

P-ISSN 1810-6498

E-ISSN 2537-6349

Categoria C

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

FIZICA
ȘI
TEHNOLOGIILE MODERNE

(„Fizica și tehnologiile moderne – <http://sfm.asm.md/ftm/index.html>”)

Revistă științifico-didactică și de popularizare a științei

VOL. 15

Chișinău 2017

nr.3-4 (59-60)

Fizica și tehnologiile moderne

Revistă trimestrială științifică, științifico-didactică și de popularizare a științei. Cuprinde materiale de larg interes din domeniul fizicii și științelor conexe acesteia. Tiraj – 200 ex. Revista este reacreditată ca publicație științifică de profil prin Hotărârea comună nr. 151 din 26 mai 2016 a Consiliului Suprem pentru Știință și Dezvoltare Tehnologică al AȘM și a Consiliului Național pentru Acreditare și Atestare și inclusă în lista revistelor științifice de profil la categoria C, profilul științe fizice; știința informației; științe ingineresti și tehnologii (Hotărârea nr. 245 din 11.11.2015).

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

Redactor-șef	Dr. Ion HOLBAN
Redactor-șef adjunct	Conf.univ.dr. Anatol SÂRGHI
Secretar de redacție, redactor	Lect. univ. superior, GrD I, Ștefan D. TIRON
Tehnoredactare, coperta	Student Ion SAMOIL , FCIM, UTM

Colegiul de redacție

Dr. Ion **ANDRONIC**
Dr. Nicolae **BALMUȘ**

Acad. Valeriu **CANȚER**

Dr. habil. Anatolie **CASIAN**
Conf.univ.dr. Pavel **CATANĂ**

Dr. habil. Valerian **DOROGAN**

Dr. habil. Valeriu **DULGHERU**
Cerc. șt. Ion **ILIEȘ**
Dr. Iulia **MALCOCI**
Prof. GrD superior Ion **NACU**

Dr. habil. Dormidont **ȘERBAN**
Acad. Ion **TIGHINEANU**
Prof.univ. dr. Florea **ULIU**,
Craiova

Consiliul consultativ al revistei

Dr. Mirel **BIRLAN** (Paris)
Acad. Emil **BURZO** (Cluj)
Dr. Viorica **CHIORAN** (Baia Mare)
Acad. Leonid **CULIUC** (Chișinău)
Dr. habil. Igor **EVTODIEV** (Chișinău)
Prof. univ. dr. Marius **ENĂCHESCU** (București)
M.c. Ion **GERU** (Chișinău)
Prof. univ. dr. Alexandru **GLODEANU** (București)
Prof. univ. dr. Dan **IORDACHE** (București)

Prof. GrD sup. Emilian **MICU** (Brăila)
Acad. Vsevolod **MOSCALENCO** (Chișinău)
Acad. Zadig M. **MOURADIAN** (Paris)
Dr. habil. Florentin **PALADI** (Chișinău)
Dr. cosmonaut Dumitru Dorin **PRUNARIU**
(Brașov)
Dr. Magda **STAVINSCHI** (București)
Dr. habil. Vasile **TRONCIU** (Chișinău)

P-ISSN 1810-6498 „Fizica și tehnologiile moderne“
E-ISSN 2537-6349 (<http://sfm.asm.md/ftm/index.html>)

Institutul de Inginerie Electronică și Nanotehnologii „Dumitru Ghițu”;
Societatea Fizicienilor din Moldova; Universitatea Tehnică a Moldovei.

Revista nu aplică APCs (Article Processing Charges), nu percepe taxe pentru depunere, procesare și publicare a articolelor, indiferent de țara de origine a autorilor. Redacția nu plătește onorarii și nu restituie manuscrisele.

Revista oferă Acces Deschis (Open Acces) online la textul integral al articolelor, permite reutilizarea și remixul conținutului său (citire, descărcare, copiere, imprimare, distribuire) în conformitate cu licența Creative Commons CC-BY. Articolele publicate în revistă sunt stocate în Biblioteca electronică științifică a Institutului de Dezvoltare a Societății Informaționale - Instrumentul Bibliometric Național (IBN) și pot fi consultate accesând link-ul: https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_numar_revista/26/2138.

Revista permite autorilor să dețină și să păstreze drepturile de autor, fără restricții.

Adresa redacției:
Institutul de Inginerie Electronică și
Nanotehnologii „Dumitru Ghițu”, str.
Academiei 3/3, MD–2028 Chișinău,
Republica Moldova
Tel. + (37322) 294 860; 737 092.

Cel. 373-68276476; 373-69365511.
web: <http://sfm.asm.md/ftm/>
e-mail: ion.holban@yahoo.com
stefandtiron@gmail.com
ion.samoil@calc.utm.md

Cuprins

In memoriam

Vizionarul de la Universitatea Tehnică a Moldovei
(în memoria Prof. univ. Valerian Dorogan)

Ion HOLBAN 5

Actualități

Premiul Nobel pentru fizică 2017

18

Cum au fost detectate undele gravitaționale

Ștefan D. TIRON 20

Misiunea “Cassini” - Grand Finale

Ștefan D. TIRON 22

Tehnologii moderne

Fabricarea nanostructurilor poroase pe bază de design

Eduard MONAICO 24

Didactica fizicii

Cu privire la problemele de limită și extrem în fizică

Romulus SFICHI 34

Efectul bistabilității în mecanică

Vitalie CHISTOL 47

Localizarea punctelor de tangență cu adiabata și cu izoterma pe
dreapta cu pantă negativă în planul pOV

Florea ULIU 53

Scientologie

The work “L’étude de la courbe dynamique d’aimantation ... (Dynamic magnetization curves of some high-permeability mixed manganese and zinc ferrites)”, D. Iordache, Bul. Inst. Politeh. București 29(2) 25-41(1967)

Dan A. IORDACHE 57

Contents

In Memoriam

- The Visionary from the Technical University of Moldova
(In Memory of Professor Valerian Dorogan) 5
- Ion HOLBAN

News

- Nobel Prize in Physics 2017 18
- How were the Gravitational Waves Detected 20
- Ștefan D. TIRON
- The "Cassini" Mission - Grand Finale 22
- Ștefan D. TIRON

Modern Technologies

- Manufacture of Porous Nanostructures Based on Design 24
- Eduard MONAICO

Physics Didactics

- On Limit and Extreme Problems in Physics 34
- Romulus SFICHI
- The Bistability Effects in Mechanics 47
- Vitalie CHISTOL
- Localization of Points Tangent with an Adiabatic and an
Isotherm on a Straight Line with a Negative Slope in the pOV
Plane 53
- Florea ULIU

Scientology

- The work "L'étude de la courbe dynamique d'aimantation ... (Dynamic magnetization curves of some high-permeability mixed manganese and zinc ferrites)", D. Iordache, Bul. Inst. Politeh. București 29(2) 25-41(1967) 57
- Dan A. IORDACHE

CZU: 62 (478) (092)

VIZIONARUL DE LA UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

(în memoria Prof. univ. Valerian Dorogan, 3.01.1955-5.10.2017)

Ion Holban

Consiliul Național pentru Acreditare și Atestare al Republicii Moldova; Institutul de Dezvoltare a Societății Informaționale; Institutul de Inginerie Electronică și Nanotehnologii „Dumitru Ghițu”; ion.holban@yahoo.com; ionmaxhol@gmail.com

Rezumat. Este prezentată o schiță de portret a profesorului universitar Valerian Dorogan, prorector pentru știință și doctorat al Universității Tehnice din Moldova, distins om de știință, specialist în fizica și ingineria semiconductorilor și dielectricilor și în optoelectronică, inventator, participant activ la modernizarea învățământului ingineresc în R. Moldova, la crearea unui Muzeu al Tehnicii în aer liber, adept al îngemănării științei și culturii, promotor al dezvoltării unei societăți informaționale bazate pe cunoaștere în R. Moldova, expert în domeniul acreditării organizațiilor din sfera științei și inovării și pregătirii și atestării cadrelor științifice la Consiliul Național pentru Acreditare și Atestare, susținător fervent al orientării sferei științei și inovării din R. Moldova spre valorile Uniunii Europene.

Cuvinte-cheie: profesorul universitar Valerian Dorogan, fizica și ingineria semiconductorilor și dielectricilor, optoelectronică, inventator, știință și cultură, Muzeu al Tehnicii, expert în Consiliul Național pentru Acreditare și Atestare.

Abstract. A presentation is given of the Professor Valerian Dorogan, vice-rector for science and doctoral studies at the Technical University of Moldova, an active participant in modernizing the engineering schooling in Moldova, a remarkable scientist, inventor and specialist in physics and engineering of semiconductors and dielectrics, and in optoelectronics, one of the founders of the open air Technical Museum, a supporter of joining the science and culture, promoter of developing the informational society based on knowledge in Moldova, expert in accreditation of research and innovational organizations and in attestation of researchers at the National Council for Accreditation and Attestation, supporter of the EU orientation of the research and innovation in Moldova.

Key words: Professor Valerian Dorogan, physics and engineering of semiconductors and dielectrics, optoelectronics, inventor, science and culture, expert, National Council for Accreditation and Attestation.



Cerul plânge ca un copil

Colegiul de redacție al Revistei „Fizica și tehnologiile moderne” deplânge trecerea prematură în neființă a membrului Colegiului de redacție, profesor universitar doctor habilitat în științe inginerești Valerian Dorogan, prorector pentru știință și doctorat al Universității Tehnice din Moldova (UTM), distins om de știință, inventator, participant activ la modernizarea învățământului ingineresc în R. Moldova și la crearea unui Muzeu al tehnicii în aer liber la UTM, adept al îngemănării științei și culturii, promotor al dezvoltării unei societăți informaționale bazate pe cunoaștere în R. Moldova, expert în Comisiile de Acreditare și de Atestare ale Consiliului Național pentru Acreditare și Atestare (CNAA) pe parcursul multor ani, cu contribuții importante la acreditarea organizațiilor din sfera științei și inovării și la pregătirea și atestarea cadrelor științifice.

Prof. Dr. Habil. Valerian Dorogan a fost un susținător fervent al orientării sferei științei și inovării din R. Moldova spre valorile Uniunii Europene, a pledat pentru armonizarea actelor normative în domeniul științei adoptate în R. Moldova cu cele ale UE.

S-a stins subit din viață, la vârsta înfloririi puterilor sale intelectuale și creative, ca un stejar viguros lovit de fulger în plină vară. Acesta e destinul stejarilor, să fie doborâți doar de fulgere. Este o pierdere grea pentru știința moldovenească, în special, pentru științele exacte și cele inginerești care sunt locomotiva progresului. În aceste domenii R. Moldova dispune de prea puțini oameni de rangul celui plecat.

Pierderea omului de știință Valeriu Dorogan a fost deplânsă de toți vorbitorii la mitingul de doliu de la UTM, dar cuvintele care au reflectat cel mai deplin starea sufletească a celor prezenți le-a rostit conferențiarul universitar al UTM, pictorul Victor Cobzac: „Cerul plânge ca un copil. Se duc profesorii la Cer cu tot cu scară”, cuvinte care exprimă emoțional atât durerea pierderii unui om valoros, cât și tragedia prin care trece astăzi Basarabia. În urma emigrației masive a populației, ea rămâne fără oameni de știință și fără profesori care să crească grijuliu noile generații de cercetători. Cel mai greu le-a fost să se despartă pentru totdeauna de Valerian Dorogan părintelui său Vasile Dorogan în vârstă de 92 de ani, copiilor săi Daniela și Andrei și nepoțelilor Andreea și Robert (Robi al bunicului, cel mai mic).

Dreptul de a scrie despre Prof. univ. Valerian Dorogan

L-am cunoscut pe Prof. Valerian Dorogan pe parcursul a cca 30 de ani, la început ca cercetător la Institutului de Fizică Aplicată al AȘM, apoi ca funcționar (24 de ani) la Consiliul Național pentru Acreditare și Atestare (CNAA). Domnia sa a activat în CNAA timp de 17 ani în calitate de expert în diverse comisii, fapt pentru care instituția l-a înaintat la titlul de „Om emerit”, care i-a fost acordat în 2012. În mare măsură grație Domniei sale între CNAA și UTM s-a stabilit o colaborare fructuoasă, demnă de urmat și de alte instituții de cercetare.

Am avut ocazia să fiu în preajma regretatului Valerian Dorogan de multe ori, la diverse conferințe, manifestări științifice și culturale organizate de UTM, cum ar fi, de exemplu, „Simpozionul Cucuteni – 5 000. Redivivus”, ceremoniile de acordare a titlului Doctor Honoris Causa diferitelor personalități ale științei și tehnicii naționale și internaționale (inclusiv astrofizicianului Eugeniu Grebenicov, cosmonautului Dumitru Dorin Prunariu ș.a.). Deseori l-am văzut în compania multor personalități ale științei și culturii naționale și internaționale, 15 ani l-am avut alături în calitate de membru al Colegiului de redacție al revistei *Fizica și tehnologiile moderne*. Am fost împreună și atunci când l-am petrecut pe ultimul drum, de la Chișinău la Cahul, pe matematicianul și astronomul Eugeniu Grebenicov (1932-2013), a cărui urnă, la dorința savantului, a fost adusă de la Moscova și așezată alături de rămășițele pământești ale părintelui său, Alexandru. Toate acestea îmi dau dreptul de a scrie aceste cuvinte de omagiere.

