale lor erau niște console, în chipul unor numere; jos sub *cupa* spălătoarei și pe lângă fiecare ghirlandă de flori era o policioară turnată”. [21].

În cap.28 „Sfătuirea cea din urmă a lui David pentru zidirea templului Domnului” se arată că pe vasele din aur și argint trebuie să fie indicată greutatea lor. Astfel, David i-a dat lui Solomon aurul pentru furculițele, castroanele și *cupele* de aur curat cu însemnarea greutății fiecărui vas și argintul pentru vasele de argint cu însemnarea greutății fiecărui vas. [22]. Despre aceasta se amintește și în cap.4 „Vasele Sfințite”. După ce Solomon a făcut jertfelnicul, a făcut și așa numita *mare de aramă*, care avea grosimea „în pereți de un *lat de palmă*”; marginile ei erau ca marginile unei *cupe*; în ea încăpeau până la trei mii de *baturi (efe)*. [23].

În anul întâi al domniei regelui Perșilor Cyrus, Domnul Dumnezeu i-a poruncit să-i facă un locaș la Ierusalim. Pentru aceasta era nevoie de surse care, sub formă de ajutor din partea populației, se exprimau prin aur, argint și vase lucrate din aceste metale. Astfel, au fost aduse treizeci de *cupe* de aur, patru sute zece *cupe* de argint, douăzeci și nouă de cuțițe [24].

Pentru „Călătoria lui Eliazar la Ierusalim”, cap.8, el a transmis prin doi preoți, Șerevia și Harabia, poporului din Ierusalim: „*Cupe* de aur, douăzeci, de o mie de *drahme* una, și două vase de aramă din cea mai bună, lucitoare, care se prețuiește ca aurul”. [25].

Adresându-se către poporul său, cap.51 „Făgăduințele pentru cei credincioși”, Domnul Dumnezeu a grăit „Iată iau din mâna ta paharul ameteții, *cupa* mâniei Mele, și tu nu o vei mai bea”. [26]. În cap.65 „Răsplătirile Domnului” se accentuează către popor: „Și voi,

cei ce ați părăsit pe Domnul, ați uitat de muntele Meu cel Sfânt, care întindeți masă pentru dumnezeul Gad, umpleți o *cupă* și pentru Meni”. [27].

Cuvântul care a fost de la Domnul către Ieremia, cap.35 „Cei din casa Recabiților nu voiesc să bea vin”, se referă la folosirea vinului. Ieremia a „pus în fața fiilor casei Recabiților *cupe* pline cu vin și pahare și le-a zis: „Beți vin”, la care ei au zis: „Noi nu bem vin, pentru că Ionadab ne-a dat poruncă să nu bem”. [28].

Un lucru contrar se specifică în cap.51 „Proorocie pentru pieirea Babilonului,” Babilonului i-a fost înmănată *cupa* de aur a Domnului, care a îmbătat tot pământul, băut-au popoarele din vinul ei și au înnebunit. [29].

Dat fiind că Sedechia, rege în Ierusalim, a făcut multe rele în ochii Domnului, el a fost dat jos de regele Babilonului care a pornit cu război împotriva Ierusalimului. Ca urmare, s-a început jefuirea Ierusalimului. Astfel, „căpetenia gărzii a luat vasele și cleștele, cazanele și candelarele, cătuile și *cupele* – tot ce era de aur și ce era de argint”. [30].

Tot în acest context este și cap.2 „Vedenia proorocului despre relele viitoare și pedeapsa Caldeilor pentru rățacirile lor”, în care proorocul Ava s-a exprimat: „Vai de cel ce adapă pe prietenul său din *cupa* otrăvită, până îl îmbată, ca să vadă goliciunea lui”. [31].

În cap.9 „Făgăduința binefacierilor dumnezeiești” se spune că Savaot îi va ocroti și ei vor călca în picioare pietrele de prăpastie și vor bea sângele ca pe vin. Și vor plini ca o *cupă* de jertfă, ca și coarnele jertfelnicului. Aici se are în vedere poporul Ierusalimului. [32].