Scurte notițe biografice

Viitorul om de știință s-a născut la 3 ianuarie 1955 în satul Cotiujenii Mari, raionul Soroca, în familia învățătorilor Vasile Dorogan, director de școală, profesor de limbă română și muzică, o bucată de timp și conducător al corului școlii, și Lidia Dorogan (Prodan), profesoară de geografie și biologie. De la părinți a moștenit interesul pentru științe, pentru floră și faună, pentru literatură și arte. Citea mult, devenind un adevărat cărturar, era pasionat de muzică, cânta la vioară, îi plăcea să meargă la vânătoare, această ocupație practicând-o mai mult din dragostea de a se afla printre prieteni, în sânul naturii.

Era și un împătimit drumeț pe potecile de munte și de pădure. Venea dintr-o generație mai depărtată de cel de al doilea război mondial, o generație mai cu carte, mai moderată, mai cuviincioasă, mai setoasă de cunoștințe, de a pătrunde mai în profunzime fenomenele naturii, de afirmare cu toată seriozitatea pe tărâmul cercetării, o generație care a avut și un cuvânt mai greu de spus în domeniul științelor. Comunitatea științifică este recunoscătoare părinților pentru educarea unui viitor om de știință competent, cult, onest, demn, cu verticalitate.

Din tinerețe Valerian avea simțul umorului, dovadă a unei inteligențe superioare. În ultimul an de școală și-a făcut un selfie, vorba adolescenților de azi, s-a fotografiat ținând într-o mână arma de vânătoare a tatălui, iar în alta - vioara, chipurile îi vine greu să aleagă între a fi vânător și a fi muzicant. În timpul vieții îi plăcea să povestească momente hazlii din viața sa. Odată fiind la Mănăstirea Neamț și aflat în fața unei biserici impunătoare a întrebat preotul: „Părinte, cât e de aici până la vârful crucii bisericii”, la care părintele a răspuns: „Tot atât cât e de acolo până aici”. Povestea cu atâta plăcere acest episod.

Studiile

După absolvirea școlii medii din Cotiujenii Mari (1961-1971) și-a continuat studiile la Universitatea Tehnică din Moldova, Facultatea de electrofizică (1971-1977). A dat preferință reginei științelor – fizicii (nu muzicii și vânătoriei), fizicii experimentale pe care reformatorul fizicii Galileo Galilei (1564-1642) o pune în fruntea tuturor științelor. A susținut lucrarea de diplomă (echivalentă astăzi cu teza de masterat) în domeniul fizicii dielectricilor și semiconductorilor: „Diode electroluminescente pe baza compușilor ternari AlGaAs”. Dar nu s-a oprit aici. Doctoratul l-a continuat tot la UTM, sub conducerea prof. univ. dr. hab. Viorel Trofim, dar cu deplasări de lungă durată la vestitul Institut Fizico-Tehnic „A. F. Ioffe” din Sankt-Petersburg (pe atunci Leningrad), o forjerie de cadre științifice cunoscută în întreaga lume (din această instituție merituosă de cercetare au pornit în lume viitorii laureați ai Premiului Nobel, P. L. Kapița (1894-1984) și J.A. Alferov (1930)), în Laboratorul Fenomene de contact în semiconductori (1982-1985). Teza de doctorat „Celule solare subțiri pe baza heterostructurilor AlGaAs” a fost susținută în 1987, obținând titlul de doctor în științe tehnice (ingineresti).

Au urmat apoi cercetări și mai aprofundate în domeniu, încununată cu susținerea cu succes în 1999 a celei de a doua teze, de doctor habilitat în științe inginerești: „Dispozitive cu semiconductori pentru recepția radiației optice și tehnologii de confecționare pe baza epitaxiei din faza lichidă”. Această teză a fost un studiu deschizător al unei noi direcții de cercetare, căreia autorul i-a consacrat partea cea mai însemnată a vieții sale.

Protagonistul devenind cu timpul unul din cei mai devotați cercetători ai domeniului pe care l-a îmbogățit cu numeroase lucrări fundamentale conceptuale consacrate celor mai actuale teme în domeniu - fenomenele electrice și de radiație din semiconductori [1-4], inclusiv nanotehnologiile [5-7], precum și aspectele aplicative [8-11].

Studiile sale au adus contribuții valoroase la ridicarea nivelului științific, la afirmarea și promovarea în lume a școlii moldovenești de fizică experimentală a semiconductoarelor și dielectricilor, de optoelectronică, în genere, a fizicii stării condensate.

Pe băncile universității tânărul cercetător și-a întâlnit și prietena vieții, Tamara Prodan (al cărei nume de familie coincidea cu cel de fată al mamei sale). Era din Orhei, se trăgea dintr-o familie de muncitori. Se asemanau mult: tineri, frumoși, setoși de cunoștințe, iubitori de muncă, înțelepți. A fost o familie exemplară. Au crescut în dragoste și stimă doi copii, fiica Daniela și feciorul Andrei, pe care de mici i-au deprins cu munca, pe băiat îl învățase și cum să cosească iarba. Soarta însă a fost nemiloasă cu ei, mulți ani la rând Valerian s-a văzut nevoit să se lupte pentru viața soției, care suferea de cancer, chiar lucrând și la elaborarea unor aparate de depistare și combatere a maladiei [11]. N-a trecut nici un an de zile de la trecerea în neființă a Tamarei și s-a stins subit și el.



Tânăra și fericita familie Dorogan, Tamara, Valerian, Daniela și Andrei

Ascensiunea pe scara ierarhică a profesiei

Având capacități intelectuale și de muncă deosebite, Valerian Dorogan a urcat treaptă cu treaptă scara ierarhică a profesiei în cadrul Universității Tehnice a Moldovei: în calitate de inginer (1977-1982), cercetător științific (1982-1987), cercetător științific superior (1987-1993), șef al Laboratorului de microelectronică (1990-2017), cercetător științific principal (1993-2017), profesor universitar (2000-2017) la Catedra de telecomunicații. Cu o asemenea ascensiune în cariera de cercetător, o candidatură mai bună de prorector pentru cercetarea științifică și doctorat nici că se putea găsi. A fost mâna dreaptă a rectorului timp de 16 ani la rând (2001-2017). A onorat prin muncă onestă și dăruire această funcție și încrederea pe care i-au acordat-o colegii săi de breaslă.

S-a dovedit a fi și un bun administrator. În această funcție a avut un cuvânt greu de spus în privința organizării cercetării și a studiilor în instituțiile de învățământ superior.

Despre faptul că alegerea sa în funcția de prorector nu a fost întâmplătoare ne vorbesc rezultatele activității științifice a savantului Valerian Dorogan, pe care le vom înșira aici succint prin enumerarea evenimentelor și manifestărilor la care a luat parte, însoțită de unele cifre. Autor (coautor) al peste 400 de lucrări științifice publicate în prestigioase reviste științifice, inclusiv 24 de brevete de invenție. Realizările tehnico-științifice ale prof. Dorogan împreună cu colaboratorii săi au fost prezentate la peste 60 de conferințe științifice și expoziții internaționale și apreciate cu 76 de medalii de aur și 37 de argint și de bronz, 21 de premii și distincții speciale, cum ar fi: EUREKA, Bruxelles; Geneva; Pro Invent, Cluj Napoca, România; Inventica, Iași, România; Arhimede, Moscova, Rusia; Новый час (Timpuri noi), Sevastopol, Ucraina; Euro Invent; IWIS, Varșovia, Polonia; INOVA, Zagreb, Croația.



Prorectorul pentru știință și doctorat Valerian Dorogan împreună cu rectorul acad. Ion Bostan

Povara omului de știință

Fiecare cercetător ar fi fericit să se ocupe numai de cercetare. Dar știința este o mare uzină care cere și multe activități de alt ordin: pregătirea cadrelor, modernizarea echipamentului științific, administrarea cercetărilor și a procesului de învățământ, expertizarea rezultatelor științifice ale altor instituții, altor cercetători, diseminarea cunoștințelor, raportarea rezultatelor și multe alte activități de rutină, astfel că cercetătorul se vede nevoit să-și consacre cercetării, prosperării științei și o bună parte a timpului său liber.

Profesorul Valerian Dorogan făcea acest lucru cu mare pasiune. Punea mult suflet în tot ceea ce realiza. A fost coordonator de proiecte și granturi de cercetare-dezvoltare naționale și internaționale, conducător la trei teze de doctorat susținute, membru al seminarelor științifice de profil la specialitatea *Fizica și ingineria semiconductorilor* din cadrul Institutului de Fizică Aplicată și Universității de Stat din Moldova, secretar științific în Colegiul de redacție al revistei „Meridian Ingineresc”, membru al colegiilor de redacție ale revistelor *Intellectus* (2002–2017) și *Fizica și tehnologiile moderne* (2003–2017), membru al Biroului Asociației Inginerilor din Moldova (1995–2017), membru al Comisiei de Atestare a CNAA și președinte al Comisiei unificate de experți în domeniul științelor tehnice și economice a CNAA (2004–2012), membru al Comisiei de etică a CNAA (2012–2015), membru al Secției și al Biroului Secției Științe inginerești și tehnologice ale AȘM (2013–2015). Permanent căuta să se perfecționeze, să fie la curent cu organizarea și desfășurarea cercetărilor în alte țări. După cum am menționat deja, se documenta și efectua cercetări și în alte centre științifice din lume: la Institutul Fizico-Tehnic „A.F. Ioffe” din Sankt-Petersburg (1985, 1987, 1988); la Centrul științific din Neuchatel, Elveția, în cadrul unui proiect SCOPES, 2007; la Universitatea din Dalian, China, 2011.

Vizibilitatea științifică

Deși era un om de o rară modestie, activitatea asiduă și onestă a prof. Dorogan a fost înalt apreciată de comunitatea științifică din R. Moldova și din lume [12-14]. I s-a acordat Marele Premiu al AGEPI, 2005; distincția Meritul Științific „INVENTICA 2005” (de Societatea Inventatorilor din România); Ordinul Științific „Gogu Constantinescu” în grad de Comandor (de Societatea Inventatorilor din România), 2006; Medalia de Argint „60 de ani ai AȘM”, 2006; Premiul *Forumului Inventatorilor Români* (FIR) „Cupa de Aur”, pentru invențiile din domeniul electronicii, Pro Invent, 2007, Cluj-Napoca; Distincția Inventator de Elită, clasa a II-a, Institutul Național de Inventică, 2007, Iași; titlul de Membru de Onoare al *Forumului Inventatorilor Români*, 2007; Diploma specială și Ordinul „Leonardo da Vinci”, FIR, Iași, 2009; Marele Premiu al AGEPI, 2009, pentru ciclul de lucrări în domeniul elaborării aparatelor pentru terapie cuantică; Premiul Societății Inventatorilor din România, 2010, Cluj-Napoca; Premiul LEAL, 2010, Cluj-Napoca; Medalia „Meritul inventiv”, „INVENTICA 2010”, Iași; Ordinul științific „Aurel Vlaicu”, FIR, „EUROINVENT”, 2011; Premiul și Insigna de Onoare a Universității Tehnice „Gh. Asachi”, „EUROINVENT”, 2011, Iași; Premiul Universității „Alexandru Ioan Cuza” din Iași, a 4-a Expoziție Europeană pentru Creativitate și Inovare „EUROINVENT”, 2012, Iași; Titlul onorific „Om Emerit”, R. Moldova, 2012; Medalia „Dimitrie Cantemir”, AȘM, 2015, titlul de Membru-corespondent al Academiei Româno-Americane, Membru de Onoare al Academiei de Științe Tehnice din România.

Știința și cultura - două activități îngemănate

Specific pentru Universitatea Tehnică din Moldova, încă de la înființarea acesteia, este promovarea științei pe fundalul unui mediu cultural universitar pe potrivă. Un promotor înfocat al evenimentelor culturale din cadrul UTM ar putea fi numit



energicul și inimosul profesor universitar Aurel Marinciuc, care este o enciclopedie vie de istorie a Basarabiei, un neîntrecut colecționar de documente privind intelectualitatea acestei provincii românești, alături de primul rector al UTM, acad. Sergiu Rădăuțanu, prorectorii Ion Văluță, Andrei Ciumac și mulți alți cercetători și organizatori ai procesului de studii la UTM. Cunosc bine aceste lucruri pentru că la începutul carierei mele de cercetător, ajutat de rectorul Sergiu Rădăuțanu și prorectorul Andrei Ciumac, am locuit mai mult de o jumătate de an în căminul pentru profesori al Institutului Politehnic, deși nu eram angajat la această instituție. Era perioada dezghețului hrușciovist de liberă exprimare, citeam cărți care mult timp fuseseră interzise de cenzura sovietică și apoi le discutam împreună cu alți profesori-locatari.

Drept mărturie a pasiunii pentru cultură a conducerii UTM, inclusiv a prorectorului Valerian Dorogan, pot servi cărțile de istorie a universității [17-19] în care sunt consemnate toate personalitățile care și-au adus contribuția la edificarea acestei catedrale a științei inginerești, precum și Muzeul tehnicii în aer liber care a încărcat spațiul adiacent UTM cu memorie istorică vizuală, prin sculpturile realizate de vestiți sculptori din R. Moldova în timpul unor ateliere de creație ad-hoc ce vizau sculptura, pictura, design-ul organizate de instituție și chemate să încurajeze implementarea artei contemporane în produsele inginerești. În ultimul timp prorectorul se gândea cum ar putea să plaseze în campusul universitar o răstignire originală, înaltă de 27 m, concepută în stil brâncușian de omul de arte, Tudor Botin, conferențiar universitar la UTM.



Profesorul universitar Valerian Dorogan împreună cu poetul Radu Cârneli

Este demn de menționat că UTM păstrează o legătură strânsă cu foștii absolvenți ai instituției. Prorectorul Dorogan era un sprijinitor fervent al organizării unor evenimente în memoria unor personalități științifice și culturale nu numai din R. Moldova, ci și din întregul areal al științei și culturii românești. Prof. Dorogan considera că a da viață trecutului face bine pentru moralul corpului didactic, dar și al societății. El era un împătimit al istoriei neamului. Cu totul neobișnuită pentru o instituție inginerească a fost organizarea periodica a „Simpozionului Cucuteni – 5000. Redivivus”, manifestare care demonstrează cu artefacte arheologice veritabile că avem rădăcini istorice și culturale adânci în acest pământ, de peste 5000 de ani.

Profesorul Valerian Dorogan fiind un susținător înflăcărat al acestei manifestări și unul dintre organizatorii ei de bază, Simpozionul a avut mai mult de 11 ediții în R. Moldova și România, transformându-se într-un pod spiritual între cele două maluri ale Prutului.

Această manifestare științifică și culturală cuprinde nu numai instituții universitare de pe cele două maluri ale Prutului (UTM, Universitatea Politehnică „Gheorghe Asachi, Iași, Universitățile din Bacău și Suceava), ci și multe alte localități cu tradiții istorice și culturale: Cucuteni, Soroca, Cahul, Hâncești, Valul lui Traian, Colibaș, Cașin, Bacău, Soveja, Vrancea etc., antrenând astfel în procesul de culturalizare, alături de participării la manifestarea științifico-culturală, un spectru larg de cetățeni ai localităților respective, realizând în felul acesta o sinergie între patrimoniul științific și cel cultural.

Aceste rădăcini adânc implantate în pământul culturii și istoriei neamului au ambiționat conducerea UTM să construiască un Observator astronomic înzestrat cu instrumente moderne, să conceapă și să construiască un microsatelit moldovenesc. Ce fericire este pentru studenți să lucreze la asemenea programe complexe de anvergură. Molipsit de entuziasmul utemiștilor și personal de cel al prorectorului Dorogan, autorul a scris și o carte în timpul evenimentelor de pomină „Cosmosul ne cheamă” [20], pe care rectorul Ion Bostan și prorectorul Valerian Dorogan au citit-o în manuscris și au venit cu sugestii prețioase.

Împătimit de literatură

Profesorul Valerian Dorogan, un om de știință de înaltă competență în fizica și ingineria electronică, cu vizibilitate mare în mediul academic din țară și de peste hotare, a fost totodată și un om de cultură. Puteai să discuți cu Domnia sa pe orice temă, el fiind totdeauna binevoitor, sincer, deschis, cumpătat la vorbă, condimentând vorbele cu sarea și piperul umorului. Profesorul Dorogan aprecia eforturile autorului acestor rânduri, care este pasionat de poeziile de profunzime ale lui Eminescu, de a promova un Eminescu venit din știință. Când a avut ocazia să viziteze Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași a ținut numaidecât să vadă portretul lui Eminescu realizat de pictorul Sabin Balașa (1932-2008). Din „volbura de gândire” a poetului național ne tragem ca spirit. Acest fapt îl caracterizează probabil cel mai mult pe omul de cultură Valerian Dorogan.



Fă-ți timp, ACUM!

Deși totdeauna era calm, domol în mers și la vorbă, totdeauna se simțea la el o grabă internă de a descifra mai multe taine ale naturii, de a face cât mai multe lucruri bune. Citea mult, îi plăcea îndeosebi să citească și să recitească versurile pline de învățăminte filozofice ale scriitorului englez Joseph Rudyard Kipling (1865-1936), care îi părea că i se adresează personal: „În trecerea grăbită prin lume către veci, / Fă-ți timp măcar o clipă să vezi pe unde treci! / Fă-ți timp să guști frumosul din tot ce e curat, / Fă-ți timp, că ești de multe mistere-nconjurat! / Fă-ți timp pentru adevăruri și adâncimi de vis. / Fă-ți timp pentru prieteni cu sufletul deschis! / Fă-ți timp să vezi pădurea, s-asculți lângă izvor. / Fă-ți timp s-asculți ce spune o floare, un cocor! / Fă-ți timp, ACUM! / Să știi: zadarnic ai să plângi, / Comoara risipită a vieții, n-o mai strângi!”

Devotat cercetării și instituției în care activa

În orice împrejurare profesorul Dorogan era la îndemâna celor care apelau la el. Colaborările și prietenii sale cu mulți cercetători - academicienii Sergiu Rădăuțanu, Dumitru Ghițu, Andrei Andrieș, Teodor Șișianu, Ion Tighineanu, Leonid Culiuc, Valeriu Canțer, cu prof.univ. dr. habil. Viorel Trofim, Anatol Casian, Nicolae Sârbu, Valeriu Dulgheru și mulți alții contau mult pentru dezvoltarea relațiilor de colaborare cu alte instituții din țară și de peste hotare. El a pus toate capacitățile sale intelectuale în slujba UTM, contribuind la cooperarea UTM cu instituțiile academice de profil din R. Moldova - Institutul de Fizică Aplicată, Institutul de Inginerie Electronică și Nanotehnologii „Dumitru Ghițu”, Universitatea de Stat din Moldova, precum și cu instituții de profil din Iași, București, Brașov, Suceava, Cluj și din alte țări – Rusia, Germania, SUA.

Împreună cu întreaga administrație a UTM, el contribuia mult la educația tineretului studios [15-16], în mod deosebit, prin cercetare, încurajând pe cei eminenti la învățatură și cercetare cu premii, distincții, burse de merit, scoțând în evidență lucrările merituose, ingenioase.

Cu vreo 10 zile înainte de a pleca dintre noi, l-am telefonat pe prof. Dorogan în legătură cu o problemă privind publicarea revistei „Fizica și tehnologiile moderne”, al cărei instituție co-fondatoare este UTM. Era acasă, în concediu (știam că are unele probleme – mai puțin de un an în urmă i s-a stins din viață consoarta), dar totuși a venit la Universitate. Trebuia să intrăm împreună la rector, prof. univ. Viorel Bostan, să vedem cum totuși soluționăm problema. În timpul când discutăm, i-a telefonat rectorul, anunțându-l că au sosit niște profesori de la Universitatea din Suceava. Și-a cerut scuze: „Fug să întâlnesc românii”- și a luat-o din loc. Doar am izbutit să zic în glumă: „Da eu, ce nu-s român?” La care dumnealui a întors capul și a zâmbit, gest pe care l-am tălmăcit în felul următor: „Da, ești român, numai că ești de casă, nu oaspete”. Prof. Dorogan era onest, omenos, cumsecade, de o rară bunătate, ca pâinea proaspătă abia scoasă din cuptor. Conveniserăm să ne întâlnim împreună și cu rectorul, luni, 8 octombrie, când urma să revină din concediu. Peste două săptămâni își planifica să plece la Iași, la o nouă ediție a Simpozionului „Cucuteni...”, să se revadă și să mai discute cu „Tata”, cum îi zicea profesorului ieșean Lorin Cantemir, inițiatorul acestei manifestări de știință, cultură și de suflet la nivel academic pe cele două maluri ale Prutului. Soarta însă a hotărât altfel: joi, 5 octombrie 2017, s-a stins din viață.

Pe lângă faptul că era un om de convingeri, de inimă, de caracter, că se deosebea prin înțelepciune, echilibru, cumițenie, corectitudine cu colegii, studenții, că respecta buchea legilor, prorectorul Dorogan se mai remarcă și printr-o rară modestie ce servea drept model pentru alții. Dețin mai multe fotografii realizate la UTM (fiind nu arareori invitatul Domniei sale la diferite activități științifice și culturale), dar când am căutat o imagine în care să fie și dumnealui, am găsit doar una în care șade pe un scaun la marginea sălii de festivități, urmărind cu atenție cum decurge un eveniment, organizat chiar de el însuși. Se așezase probabil pentru o clipă să se relaxeze, căci în următoarea fotografie din aceeași serie, scaunul era deja liber. Fiind organizatorul majorității manifestărilor desfășurate la UTM, dumnealui era permanent în mișcare. Cu calmitate și răbdare soluționa operativ orice problemă, fără să ridice vocea la subalterni, cărora le cerea mai mult prin zâmbet să facă ceva. Nu se comporta ca un conducător, cuvintele erau spuse aproape în șoaptă și cu blândețe astfel că ajungeau numai la urechea destinatarului. Căldura cu care pronunța cuvintele îl deosebea de alți administratori. În susținerea celor spuse, voi relata în continuare un episod la care am fost martor și care, ca un fulger în miez de noapte, va arunca lumină pe un crâmpei din viața sa dinamică, plină de voie bună și umor, ce reflectă pe deplin personalitatea distinsului om de știință și manager al învățământului superior.

O poveste fantastică cu cosmonauți

Prorectorul Valerian Dorogan părea a fi un manager înnăscut, el se înțelegea cu oamenii din jumătate de cuvânt. În ziua de 12 aprilie 2012 la Universitatea Tehnică a Moldovei a avut loc festivitatea de conferire a titlului de Doctor Honoris Causa la trei cosmonauți: Dumitru Dorin Prunariu (România), Vladimir Nikolaevici Dejurov (Rusia) și Frank Lee Culbertson (SUA), eveniment la care au fost invitate multe personalități de vază din R. Moldova și de peste hotare și la care a participat și autorul acestor rânduri. Cosmonauții reprezentau trei popoare care au dat fiecare câte un fondator al *Cosmonauticii*, respectiv: Hermann Julius Oberth (1894–1989), Konstantin Eduardovici Țiolkovski (1857–1939) și Robert Hutchings Goddard (1882–1945).

Dat fiind faptul că administrația UTM promovează, pe tot parcursul funcționării sale, o politică de apropiere a științei (tehnicii) de cultură (arte, istorie), totdeauna m-am simțit sufletește aproape de această instituție, motiv pentru care sunt invitat frecvent să particip la diferite manifestări științifice și culturale ce au loc aici. Ideea elaborării și construcției microsatelitului „Republica Moldova”, în care sunt antrenați atât profesorii, cât și doctoranzii, masteranzii și studenții instituției, mi s-a părut superbă și capabilă să unească în jurul ei mulți oameni de știință și, totodată, să asigure o deschidere largă a științei moldovenești către știința mondială de vârf. La UTM m-am convins pe viu că noi, românii basarabeni, suntem inventivi și putem veni oricând cu idei originale. Chiar în preajma noastră există mulți oameni creativi care făuresc lucruri frumoase și utile de răsunet. Rămâne o datorie sacră a acestora de a trezi și la generația în devenire interesul față de creație.

Din discuțiile purtate cu prorectorul Dorogan am ajuns la ferma convingere că în viitorul apropiat în această instituție de învățământ superior va fi înălțată, pentru publicul larg (pentru cei setoși de cunoștințe), o Catedrală a Științei care să includă și un Observator astronomic (mi-ar plăcea să poarte numele ilustrului astrofizician Nicolae Donici), un Planetariu, mai multe laboratoare și săli de curs bine înzestrate și un corp profesoral de elită cu un larg orizont cultural. Toate acestea ar veni în sprijinul edificării unei societăți informaționale bazate pe cunoaștere, pe instruirea noii generații prin cercetare.

Anume la punerea unei temelii a acestor proiecte au fost invitați cei trei cosmonauți. Astronautul american nefiind prezent fizic, a dialogat cu asistența de la Chișinău prin Skype. Cosmonauților li s-a creat o atmosferă de confort fizic, intelectual și sufletesc. Meritul îi aparținea rectorului de atunci al UTM, acad. Ion Bostan, și echipei sale administrative și corpului didactic universitar. Organizarea nemijlocită evenimentului a fost pusă în sarcina prorectorului pentru cercetare și doctorat, prof. Valerian Dorogan. Bine versat în probleme de management și organizare, Domnia sa a asigurat deplinul succes al acestei manifestări de anvergură de la UTM. M-am convins personal de aceasta, fiind alături de el. Pe cei doi cosmonauți, Prunariu și Dejurov, i-a cazat în hotelul cu nume astronomic: „Luna”. „I-am cazat pe Lună, zicea Domnia sa, ca să viseze”.

A existat însă și un moment de confuzie. Evenimentele se desfășurau aproape ca în lucrarea științifico-fantastică a lui Țiolkovski, intitulată „Pe Lună”, în care „visătorul de la Kaluga” povestește cum întreprinde o călătorie imaginară la Lună împreună cu un prieten al său. Din lipsă de vegetație, ca să faci focul pe Lună, trebuie să-ți aduci lemne de acasă, din lipsa aerului atmosferic trebuie să aduci și oxigen, din aceeași cauză nu poți comunica verbal. Câte și mai câte văd ei pe Lună și încearcă să le interpreteze bazându-se pe legile fizicii și chimiei. Și tocmai în momentul cel mai interesant, autorul se trezește în plină zi și vede că nu e pe Lună, ci în casa lui neîncălzită...

Am avut impresia că dacă dlui Dorogan i s-ar fi pus în sarcină să aprindă un foc pe Lună, el ar fi izbutit să facă și acest lucru. După înmânarea diplomelor de Doctor Honoris Causa, cosmonauții urmau să aibă o întâlnire cu studenții de la UTM, în prezența Prim-Ministrului Republicii Moldova.