Cuvântul Domnului, cap.12 „Făgăduințe pentru cei din Ierusalim...”, spune: „Iată, voi face din Ierusalim *cupă* de amăgire pentru toate popoarele din jur; tot așa va fi și pentru Iuda, când Ierusalimul va fi împresurat” [33].

Simon, fiul lui Onie, preotul cel mare, în viața sa a sprijinit templul Domnului, cap.50 „Lauda lui Simon...” „Simon, slujind la altar, să împodobească jertfa Celui Preaînalt Atotștiitorului.” „Întindea la *cupă* mâna sa și luând din sângele strugurelui, varsă la temeliile jertfelnicului miros de bună mireasmă Celui Prea Înalt, Împăratului tuturor” [34].

Altă unitate de capacitate era *vadra (batur)*, care avea valoarea de 30,0 l. Această unitate de măsură a capacității se întâlnește și la popoarele din țările românești cu diferite valori. Astfel în Țara Românească, vadra avea 50,24 l; în Moldova – 15,2 l, iar în Muntenia – 12,8 l. [35].

În cap.7 „Facerea casei regale și a vaselor sfinte” se arată că grosimea pereților ei (marea de aramă) era de un *lat de palmă* (8,0 cm); și marginile ei, făcute ca marginile potirului, semănau cu floarea de crin îmbobocit. Și încăpeau în ea două mii de *baturi (vedre)*. Din dispoziția lui Solomon, meșterul Hiram din Tir, pe lângă toate care le-a făcut pentru casă, a mai făcut zece lighene de aramă: „în fiecare lighean patruzeci de *baturi (vedre)*...” [36].

Același lucru se descrie și în cap.4 „Vasele sfinte”[37].

Regele Artaxerxe poruncește ca tot ce va cere de la voi (vistierii) preotul Ezdra, învățătorul legii Dumnezeului ceresc să-i dați numaidecât: „Argint până la o sută de *talani*, grâu până la o sută *core*, vin până la o sută de *baturi* și tot până la o sută de *baturi* de untdelemn; iar sare, fără măsură”.

Și a zis Domnul către Osea ca să plece și să-și găsească o femeie pe care s-o iubească dat fiind că prima soție nu-i era credincioasă (cap.3 „Despre necredința poporului și îndelunga răbdare a lui Dumnezeu”). Și atunci Osea a găsit o femeie „pe care a cumpărat-o pe preț de cincisprezece *sicli* de argint, un *homer* de orz și un *letec* de orz”. [38]. Unitatea de măsură *letec* avea o capacitate de 19,4 l (cinci *efe*).

Și când regele David cu oștirea lui s-a instalat cu tabăra în ținutul Galaab „i-au adus zece pături pregătite, zece *talere*, vase de lut, grâu, orz, faină, grăunțe, linte și pâine”. [39]. Valoarea *talerului* – nu este specificată, ca și a altor unități de măsură a capacității.

Când Solomon, regele Israelului, a hotărât să înalțe templu numelui Domnului și casă pentru sine (cap.2 „Pregătirea pentru zidirea templului”), a tocmnit un număr mare de meșteri

circa 19 mii, care mai trebuiau și hrăniți. De aceea, Solomon a trimis la Hiram, regele Tirului, adresare să fie ajutat cu meșteri, materiale și alimente, la ce Hiram a răspuns: „Iată robilor tăi, tăietorilor care taie lemnul, le dau hrană: douăzeci de mii de *core* de grâu, douăzeci de mii de *core* de orz, douăzeci de *core* de vin, și douăzeci de mii de *core* de untdelemn”. [40]. O *coră*, după datele din „Vechiul Testament”, avea capacitatea de 240 l (10 *efe*).

Solomon domnea peste toate regatele de la râul Eufrat până la pământul Filistenilor și până la hotarul Egiptului. Acestea îi aduceau daruri și hrană. Astfel, „hrana lui Solomon pe fiecare zi era: treizeci *core* de făină de grâu și șaiszeci *core* de alte preparate din făină, 10 boi îngrășați, 20 de boi ce pasc iarbă, 100 de oi, în afară de vânatul cerbilor, căprioarelor, ciutelor și păsărilor”, (cap.4 „Dregătorii lui Solomon. Slava lui”). [41].

„Iar Solomon îi dădea lui Hiram douăzeci de mii de *core* de grâu pentru hrana casei lui și douăzeci de *core* de untdelemn de măslina curat. Atât îi da Solomon lui Hiram pe fiecare an”. [42].

İotam, care a domnit în Ierusalim șaisprezece ani, a avut război cu regele Amoniților și i-a biruit. Și „în acel an Amoniții i-au dat o sută de *talani* de argint, i-au dat zece mii *core* de grâu și zece mii de *core* de orz. Această dare i-au dat-o Amoniții și în al doilea și al treilea an” [43].

S-a arătat Domnul lui Avraam la stejarul Mamvri, care i s-a închinat și i-a zis: „Doamne, de am aflat har înaintea Ta, nu ocoli pe robul Tău! Se va aduce apă să vă spălați picioarele, pâine și veți mânca”. Și i-a zis Domnul: „Fă, precum ai zis!” După ce „a alergat Avraam în cort la Sarra și i-a zis: Frământă degrabă trei *măsuri* de făină bună și fă anzime”. [44].

*Vase – măsuri* se întâlnesc și la popoarele din ținuturile românești cu o capacitate de 0,75 l, dar e puțin probabil ca *măsura* din „Vechiul Testament” să aibă aceeași capacitate cu *măsura* română.

İisus vorbea cu poporul prin pilde. Spre exemplu, pilda cu semințele semănate care au nimerit în diferite condiții – în drum pe loc pietros, în spini, pe pământ bun și İisus a lămurit care este rezultatul și s-a referit la oameni comparând pământul cel bun cu Împărăția Cerurilor. Apoi le-a adus altă pildă: „Asemenea este împărăția cerurilor aluatului pe care, luându-l, o femeie l-a ascuns în trei *măsuri* de făină, până ce s-a dospit toată” (cap.13 „Șapte pilde despre Împărăția Cerului. İisus neluat în seamă în cetatea Sa”). [45].

În cap.30 „Amenințări asupra lui Iuda” Domnul Dumnezeu se adresează către poporul Israel și le arată calea pe care ei trebuie să-l urmeze. Și dacă ei vor urma calea pe care o indică Domnul, el va da ploaie și va rodi pământul pâine care va fi gustoasă și hrănitoare, iar „boii și asinii care lucrează pământul, vor mânca nutreț dat cu sare, cu lopata și cu *banița* vânturat”. [46].

Și a zis İezerechia către İsaia „Bun este cuvântul Domnului pe care l-ai grăit. Iarba se usucă și floarea se vestejește, dar cuvântul Dumnezeului nostru rămâne în veac”. Aceasta are loc din lipsă de apă. Și atunci: „Cine a măsurat apele cu *pumnul* și cine a măsurat pământul cu *cotul*? Cine a pus pulberea pământului în *baniță* și cine a cântărit munții și vaile cu cântarul? Cine l-a sfătuit pe Domnul?” Și aceasta pornind de la faptul, că „neamurile sunt ca o picătură de apă pe marginea unei *găleți*, ca un fir de pulbere într-un cântar”. [47].

*Banița*, ca unitate de măsură pentru cereale, era cunoscută în toate ținuturile românești și utilizată, mai ales, în Țara Românească. Datorită faptului că *banița* avea diferite valori (22,5 l, 28 l, 30 l, 41,5 l, 60 l) care variau de la ținut la ținut, istoricește în sec. XIX a fost determinată o valoare unică pentru *baniță* – pentru *banița mare* (63,5 l) și pentru *banița mică* (31,75 l).

Denumirea de *baniță* provine de la bani. Romanii spuneau „*modius numos metiri*” – a măsura banii cu bănița. [35].