A doua zi, dimineață, la ora stabilită, prorectorul îmbrăcat la patru ace și cu mine eram la hotel. Dar pentru unul dintre cei doi cosmonauți acea dimineață fusese „nemiloasă”:

Domnia sa încă mai „visa”. Motivul era simplu de tot: se întorsese cam târziu din călătoria pe care i-au organizat-o gazdele în ajun „în tunelurile timpului” de la Cricova, locul unde, vorba prorectorului, timpul cu adevărat își încetinește ritmul, iar până la urmă pentru oaspeți dispare și noțiunea de timp. Unde mai pui că fiecare dintre însoțitorii oaspeților a dorit să le povestească celor doi cosmonauți lucruri despre care aceștia n-au auzit, nu le-au pipăit, nu le-au mirosit și nici nu le-au gustat în altă parte. S-a gustat deci mai mult din vinul cunoașterii decât din cel obișnuit, ceea ce, vă dați seama, a cam durat... E o problemă delicată și dificilă pentru oricare organizator de manifestări, însă nu și pentru prorectorul Valerian Dorogan. Temperamentul său echilibrat îl ajuta să facă față oricărei situații. Cu simțul umorului ce-l caracteriza, a zis hotărât: „Plecăm doar cu un singur cosmonaut. Pe câmpul de luptă și un soldat e luptător. Principalul e să ajungem la timp. Cel de al doilea să se mai învârtă nițel pe orbita viselor. E descurcăreț, va face o „manevră gravitațională” și ne va ajunge din urmă...Numai să nu ne întrecă”. Nici n-a reușit bine Prim-Ministrul să facă cunoștință cu cosmonautul prezent, că a sosit și cel de al doilea. Întâlnirea a decurs excelent, atât sub aspect protocolar, cât și amical. Nimeni n-a sesizat confuzia care ar fi putut să dea programul peste cap. Această stăpânire de sine a dlui Dorogan a fost înalt apreciată de rectorul UTM.

Un alt caz. În momentul când Prim-Ministrul, cosmonauții, rectorul și întreg alaiul au ajuns în parcul UTM, unde se înfiripă un Muzeu al Tehnicii și Culturii în aer liber, conceput pentru devenirea intelectuală a unui inginer creator, vântul a încetat să bată și elicele celor două generatoare eoliene construite la UTM, care aprovizionează parcul cu energie electrică, s-au oprit. Cineva a observat acest lucru și a spus-o tare. Prorectorul Dorogan l-a liniștit imediat: „Fiți pe pace, punem imediat motoarele în priză și moriștile au să se învârtă”, amuzând în felul acesta asistența și nu în ultimul rând pe unul dintre autorii generatoarelor eoliene, prof. univ. Valeriu Dulgheru, inventator de elită. Și aici s-a confirmat spusa că vântul e Duhul lui Dumnezeu, căci nici n-a reușit bine lumea să facă haz de necaz că a reînceput să sufle vântul și elicele, ca la comandă, s-au repornit, amuzând asistența și mai tare.

Programul vizitei se cam complicase, un cosmonaut dorea una, altul – alta. Dejurov, de exemplu, a dorit să plece la Tiraspol, orașul în care și-a efectuat serviciul militar, Prunariu – să vadă bustul poetului Adrian Păunescu de pe Aleea Clasicilor.

Prorectorul Dorogan a ținut cont de doleanțele oaspeților, a alcătuit un program cât mai flexibil, astfel încât cei doi cosmonauți să simtă suflul vieții și al culturii de pe acest meleag: o întâlnire cu profesorii, doctoranzii, masteranzii și studenții de la UTM, cu absolvenții de licee, viitorii potențiali studenți, vizitarea unor muzee, inclusiv a Muzeului de la Orheiul Vechi, a celor de la vamă, ale domnului Petru Costin, în care doar potcoave sunt expuse peste 10000 de exemplare, exponate care parcă ar dori să sublinieze ce lung a fost drumul omului de la plug până la cosmos, al nostru până la carte. Printre locurile memorabile, după cum am spus, s-au numărat și enormele pivnițe de la Cricova și Mileștii Mici. În țările unde cosmonautica e bine dezvoltată există muzee în domeniu, în care vizitatorii pot trăi parțial sentimentele cosmonauților, așezându-se în fotoliile din navele cosmice expuse. De data aceasta însă, cosmonauților li s-a oferit posibilitatea de a se simți „moldonați”, vorba prorectorului, de a simți spiritul moldovenilor. Au fost primiți cu multă stimă și dragoste și au răspuns la fel. Grație dlui Ioan Caliniuc, avem și o fotografie cu prorectorul Valerian Dorogan la bustul poetului Adrian Păunescu. Abia acum am observat că era obosit după atâtea griji organizatorice.

Amintirea luminoasă despre omul de știință și de omenie, cu multă demnitate, Valerian Dorogan, va rămâne veșnic în memoria celor care l-au știut și apreciat în timpul vieții și a celor care vor pași pe pârțile cunoașteri trăsate de el.

„Se duc profesorii, / Se duc, / Acei ce n-au asemănare, / Ca un copil să plângă cerul, / Cu lacrimi, stele căzătoare” (pictorul Victor Cobzac).



Prorectorul UTM Valerian Dorogan împreună cu cosmonautul Dumitru Prunariu și autorul acestor rânduri lângă bustul lui Adrian Păunescu, foto

Ioan Caliniuc

Bibliografie selectivă

[1] Optical spectra of TiGaS₂ crystals / L. Nemerenco, N. N. Syrbu, V. Dorogan, N. P. Bejan, V. V. Zalamai // *Journal of Luminescence*. 2016. Vol. 172. p. 111-117. ISSN 0022-2313.

[2] Polarization sensors based on anisotropic crystals / N. Syrbu, A. Dorogan, I. Stamov, V. Dorogan // *EUROINVENT - 2016: European Exhibition of Creativity and Innovation: Catalog*. 8th ed. Iasi, 2016. p. 172.

[3] New method of recording the interference spectra of birefringent crystals / A. Dorogan, V. Dorogan, A. Tiron, N. Sîrbu // *EUROINVENT - 2015: European Exhibition of Creativity and Innovation: Catalog*. 7th ed. Iasi, 2015. p. 135-136.

[4] Optoelectronic module for ultraviolet range / V. Dorogan, S. Vieru, T. Vieru, E. Banari // *INVENTICA 2009: The 13th International Salon of Research, Innovation and Technological Transfer*. Iasi, 2009. p. 765.

[5] Photoelectric properties of nanostructured layers / V. Dorogan, T. Vieru, S. Vieru, A. Dorogan // *Nanotechnologies and Biomedical Engineering (ICNBME-2013): proceedings*

of 2nd intern. conf., Chişinău, April 18-20, 2013. Chişinău, 2013. p. 115-119. ISBN 978-9975-62-343-8.

[6] Optoelectronic devices based on nanostructures / V. Dorogan, T. Vieru, A. Dorogan, S. Vieru // IWIS 2012: The 6th International Warsaw Invention Show: Catalog. Warsaw, 2012. p.63-64.

[7] Visible absorbtion and photoluminescence of SBMA-Eu(DBM)3Phen nanocomposites / V. Dorogan, N. Syrbu, A. Dorogan, I. Stamov, A. Masnik // Telecommunications, Electronics and Informatics (ICTEI 2010): proceedings of the 3rd intern. conf., Chişinău, May 20-23, 2010. Chişinău, 2010. Vol. 1. p. 284-289. ISBN 978-9975-45-082-9.

[8] Monitoring and Remote Control System / V. Dorogan, S. Vieru, T. Vieru, V. Secrieru, E. Munteanu, S. Balica // EUROINVENT - 2011: European Exhibition of Creativity and Innovation: Catalog. Iasi, 2011. p. 122. ISBN 978-973-702-851-8.

[9] Optimizarea tehnologiilor de prelucrare și transmisiune a semnalului optic cu ajutorul micro-lentilelor / V. Dorogan, E. Banari, S. Vieru, T. Vieru // Telecommunications, Electronics and Informatics (ICTEI 2008): proceedings of the 2nd intern. conf., Chişinău, May 15-18, 2008. Chişinău, 2008. Vol. 2. p. 145-150. ISBN 978-9975-45-083-6.

[10] Sistem micro-optoelectronic de automatizare a iluminării în interiorul încăperilor / Valerian Dorogan, Sergiu Zaporojan, Eugeniu Munteanu, Vitalie Secrieru, Andrei Dorogan // PRO INVENT 2017: Salonul internațional al cercetării, inovării și inventicii, 22-24 martie 2017: Catalog. Ed. 15. Cluj-Napoca, 2017. p. 249. ISBN 978-606-737-235-9.

[11] Dorogan, V. Mobile mammography pilot system for early detection of breast cancer / V. Dorogan, V. Matei, S. Zaporojan // EUROINVENT - 2014: European Exhibition of Creativity and Innovation: Catalog. 6th ed. Iasi, 2014. p. 88. ISBN 978-606-714-037-8.

[12] Dorogan Valerian: [date biografice] // Cercetători și inventatori din Republica Moldova: (prezentare succintă) / Agenția de Stat pentru Protecția Proprietății Intelectuale. Chişinău, 2004. Partea 3-a. p. 57-58.

[13] Dorogan Valerian: [cicluri de invenții] // Dicționar al inventatorilor români contemporani / coord.: E. C. Stanciu. Ed. rev. și ad. Cluj-Napoca, 2007. Vol. 1. p. 225-227.

[14] Țarălungă, Ecaterina. Dorogan, Valerian V.: [date biografice] // Enciclopedia identității românești. Personalități / Ecaterina Țarălungă. București, 2011. p. 272.

[15] Dorogan, Valerian. Importanța cercetării științifice universitare pentru pregătirea inginerilor de calitate // Convorbiri economice. 2006. Nr. 5. p. 20-21. ISSN 1582 – 3555

[16] Dorogan, Valerian. Valoarea economică și spirituală a unui inginer de performanță / V. Dorogan, L. Cantemir // Meridian Ingineresc. 2006. Nr. 4. p. 13-15. ISSN 1683-853X.

[17] Universitatea Tehnică a Moldovei. (1964-2009). Calendar istoric. / Aurel E. Marinciuc. Chişinău: [S. n.], 2009. 16 p.

[18] Marinciuc, Aurel E. Universitatea Tehnică a Moldovei (1964-2014): Album jubiliar, 50 ani. / Aurel E. Marinciuc. Chişinău: [S. n.], 2014. 22 p.

[19] Universitatea Tehnică a Moldovei (1964-2014) / col. de red.: I. Bostan, P. Todos; membrii red.: V. Dorogan [et. al.]; coord. și aut. de texte: A. Marinciuc, S. Balan. Chişinău: [S. n.], 2014. 380 p. ISBN 978-9975-129-07-7.

[20] Holban Ion. Cosmosul ne cheamă. Chişinău: „TEHNICA-INFO”, 2013. – 121 p. (ISBN 978-9975-63-341-3).

.....
Prezentat la redacție: 10 decembrie 2017.

Articolul este depozitat în baza de date IBN:

https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_numar_revista/26/2138.

CZU:06.068NOBEL:53(485)

PREMIUL NOBEL PENTRU FIZICĂ 2017
Comunicat de presa: Premiul Nobel pentru fizică 2017
3 octombrie 2017

Academia Regală Suedeză de Științe a decis să acorde Premiul Nobel pentru Fizică 2017 cu o jumătate lui **Rainer Weiss** LIGO / VIRGO Colaborare, iar cealaltă jumătate împreună lui **Barry C. Barish** LIGO/VIRGO Collaboration și **Kip S. Thorne** LIGO/VIRGO Collaboration

"pentru contribuții decisive la detectorul LIGO și observarea undelor gravitaționale".

Laureații Premiului Nobel pentru Fizică 2017



Rainer Weiss

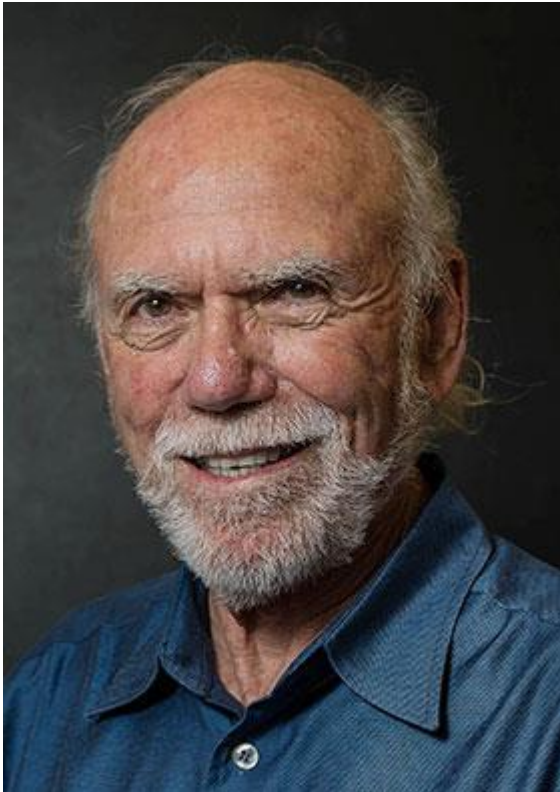
Photo: Bryce Vickmark

Născut: 29 septembrie 1932, Berlin, Germania

Afilierea la momentul decernării: LIGO/VIRGO Collaboration, Institutul de Tehnologie din Massachusetts (MIT), Cambridge, MA, USA

Motivația premiului: *"pentru contribuții decisive la detectorul LIGO și observarea undelor gravitaționale"*

Cota premiului: 1/2



Barry C. Barish

Photo: Caltech

Născut: 27 ianuarie 1936, Omaha, NE, SUA

Afilieră la momentul decernării: LIGO/VIRGO Collaboration, Institutul de Tehnologie din California (Caltech), Pasadena, CA, SUA

Motivația premiului: *"pentru contribuții decisive la detectorul LIGO și observarea undelor gravitaționale"*

Cota premiului: 1/4



Kip S. Thorne

Photo: Caltech Alumni Association

Născut: 1 iunie 1940, Logan, UT, SUA

Afilieră la momentul decernării: LIGO/VIRGO Collaboration, Institutul de Tehnologie din California (Caltech), Pasadena, CA, SUA

Motivația premiului: *"pentru contribuții decisive la detectorul LIGO și observarea undelor gravitaționale"*

Cota premiului: 1/4

Traducere: Stefan D. Tiron

Sursa: "The Nobel Prize in Physics 2017". *Nobelprize.org*. Nobel Media AB 2014. Web. 23 Nov 2017. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2017/

Primit la redacție: 27 noiembrie 2017

Articolul este depozitat în baza de date IBN:
https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_numar_revista/26/2138

CUM AU FOST DETECTATE UNDELE GRAVITAȚIONALE**Ștefan D. Tiron**Academia de Științe, Institutul de Chimie
stefan.tiron@yahoo.com

Rezumat: Pentru prima dată, la 14 septembrie 2015, detectoarele Observatorului Laser Interferometric pentru Unde Gravitaționale (LIGO) au înregistrat undele gravitaționale.

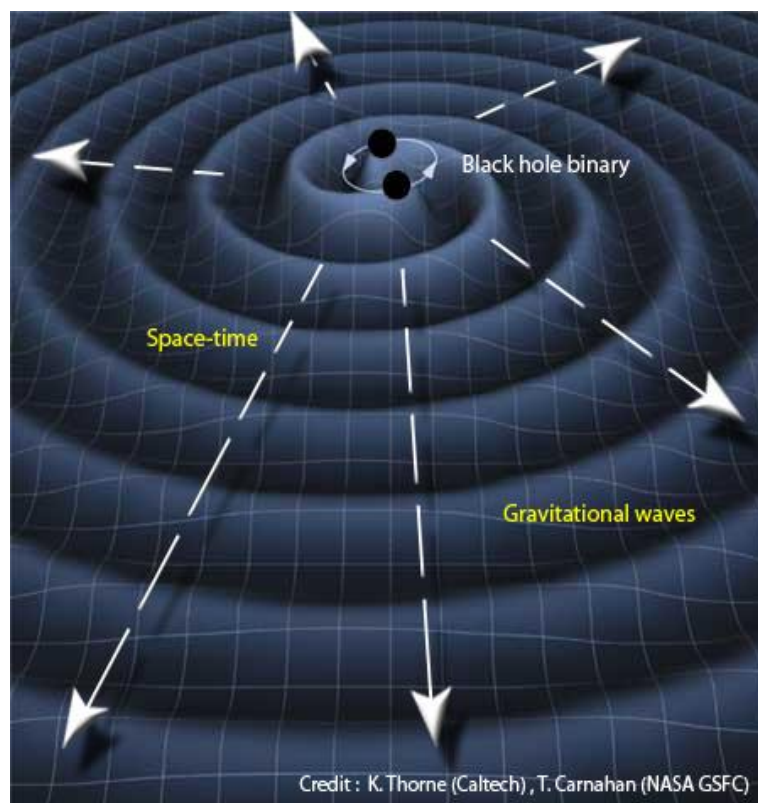
Cuvinte-cheie: unde gravitaționale, detector LIGO.

Abstract: For the first time, on September 14, 2015, the LIGO detectors recorded gravitational waves.

Key words: gravitational waves, LIGO detector.

Premiul Nobel pentru Fizică 2017, decernat de Academia Regală Suedeză, a fost împărțit, o jumătate fiind acordată fizicianului Rainer Weiss, iar cealaltă jumătate fizicienilor Barry C. Barish și Kip S. Thorne - "pentru contribuții decisive la detectorul LIGO și observarea undelor gravitaționale".

Rainer Weiss este profesor de fizică la Institutul de Tehnologie din Massachusetts, SUA, Barry C. Barish este profesor de fizică la Institutul de Tehnologie din California, Pasadena și Kip S. Thorne este profesor Feynman de fizică teoretică la același Institut de Tehnologie din Pasadena, SUA. Laureții Nobel din acest an și-au adus fiecare o contribuție inestimabilă la succesul proiectului LIGO destinat observării undelor gravitaționale.



LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory – Observator Laser Interferometric pentru Unde Gravitacionale) este un sistem original de detectare a undelor gravitaționale, constituit din două lasere situate la 3000 km distanță unul de altul, acestea formând astfel un interferometru.

La 14 septembrie 2015 cele două laboratoare-gemene LIGO dotate cu lasere au recepționat un semnal care anunța că acum 1,3 miliarde de ani în urmă în spațiu, la distanța de 1,3 miliarde de ani-lumină de Pământ, s-a produs o catastrofă, și anume coliziunea violentă și contopirea a două găuri negre de dimensiuni medii, însoțită de emisia unei cantități uriașe de energie sub formă de unde gravitaționale. Evenimentul a avut loc în timpul când viața pe Pământ abia trecea de la organisme unicelulare la cele multicelulare.

Detectoarele LIGO au înregistrat pentru prima data undele gravitaționale generate în urma acestui fenomen cosmic grandios, fapt care constituie o adevărată revoluție în astrofizică. Deși semnalul recepționat a fost extrem de slab, cercetătorii au stabilit că găurile negre ce se roteau una în jurul celeilalte aveau masele de 29 și, respectiv, 36 mase solare și cel mult 200 km în diametru. Gaura neagră rezultată în urma contopirii violente a celor două are în jur de 62 mase solare, deci în doar câteva zecimi de secundă a fost radiată sub formă de unde gravitaționale o energie echivalentă cu trei mase solare!

Undele gravitaționale au fost prezise acum un secol de către Albert Einstein în teoria relativității generalizate publicată în 1915. Undele gravitaționale sunt generate totdeauna de un corp masiv accelerat. Einstein se îndoia că ele vor fi descoperite vreodată.

.....

Primit la redacție: 23 octombrie 2017

Articolul este depozitat în baza de date IBN:

https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_numar_revista/26/2138

MISIUNEA “CASSINI” - GRAND FINALE**Ștefan D. Tiron**Academia de Științe, Institutul de Chimie
stefan.tiron@yahoo.com

Rezumat: *Vineri, 15 septembrie 2017, la ora 11:55 UTC (14:55 Chișinău) Centrul de control al NASA a recepționat ultimul semnal radio transmis de primul satelit artificial al planetei Saturn - sonda spațială “Cassini”, de la distanța de aproximativ un miliard și jumătate de kilometri. Misiunea de 20 de ani de explorare a planetei Saturn și sateliților ei a luat sfârșit.*

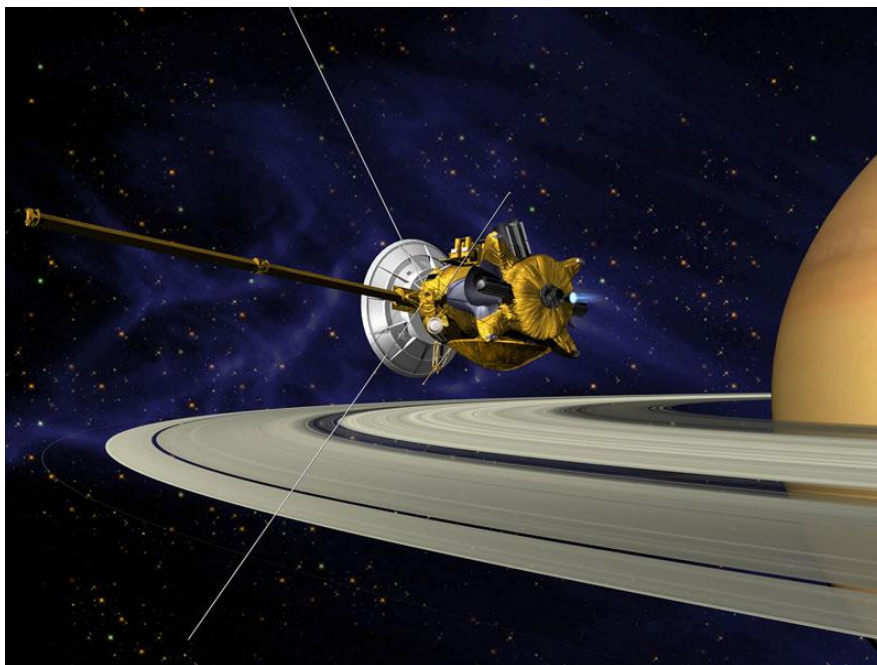
Cuvinte-cheie: *misiunea “Cassini”, sonda “Huygens”, planeta Saturn, satelitul Titan, Grand Finale.*

Abstract: *On Friday, September 15, 2017, at 11:55 UTC (14:55 Chisinau) NASA's Control Center received the last radio signal transmitted by Saturn's first artificial satellite - the Cassini space probe, from a distance of about one billion and a half kilometer. The 20-year mission of exploring Saturn and its satellites is over.*

Key words: *"Cassini" mission, "Huygens" probe, Saturn planet, Titan satellite, Grand Finale.*

Misiunea “Cassini” - “Huygens” a fost lansată la 15 octombrie 1997 fiind un proiect comun al agențiilor spațiale ale SUA (NASA), Uniunii Europene (ECA) și Italiei (ICA). Misiunea poartă numele astronomilor Giovanni Cassini (1625-1712) și Christiaan Huygens (1629-1695).

Nava spațială “Cassini” având la bord și sonda “Huygens” a sosit la destinație la 30 iunie 2004, înscriindu-se pe orbită în jurul planetei Saturn și devenind astfel primul satelit artificial al acestei planete gigante. Șase luni mai târziu, la 14 ianuarie 2005, sonda “Huygens” a “aterizat” cu parașuta pe Titan, cel mai mare satelit al lui Saturn, realizând și câteva imagini de pe



acest satelit. În 2010, misiunea a fost extinsă pentru încă șapte ani în care au fost executate mai multe survoluri ale lui Titan și observări ale schimbărilor sezoniere de pe Saturn și Titan.

În aprilie 2017, Cassini a fost plasat pe o traiectorie de impact formată dintr-o serie de 22 de orbite, fiecare dintre acestea situându-se între Saturn și inelele sale. În fiecare săptămână, Cassini realiza un plonjon în coridorul de aproximativ 2000 de kilometri dintre atmosfera superioară a lui Saturn și inelele sale, explorând pentru prima dată această regiune unică. Această fază finală a misiunii, numită Grand Finale, s-a încununat cu observații excepționale asupra planetei și inelelor sale de la cele mai mici distanțe atinse vreodată.

Pe parcursul a 13 ani cât a orbitat planeta Saturn, sonda "Cassini" a transmis la sol o cantitate enormă de date și imagini și a realizat o serie de descoperiri științifice excepționale privind planeta și sistemul ei de peste 60 de sateliți. Pe cel mai mare satelit al lui Saturn, Titan, au fost descoperite oceane de metan lichid și munți de gheață. Titan este și unicul satelit din Sistemul Solar înconjurat de o atmosferă densă de compoziție prebiotică, asemănătoare cu cea a Pământului din perioada timpurie de formare a planetei noastre.

De asemenea, în cadrul misiunii "Cassini" s-a constatat că sub crusta de gheață de pe satelitul Enceladus al lui Saturn există un ocean global cu apă sărată și cu semne de activitate hidrotermală. Prin fisurile din învelișul de gheață al satelitelui țâșnesc jeturi ce conțin hidrogen molecular, care pe Pământ este asociat cu prezența vaporilor de apă și existența vieții.

Deși înainte de lansare nava spațială "Cassini" a fost sterilizată, în interior se prea poate să fi rămas unele microorganisme. Pentru a nu admite ca acestea să ajungă cândva pe suprafața sateliților Enceladus și Titan și să-i contamineze, s-a decis ca misiunea să se finalizeze cu arderea sondei în atmosfera lui Saturn. La 15 septembrie 2017, sonda s-a apropiat pentru ultima dată de Saturn, plonjând în atmosfera acestuia și continuând să transmită date și imagini la Terra până când, dezintegrându-se în urma supraîncălzirii prin frecare, s-a dezintegrat și a ars ca un meteor mistuindu-se în atmosfera densă a planetei.

Încheierea misiunii "Cassini" va marca și începutul unei alte misiuni. NASA planifică următoarea misiune care să studieze oceanele descoperite pe cei doi sateliți ai lui Saturn – Enceladus și Titan, în căutarea de semne de viață extraterestră.