În corespundere cu cele relatate se poate conchide că unitățile de capacitate utilizate de

la crearea lumii și descrise cu lux de amănunte în „Vechiul Testament” au avut, în dependență de funcție și loc, diferite valori. Unele din aceste valori erau marcate pe unitățile de măsură de către rege.

Valorile unităților de capacitate din „Vechiul Testament”, exprimate în unități contemporane, sunt următoarele:

1. Homer (kor).....388 l
2. Cor.....240 l
3. Efa (bath).....38,8 l
4. Vadra.....30,0 l
5. Hin.....6,5 l
6. Omer (isaron).....3,88 l
7. Log (kotil).....0,55 l
8. Cupa.....0,175 l.

Pentru lichide aceste unități aveau valori:

1. Kor.....388 l
2. Bath.....38,0 l
3. Hin.....6,5 l
4. Log.....0,55 l.

### **Bibliografie**

1. Vechiul Testament, cap.14, p.10, pag.129;
2. Ibidem, cap.14, p.24, pag.130;
3. Ibidem, cap.16, p.16, 18, 22, 23, 36, pag.86;
4. Ibidem, cap.29, p.40, pag.101;
5. Ibidem, cap.4, p.11, pag.797;
6. Ibidem, cap.45, p.24, pag.844;
7. Ibidem, cap.46, p.5, 7, 11, 14, pag.844;
8. Ibidem, cap.25, p.14, 15, 16, pag.222;
9. Ibidem, cap.6, p.19, pag.270;
10. Ibidem, cap.2, p.17, pag.291;
11. Ibidem, cap.1, p.24, pag.295;
12. Ibidem, cap.17 p.17, pag. 312;
13. Ibidem, cap.5, p.10, pag. 680;
14. Ibidem, cap.45 p.10, 11, 13, pag.843;
15. Ibidem, cap.45, p.24, pag.844;
16. Ibidem, cap.46, p.5, 7, 11, 14, pag.844;
17. Ibidem, cap.8, p.5, pag. 879;
18. Ibidem, cap.5, p.6, 7, 8, 9, 10, 11, pag.906 (907);
19. Ibidem, cap.8, p.22, pag.963;
20. Ibidem, cap.7, p.30, pag.368;
21. Ibidem, cap.28, p.17, pag.455;
22. Ibidem, cap.4, p.5, pag.460;
23. Ibidem, cap.1, p.10, pag.497;
24. Ibidem, cap.8, p.27, pag.505;
25. Ibidem, cap.51, p.22, pag.718;
26. Ibidem, cap.65, p.11, pag.727;
27. Ibidem, cap.35, p.5, pag.767;
28. Ibidem, cap.51, p.7, pag.784;
29. Ibidem, cap.52, p.19, pag.787;
30. Ibidem, cap.2, p.15, pag.897;
31. Ibidem, cap.9, p.15, pag.909;
32. Ibidem, cap.12, p.2, pag.911;
33. Ibidem, cap.50, p.17, pag.1025;
34. Victor V. Stan. Bazele metrologiei. Partea I. Istoria metrologiei. Editura „Univers Pedagogic”, Chișinău, 2006, pag.21.
35. Vechiul Testament, cap.7, p.26, 38, pag.368;
36. Ibidem, cap.7, p.22, pag.503;
37. Ibidem, cap.3, p.2, pag.866;
38. Ibidem, cap.17, p.28, pag.348;
39. Ibidem, cap.2, p.10, pag.459;
40. Ibidem, cap.4, p.22, 23, pag.364;
41. Ibidem, cap.5, p.11, pag.365;
42. Ibidem, cap.27, p.5, pag.483;
43. Ibidem, cap.18, p.6, pag.27;
44. Ibidem, cap.13, p.33, pag.1113;
45. Ibidem, cap.30, p.24, pag.699;
46. Ibidem, cap.40, p.12, 15, pag.707.

*Primit la redacție: 26 august 2011*