Primit la redacție: 19 septembrie 2017

Articolul este depozitat în baza de date IBN:

https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_numar_revista/26/2138

CZU: 539.216+538.945+621.315.592

FABRICAREA NANOSTRUCTURILOR POROASE PE BAZĂ DE DESIGN

Dr. Eduard MONAICO

Centrul Național de Studiu și Testare a Materialelor, Universitatea Tehnică a Moldovei
eduard.monaico@cnstm.utm.md

Rezumat. În lucrare este descrisă aplicarea unui model special de mască fotolitografică în scopul anodizării electrochimice a monocristalelor de InP, care permite modificarea controlată a direcției de propagare a porilor, inclusiv a celor care se propagă în direcții paralele cu suprafața superioară a substraturilor. Șabloanele, fabricate au fost utilizate pentru depunerea electrochimică de nanostructuri metalice în direcțiile prestabilite și pentru a dezvolta rețele bidimensionale de nanotuburi sau nanofire metalice incorporate în matrice semiconductoare.

Cuvinte cheie: InP poros, electrodepunere în impulsuri, nanotuburi, nanogranule, pori pe bază de design.

Abstract. In the work it is reported the application of a special design of masks for the purpose of electrochemical etching of InP single crystals, which enables a controlled changing the direction of propagation of pores, including those propagating in directions parallel to the top surface of substrates. The fabricated templates have been used to electrochemically deposit metallic nanostructures along predefined directions and to develop two-dimensional arrays of metallic nanotubes or nanowires embedded in a semiconductor matrix.

Keywords: porous InP, pulsed electrodeposition, nanotubes, nanodots, pores by design.

1. Introducere

Materialele poroase își extind continuu domeniul de aplicare datorită tehnologiilor de fabricare simple, accesibile și cost-eficiente. În ultimul deceniu au fost dezvoltate diferite abordări de nanofabricare bazate pe șabloane, care oferă posibilitatea de a produce rețele integrate de nanofire și nanotuburi cu anumite diametre și lungimi din diverse materiale [1-6]. În prezent, două tipuri de nanoșabloane sunt utilizate pe scară largă în procesele de nanofabricare, și anume șabloane poroase de Al₂O₃ și membrane cu canale induse de ioni accelerați, bazate pe materiale anorganice sau polimeri organici [3-6]. Aceste șabloane sunt dielectrice și de aceea joacă adesea un rol pasiv în procesele de nanofabricare. În particular, creșterea nanofirelor în șabloane prin depunerea electrochimică este asigurată de obicei prin contactul metalic depus pe partea din spate a membranelor dielectrice, în timp ce depunerea nanotuburilor metalice necesită etape tehnologice suplimentare cum ar fi modificarea chimică a suprafeței interioare a porilor înainte de depunere, ceea ce duce la încorporarea impurităților în pereții nanotuburilor [3]. Nanoșabloanele semiconductoare, ale căror proprietăți pot fi controlate cu ușurință prin iluminare externă, câmpuri electrice aplicate, etc. oferă mai multe posibilități pentru nanofabricare.

Electrochimia s-a dovedit a fi o tehnologie cost-eficientă pentru introducerea porozității în semiconductori, inclusiv în materialele III-V și II-VI. O varietate de structuri semiconductoare poroase cu diferite morfologii au fost produse prin anodizarea electrochimică a cristalelor de InP, GaP, GaAs, CdSe și ZnSe [7-15], dovedind că porozitatea este un instrument eficient pentru ingineria parametrilor de bază ai compușilor semiconductori. În special, s-a demonstrat că compușii semiconductori poroși posedă moduri vibraționale de suprafață de tip Fröhlich [16,17] și generarea armonicii optice secundare [18].

Depunerea electrochimică a granulelor metalice se dovedește a fi una dintre cele mai rentabile și eficiente, mai ales atunci când granulele vor fi create pe substraturi semiconductoare sau șabloane care posedă conductibilitate electrică. Folosind electrodepunerea în impulsuri, Sato a demonstrat depunerea uniformă a granulelor de Pt cu diametre cuprinse între 20 și 30 nm pe substraturi de n-GaAs și n-InP cu concentrația electronilor liberi de $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ și respectiv $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ [19,20]. Autorii au descoperit că fixarea nivelului Fermi la interfața metal-semiconductor este foarte redusă, rezultând o dependență puternică a înălțimii barierei Schottky de lucrul de ieșire al metalului.

Recent, am demonstrat posibilitatea de a acoperi o suprafață uriașă a structurilor poroase de GaP și InP cu un monostrat auto-asamblat de nanogranule de Au [21]. După nucleere, fiecare granulă crește în diametru până la o dimensiune critică, apoi începe nucleerea și creșterea altor granule. Astfel, procesul de electrodepunere în impulsuri a Au este susținut în mod continuu de formarea de noi nanogranule. Densitatea granulelor de Au depinde de numărul și lățimea impulsurilor de tensiune aplicată. Depunerea granulelor „dimensional saturate” continuă până când întreaga suprafață a șablonului semiconductor expusă la electrolit este acoperită de un monostrat de nanogranule de Au. De asemenea, datorită conductibilității electrice înalte a scheletului poros, a fost demonstrată formarea nanotuburilor metalice de diferite forme geometrice depuse în interiorul porilor [22].

Scopul acestei lucrări este de a demonstra posibilitatea de a controla arhitectura spațială a nanostructurilor metalice depuse prin modificarea direcției de propagare a porilor. În cele ce urmează, ne vom concentra asupra depunerii controlate a granulelor metalice și a nanotuburilor folosind tehnologia dezvoltată anterior pentru prepararea porilor paraleli cu suprafața cristalelor semiconductoare [23].

2. Descrierea procesului tehnologic

Pentru fabricarea straturilor poroase, cristalele de n-InP (100) cu grosimea de 500 μm și cu concentrația purtătorilor de sarcină liberi de $1,3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ furnizate de CrysTec GmbH au fost supuse anodizării electrochimice în 500 ml de soluție apoasă de HCl cu concentrația de 5% la temperatura de 25°C. Pentru anodizare am folosit un potențiostat cu trei electrozi. Primul electrod se numește *electrod de lucru* (WE working electrode). Al doilea electrod ce închide circuitul se numește *contraelectrod* (CE counter electrode). Cel de al treilea se folosește pentru măsurarea tensiunii între electrolit și WE și este numit *electrod de referință* (RE reference electrode).

Reprezentarea schematică a circuitului este dată în Fig. 1.

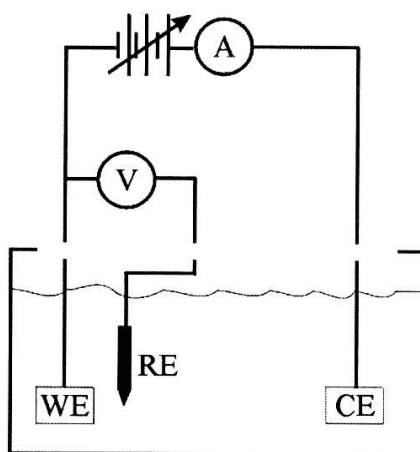


Fig. 1. Schema procesului de anodizare electrochimică.

Instalația conține electrodul de lucru, contraelectrodul și electrodul de referință scufundați în electrolit. WE și CE sunt conectați la sursa de alimentare. Ampermetrul măsoară intensitatea curentului în acest circuit, iar voltmetrul măsoară tensiunea U_{WE} . Tensiunea este controlată de sursa de alimentare, însă această tensiune are două componente $U_{WE} + U_{CE}$ și noi suntem interesați în a controla cu exactitate numai tensiunea U_{WE} , pentru a o menține constantă. Însă în timpul experienței cea de a doua componentă U_{CE} poate varia în timp, ceea ce va duce și la variația tensiunii U_{WE} . Atunci când curentul circulă de la semiconductor spre electrolit sau invers, la interfață se produc reacții chimice. Datorită acestor reacții chimice de la interfață compoziția electrolitului de la suprafața semiconductorului se va schimba și astfel distribuția tensiunii la interfața semiconductor-electrolit va varia. În special, aceasta se întâmplă la densități înalte ale curentului. De aceea, în asemenea cazuri pentru menținerea constantă a compoziției soluției la suprafața probei, adică la electrodul de lucru, este necesară agitarea continuă a electrolitului. În acest sistem sunt două joncțiuni importante: WE/electrolit și CE/electrolit. Luând în considerare faptul că în interiorul semiconductorului și electrolit căderile de tensiune sunt neglijabile, potențialul controlat de sursa de alimentare și aplicat la instalație se va distribui astfel:

$U = U_{WE} + U_{CE}$ (1) unde: U_{WE} și U_{CE} sunt căderile de tensiune pe joncțiunile WE/electrolit și, respectiv, CE/electrolit.

Se va lua în considerare faptul că curentul va stimula reacțiile electrochimice de la interfața CE/electrolit ceea ce duce la variația U_{CE} în timp. Instabilitatea U_{CE} va influența și valoarea U_{WE} datorită faptului că suma lor trebuie să fie egală cu tensiunea aplicată de la sursa de alimentare. Primul lucru pe care trebuie să-l facem pentru a elimina această problemă este să micșorăm valoarea U_{CE} în așa fel încât $U_{CE} \ll U_{WE}$. Explicația este că o valoare neglijabilă a tensiunii U_{CE} va avea o influență neglijabilă asupra tensiunii U_{WE} . Aceasta se poate realiza prin alegerea unui contraelectrod cu o suprafață mare $S_{CE} \gg S_{WE}$. În acest caz, rezistența CE va fi mult mai mică decât rezistența WE și respectiv se va satisface condiția $U_{CE} \ll U_{WE}$. Acum în ecuația 1 se poate neglija U_{CE} și ca rezultat vom avea

$$U = U_{WE} \quad (2)$$

Din ecuația 2 se vede că potențialul aplicat de la sursa de alimentare va cădea în întregime pe joncțiunea WE/electrolit. Aceasta este tocmai ceea ce era necesar – a se controla U_{CE} prin controlul tensiunii de la sursa de alimentare. Însă alegerea CE cu o suprafață mare nu este cea mai bună soluție în toate cazurile, deoarece influența U_{CE} asupra U_{WE} va fi iarăși semnificativă atunci când prin sistem vor curge curenți cu densități suficient de mari. O soluție pentru problemele enumerate mai sus este dispozitivul electronic numit potențostat, folosit de obicei pentru controlul exact al tensiunii între electrodul de lucru și electrodul de referință. El este prevăzut cu un mecanism „feedback” care ajustează curentul prin contraelectrod și astfel tensiunea între probă și electrodul de referință devine egală cu tensiunea dorită (vezi Fig. 2).

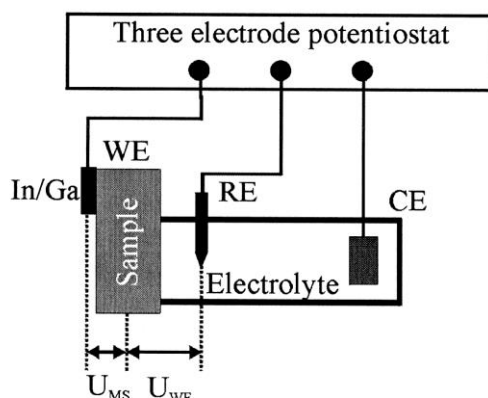


Fig. 2. Schema instalației cu potențostat cu 3 electrozi.

Instalația este asemănătoare cu cea prezentată în Fig. 1. Diferența constă în înlocuirea sursei de alimentare cu un potențostat. Potențostatul fiind prevăzut cu un mecanism feedback are posibilitatea de a măsura și controla direct tensiunea ce ne interesează, U_{WE} . Principiul de bază este următorul: operatorul setează prin potențostat valoarea tensiunii la electrodul de lucru U_{WE} .

Potențostatul, la rândul său, mărește tensiunea între electrodul de lucru și contraelectrod și simultan măsoară valoarea U_{WE} . Atunci când valoarea dorită a U_{WE} este atinsă, potențostatul stopează creșterea tensiunii între WE/CE. În cazul când U_{CE} va varia în timpul experienței, potențostatul va observa imediat această schimbare și va corecta tensiunea aplicată la WE/CE astfel încât să mențină U_{WE} la valoarea dorită.

Depunerea Au a fost realizată la temperatura de 25°C în celulă cu doi electrozi, din soluția de aur sau platină comercial disponibilă (DODUCO), în care proba nanostructurată a servit drept electrod de lucru, în timp ce un fir de platină a fost folosit ca un contraelectrod. Impulsuri de tensiune cu durata impulsului de 100 μ s și o tensiune catodică de -16 V au fost aplicate între cei doi electrozi pentru a reduce electrochimic speciile de metal pe suprafața probei care este în contact cu electrolitul. După fiecare impuls, se păstrează un timp de repaus de o secundă. Soluția a fost agitată magnetic.

3. Rezultate și discuții

În aceste experimente am folosit un design specific, în care unele zone ale suprafeței sunt acoperite cu fâșii de fotorezist cu lățimea de 100 μm , în timp ce alte zone cu lățimea de 35 μm sunt expuse la electrolit în procesul de corodare anodică. În aceste condiții, porii încep să se propage de la suprafața expusă la electrolit în direcția perpendiculară pe suprafața superioară. În timp ce are loc propagarea porilor, ei vor fi deviați în direcții paralele cu suprafața superioară și vor crește sub regiunile acoperite de fotorezist. Ambele tipuri de pori, perpendiculare și paralele cu suprafața substratului, pot fi obținute în cristalul de InP.

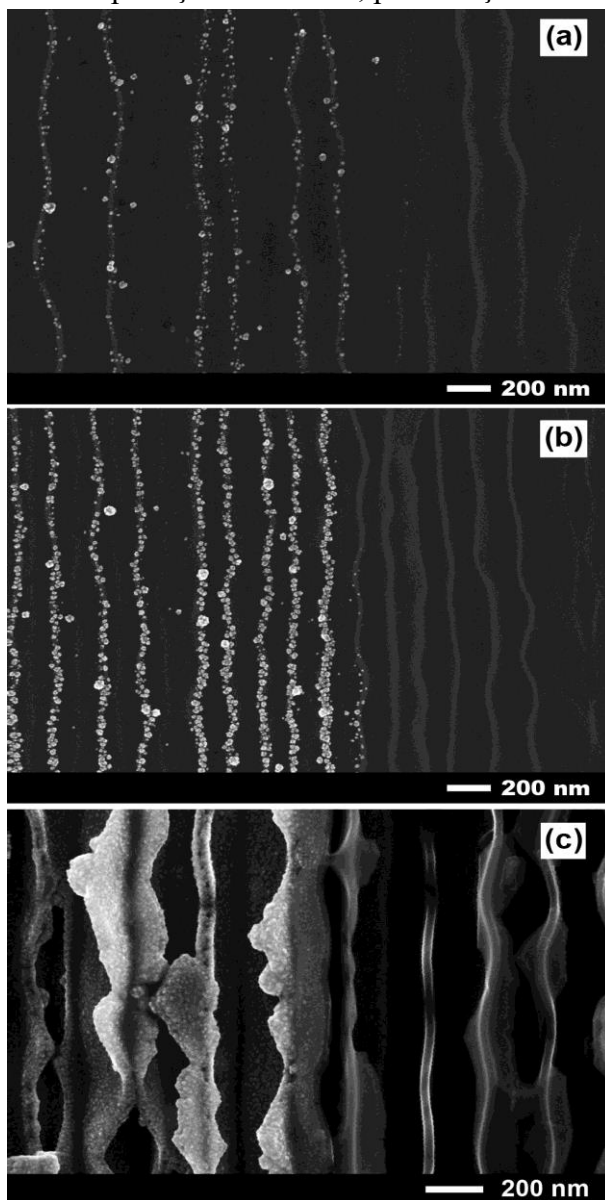


Fig. 3. Imaginile SEM ale InP poros după depunerea electrochimică a nanogranulelor de Au în zona laterală stânga: (a) 100 de impulsuri; (b) 300 de impulsuri și InP poros protejat (dreapta); (c) imaginea SEM care demonstrează uniformitatea depunerii electrochimice a metalului pe întregul șablon poros datorită bunei conductibilități electrice a scheletului poros (partea stângă). Partea dreaptă a fost protejată împotriva depunerii electrochimice.

Figura 3 ilustrează imaginile microscopului electronic cu scanare (SEM) ale probelor nanostructurate de InP după depunerea electrochimică a nanogranulelor de Au. În imagini se observă două regiuni diferite, și anume regiunea în care a fost efectuată depunerea electrochimică (stânga) și regiunea fără depunere de metal (dreapta). Porii cresc sub un strat de suprafață subțire, care rămâne intact în timpul tratamentului electrochimic. Grosimea acestui strat de suprafață este de ordinul regiunii spațiale sărăcite, spre exemplu, de la câteva zeci la câteva sute de nanometri, în funcție de conductivitatea substratului anodizat și de tensiunea aplicată. Pentru cristalele noastre, această valoare este de aproximativ 20 nm. Figurile 3a și 3b arată că depunerea electrochimică a nanogranulelor de Au se produce tocmai pe suprafața unde sunt pereții porilor sub acest strat subțire. Odată cu creșterea duratei depunerii electrochimice, nanogranulele metalice cresc în diametru până la o valoare de prag, urmată de inițierea depunerii de nanogranule în zonele învecinate de-a lungul pereților.

Este de menționat faptul că depunerea electrochimică a metalului are loc uniform în întreaga structură poroasă datorită bunei conductivități electrice a scheletului poros (vezi figura 3c). Se poate observa cu ușurință din (Fig. 4) că stratul de la suprafață are un contact bun cu pereții porilor și este de două ori mai subțire ca acești pereți. Dimensiunile pereților și porilor sunt controlate de condițiile electrochimice de anodizare și depind de concentrația electronilor liberi în materialul inițial.

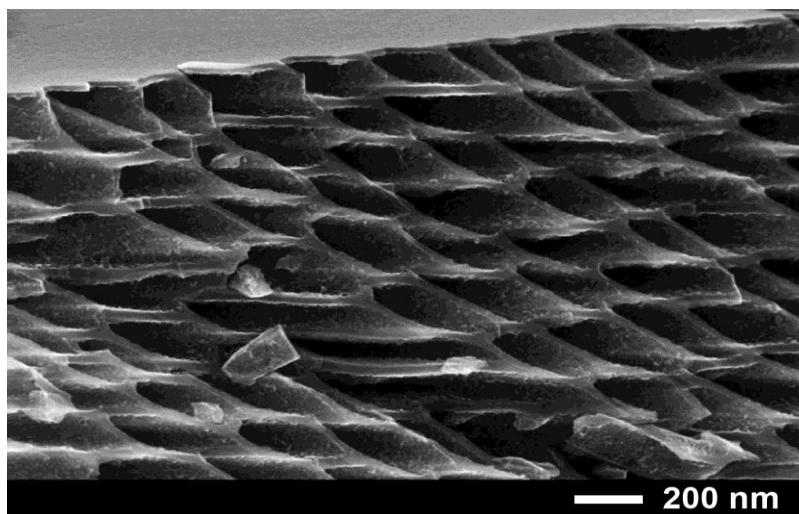


Fig 4. Vedere în secțiune transversală a stratului poros de fosforă de indiu.

Aplicând un design special al măștii fotolitografice ce constă din pătrate expuse la electrolit, am demonstrat posibilitatea obținerii unor modele spectaculoase de pori paraleli cu suprafața superioară a substratului (vezi Fig. 5).

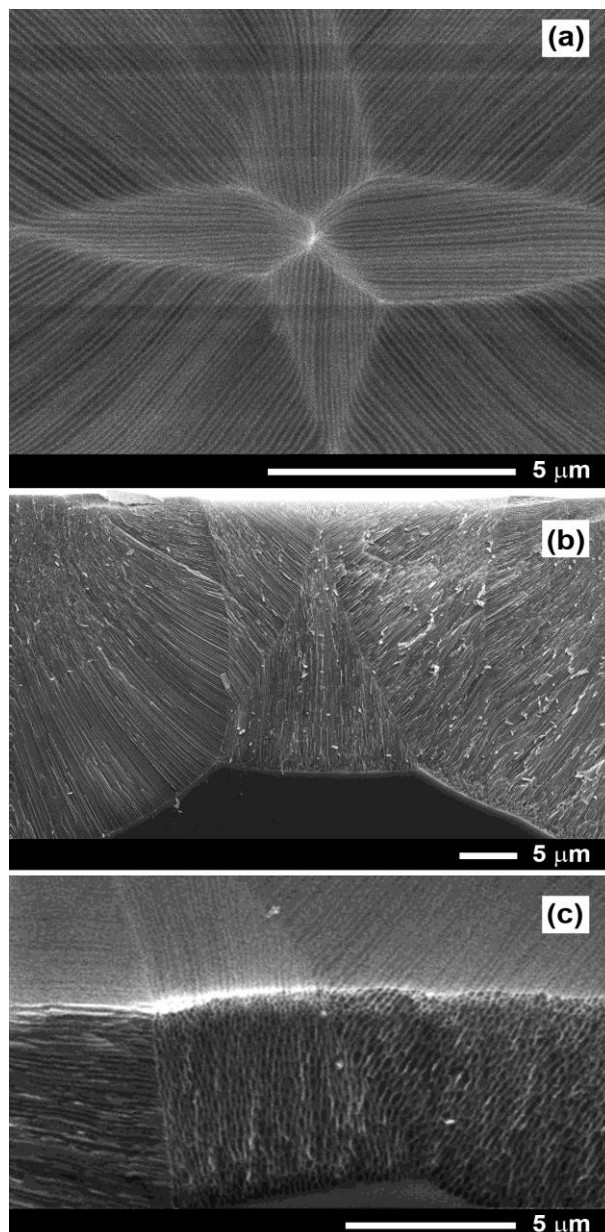


Fig 5. Imaginile SEM ale InP poros după anodizare prin ferestrele deschise în fotorezist:
(a) - vedere de sus; (b) - vedere în secțiune transversală; (c) - vedere înclinată.

De menționat că porii sunt forțați să-și schimbe direcția de propagare conform designului. Aranjamentul special al porilor a fost observat nu numai în zonele de la suprafața superioară a substratului, dar și în adâncimea cristalului, așa cum se arată în Fig. 5b și 5c. S-a stabilit experimental faptul că adâncimea de formare a porilor bazată pe design depinde de lățimea ferestrelor deschise în fotorezistul depus pe suprafața superioară, precum și de durata anodizării electrochimice.

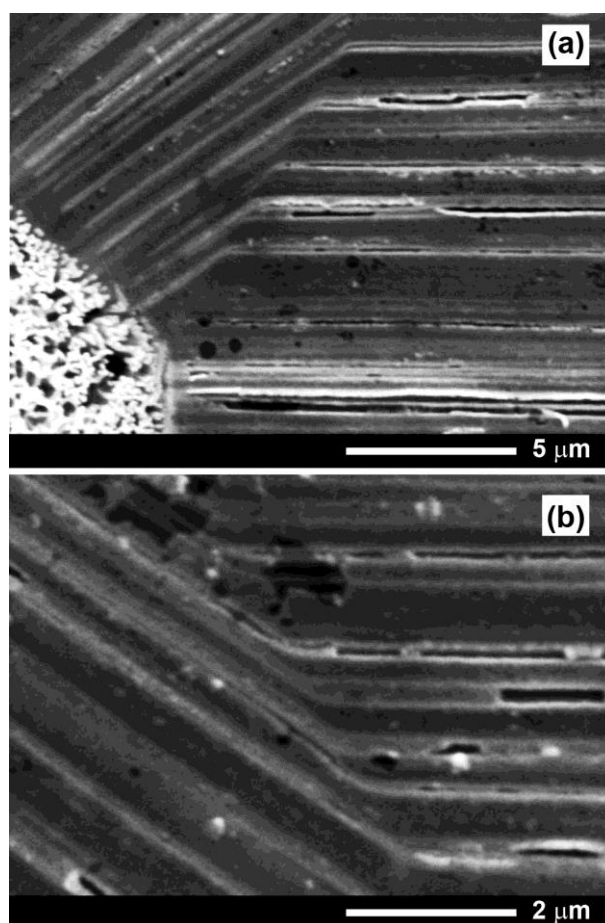


Fig 6. (a) SEM a InP poros după depunerea electrochimică a Pt (vedere de sus);
(b) vedere mărită.

Depunerea electrochimică în impulsuri a Pt în straturile poroase cu morfologie definită bazată pe design ne-a permis să demonstrăm posibilitatea fabricării rețelelor de nanotuburi metalice orientate de-a lungul direcțiilor cristalografice prestabilite (vezi Fig. 6). Astfel, având o conductibilitate bună a pereților scheletului poros, nanotuburile sunt depuse pe pereții lui. Prin schimbarea direcției de propagare a canalelor se modifică și direcția de propagare a nanotuburilor depuse în interior.

4. Concluzii

Rezultatele acestui studiu demonstrează posibilitatea formării porilor în compuși semiconductori pe bază de design. Depunerea electrochimică a nanogranulelor de Au are loc pe suprafața interioară a porilor și nu pe suprafața superioară a șablonului poros. Depunerea electrochimică prelungită în impulsuri a Pt duce la formarea rețelelor de nanotuburi metalice încorporate în matricea semiconductoare ce a fost fabricată pe baza unui design special. Rezultatele obținute arată că combinația de anodizare a substraturilor semiconductoare și depunerea electrochimică a metalelor reprezintă un instrument eficient de fabricare a noilor nanoarhitecturi hibride metalice și semiconductoare pentru diverse aplicații electronice și fotonice.

Referințe bibliografice

- [1] C. R. Martin. Nanomaterials, A Membrane – Based Synthetic Approach. Science Vol. 266, 1961, 1994.
- [2] K. Nielsch, F. Müller, A. Li, U. Gösele. Uniform nickel deposition into ordered alumina pores by pulsed electrodeposition. Advanced Materials Vol. 12, pp. 582-586, 2000.
- [3] I.U. Schuchert, M.E. Toimil Molares, D. Dobrev, J. Vetter, R. Neumann, M. Martin. Electrochemical Copper Deposition in Etched Ion Track Membranes Experimental Results and a Qualitative Kinetic Model. J. Electrochem. Soc. Vol. 150, C189, 2003.
- [4] W. Lee, R. Scholz, K. Nielsch, U. Gosele, A Template-Based Electrochemical Method for the Synthesis of Multisegmented Metallic Nanotubes. Angew. Chem. Int. Ed. Vol. 44, 6050, 2005.
- [5] G. Sharma, M.V. Pishko, C.A. Grimes. Fabrication of metallic nanowire arrays by electrodeposition into nanoporous alumina membranes: effect of barrier layer. J. Mater. Sci. Vol. 42, pp. 4738–4744, 2007.
- [6] M. Motoyama, Y. Fukunaka, T. Sakka, Y.H. Ogata. Initial stages of electrodeposition of metal nanowires in nanoporous templates. Electrochim. Acta Vol. 53, pp. 205-212, 2007.
- [7] S. Langa, M. Christophersen, J. Carstensen, I. M. Tiginyanu, and H. Föll. Single crystalline 2D porous arrays obtained by self organization in n-InP. Phys. Stat. Sol. A. Vol. 197, pp. 77-82, 2003.
- [8] S. Langa, J. Carstensen, M. Christophersen, K. Steen, S. Frey, I. M. Tiginyanu, and H. Föll. Uniform and Nonuniform Nucleation of Pore s during the Anodization of Si, Ge, and III-V Semiconductors. J. Electrochem. Soc. Vol. 152, C525-C531, 2005.
- [9] G. Korotcenkov and B. K. Cho. Silicon porosification: state of the art. Crit. Rev. Solid State Mater. Sci. Vol. 35, pp. 153-260, 2010.
- [10] I. M. Tiginyanu, V. V. Ursaki, E. Monaico, E. Foca, and H. Föll. Pore etching in III-V and II-VI semiconductor compounds in neutral electrolyte. Solid-State Lett. Vol. 10, D127-D129, 2007.
- [11] E. Monaico, P. Tighineanu, S. Langa, H. L. Hartnagel, and I. M. Tiginyanu. ZnSe-based conductive nanotemplates for nanofabrication. Phys. Stat. Sol. (RRL) Vol. 3, pp. 97-99, 2009.
- [12] H. Asoh, J. Iwata, and S. Ono. Hexagonal geometric patterns formed by radial pore growth of InP based on Voronoi tessellation. Nanotechnology Vol. 23, 215304, 2012.
- [13] S. Langa, J. Carstensen, I. M. Tiginyanu, M. Christophersen, and H. Föll. Formation of tetrahedron-like pores during anodic etching of (100) oriented n-GaAs. Electrochem. Solid-State Lett. Vol. 5, C14-C17, 2002.
- [14] J. Wloka, K. Mueller and P. Schmuki. Pore Morphology and Self-Organization Effects during Etching of n-Type GaP(100) in Bromide Solutions. Electrochem. Solid-State Lett. Vol. 8, B72-B75, 2005.
- [15] K. Müller, J. Wloka, P. Schmuki. Novel pore shape and self-organization effects in n-GaP(111). Journal of Solid State Electrochemistry, Vol. 13, Issue 5, pp 807–812, 2009.
- [16] G. Irmer. Raman scattering of nanoporous semiconductors. J. Raman Spectroscopy Vol. 38, pp. 634-646, 2007.

- [17] I. M. Tiginyanu, G. Irmer, J. Monecke, A. Vogt, and H. L. Hartnagel. Porosity-induced modification of the phonon spectrum of n-GaA. *Semicond. Sci. Technol.* Vol. 12, pp. 491-493, 1997.
- [18] I. M. Tiginyanu, I. V. Kravetsky, J. Monecke, W. Cordts, G. Marowsky, and H. L. Hartnagel. Semiconductor sieves as nonlinear optical materials. *Appl. Phys. Lett.* Vol. 77, pp. 2415-2417, 2000.
- [19] Hideki Hasegawa and Taketomo Sato, Electrochemical processes for formation, processing and gate control of III–V semiconductor nanostructures. *Electrochimica Acta*, Vol. 50, pp. 3015-3027, 2005.
- [20] Taketomo Sato, Chinami Kaneshiro, Hiroshi Okada, and Hideki Hasegawa, Formation of Size- and Position-Controlled Nanometer Size Pt Dots on GaAs and InP Substrates by Pulsed Electrochemical Deposition. *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 38, pp. 2448 1999.
- [21] Ion Tiginyanu, Eduard Monaico, Kornelius Nielsch. Self-assembled monolayers of Au nanodots deposited on porous semiconductor structures. *ECS Electrochemistry Letters*, Vol. 4, D8-D10, 2015.
- [22] Ion Tiginyanu, Eduard Monaico, Vladimir Sergentu, Andrei V. Tiron, and Veaceslav Ursaki. Metallized porous GaP templates for electronic and photonic applications. *ECS Journal of Solid State Science and Technology* Vol. 4, P57-P62, 2015.
- [23] I.M. Tiginyanu, V.V. Ursaki, E. Monaico, M. Enachi, V.V. Sergentu, G. Colibaba, D.D. Nedeoglo, A. Cojocar, H. Föll. Quasi-Ordered Networks of Metal Nanotubes embedded in Semiconductor Matrices for Photonic Applications. *Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics*, Vol. 6, pp. 463-472, 2011.
-

Prezentat la redacție: 14 decembrie 2017

Articolul este depozitat în baza de date IBN:

https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_numar_revista/26/2138

CZU: 53(076)

CU PRIVIRE LA PROBLEMELE DE LIMITĂ ȘI EXTREM ÎN FIZICĂ

Prof. Romulus SFICHI

Societatea Științifică „Cygnus”, centru UNESCO, Suceava, România

Rezumat. *Lucrarea se referă la categoria problemelor de limită și extreme în fizică care vizează optimizarea unor mărimi fizice și geometrice ce intră în structura acestor probleme și care răspund unor cerințe de interes practic și aplicativ. S-a pus accentul pe metodele matematice elementare de rezolvare astfel încât problemele să fie accesibile unei categorii cât mai largi de cititori, în mod deosebit, din învățământul preuniversitar.*

Cuvinte-cheie: *optim, limită, extrem, conexiune, rezolvare literală.*

Abstract. *The present article approaches the category of the problems of limit and extreme in physics that aim at the optimisation of some physical and geometrical quantities and address some practical and explanatory concerns. We have focused on the elementary mathematical solving models so that these problems may be accessible to as many readers as possible, especially to those at the pre-university level of education.*

Key words: *optimum, limit, extreme, connection, literal solving.*

Considerații preliminare

Viața ne dovedește că toate acțiunile umane stau sub semnul optimizării care, în viața economică și socială, exprimă alegerea și aplicarea soluției cele mai adecvate, dintre mai multe variante posibile, atunci când trebuie să se rezolve o problemă de natură tehnico-economică cu implicații sociale mai mari sau mai mici.

Ca acțiune conștientă a omului, optimizarea apare pe tărâmul vieții economico-sociale în procesul decizional. Cuvântul optim înseamnă „cel mai bun” sau foarte bun (adecvat, potrivit, indicat etc.) și care reprezintă un superlativ. În sens economic, optim înseamnă asigurarea celei mai mari eficiențe sau care asigură cel mai bine interesele urmărite. Originea acestui cuvânt se află în latinescul „*optimus*” (în franceză „*optime*”) și are semnificația dată mai sus. În sensul cel mai larg, prin optim trebuie să înțelegem un echilibru al tuturor factorilor care determină direct sau indirect un fenomen, indiferent de natura acestuia. Maximizarea sau minimizarea unei *funcții obiectiv* (scop) reprezintă realizarea optimizării.

Determinarea valorilor optime (adică maxime sau minime) în multe sectoare ale vieții economico-sociale prezintă o deosebită importanță. Așa se explică faptul că civilizația umană a pus și a rezolvat astfel de probleme încă din antichitate astfel încât asemenea probleme au reușit să fie contemporane cu orice epocă. Justețea acestei afirmații, care de fapt confirmă importanța problemelor de optimizare, reiese cu claritate din câteva exemple celebre care au constituit preocuparea esențială a multor oameni de știință, cu deosebire matematicieni, de-a lungul veacurilor cât și în epoca actuală (poate mai ales). Euclid (cca 325-265 î.Hr.), Arhimede (cca 287-212 î.Hr.), Heron din Alexandria (cca 10-70 d.Hr) ș.a. au luat în considerație și au rezolvat probleme de optim mai ales din geometrie implicate de nevoile vieții practice.

Astfel Heron (inginer și matematician grec) studiind fenomenele optice, de reflexie a luminii, a stabilit principiul de optim potrivit căruia lumina se propagă pe drumul cel mai scurt (minim). Mult mai târziu Fermat (1601-1665), matematician francez, a enunțat principiul de optim în optică, care-i poartă numele, potrivit căruia într-un mediu optic anizotrop raza de lumină ce se reflectă pe o suprafață lucie se propagă pe acel arc de curbă pe care timpul de parcurs este minim.

Așa cum viața o dovedește, a realiza printr-un efort minim un efect maxim este un principiu care stă la baza tuturor acțiunilor umane. Acest principiu cunoscut sub denumirea „*principiul minimei acțiuni*” (sau *principiul lui Maupertuis* (1698-1759), matematician și filozof francez care a menținut relații strânse cu poetul Antioh Cantemir (1709-1744) este aplicabil în natură și societate nu numai prin voința omului ci și independent de aceasta. Astfel în regnul vegetal și animal principiul minimei acțiuni se aplică instinctiv sau din motive de adaptare la mediu ce fac parte din așa numitul *cod al vieții*.

De exemplu, fagurii construiți de albine au o formă invariabilă și anume prisme hexagonale, terminate la capătul inferior cu un poliedru mărginit de romburi și care reprezintă corpuri de volum maxim înconjurate de suprafețe minime (albinele realizează astfel o maximizare a volumului pentru depunerea mierii cu minim de ceară). Forma aerodinamică a peștilor oferă cea mai mică rezistență de mișcare în mediul acvatic, iar tulpinile unor plante sunt elastice și rezistente la rupere folosind o cantitate minimă de substanță pentru formarea lor. Realizarea prin similitudine a unor sisteme tehnice care să prezinte caracteristici funcționale optime asemănătoare funcțiilor organismelor vii este, așa după cum se știe, scopul principal al Bionicii. Tehnica și tehnologia care urmăresc optimul constructiv și funcțional utilizează din plin metodele optimizării. Organizarea și conducerea economică și socială folosește de asemenea metodele optimizării în scopul creșterii eficienței acestor activități.

Principii de optimizare în fizică

Fizica ca știință fundamentală, ce stă la baza tehnicii și tehnologiilor, este fondată în mare parte pe principiul optimizării. Odată cu descoperirea analizei matematice, începând cu secolul XVII și XVIII s-au pus și bazele principiilor pentru rezolvarea problemelor de optim cu ajutorul metodelor calculului diferențial, stabilindu-se condițiile necesare și suficiente pentru funcțiile diferențiabile cu valori reale. Din aceeași perioadă provin și primele încercări legate de rezolvarea unor probleme mai complicate din mecanică și care astăzi se tratează în cadrul calculului variațional (capitol al analizei funcționale). Astfel, încă din timpul lui Euler (1707-1783) matematicienii au enunțat principii variaționale care erau echivalente cu ecuațiile de mișcare pe care le conțineau. Pierre-Louis-Moreau de Maupertuis, despre care s-a amintit mai înainte, a enunțat în 1749 un astfel de principiu care-i poartă numele și care și-a apărut prioritatea cu un zel deosebit, de exemplu, împotriva coniecturilor cum că Leibniz (1646-1716) l-ar fi cunoscut. Dar abia L. Lagrange (1736-1813) a dat acestui principiu o formulare corectă, legată de numele matematicianului irlandez W.A. Hamilton (1805-1865), care afirmă că într-un interval de timp $[t_1, t_2]$ un sistem de puncte materiale se deplasează

astfel încât integrala: $\int_{t_1}^{t_2} (E_c - E_p) dt$, să atingă o valoare minimă (E_c fiind energia cinetică, iar

E_p – energia potențială a sistemului considerat). În 1866, H. von Helmholtz (1821-1894) a extins acest principiu ca laitmotiv la o serie întreagă de procese nemecanice.

Max Planck (1858-1947) a văzut în acest principiu *cea mai cuprinzătoare dintre legile naturii*. Și într-adevăr astăzi, în opinia semnatarului acestor rânduri, acest principiu stă la baza CODULUI VIETII, iar teoria *fractalilor* sau teoria *constructală* și alte asemenea teorii sunt părți aplicative (aspecte) ale acestor legi. Când asemenea principii au apărut în secolul al XVII-lea, ele au stârnit senzații [1]. Ecuțiile diferențiale ale mișcării determină un proces la un moment dat, din mișcarea imediat precedentă, potrivit concepției cauzale a naturii. Dar în principiile aflate în discuție, dimpotrivă, întreaga mișcare este luată în considerare dintr-o dată pentru un interval de timp finit, ca și când viitorul ar determina și prezentul. Se făceau o serie de speculații care legate de ideea leibniziană a „cele mai bune dintre lumile posibile” (cu precursori încă printre vechii filozofi greci) dădea impresia că un element teologic ar fi pătruns aici în fizică și ca urmare unii exaltați [1] își închipuiau chiar că au izbutit să surprindă astfel câte ceva din planurile cosmice ale Creatorului, despre care credeau că pusese lucrurile la cale, în așa fel, încât mărimile figurând în aceste principii să fie menținute cât mai mici. Firește, toate aceste considerații aveau la bază o eroare matematică. Într-adevăr mărimile respective prezintă întotdeauna pentru mișcarea reală un extrem, însă nu numai un minim și apoi, s-a constatat curând că pot fi enunțate principii variaționale și pentru alte ecuații diferențiale, nu numai pentru cele ale mecanicii. Ca urmare, principiul minimei acțiuni ca și toate principiile asemănătoare au fost reduse, la un moment dat, la a deține doar rolul unor mijloace matematice auxiliare foarte valoroase. Dar în domeniul organic, al materiei vii, precum și alte domenii ce nu pot fi descrise doar prin ecuații diferențiale, optimizarea are cu totul altă origine și alt rol. Aici lucrurile nu sunt tot atât de clare... Procesul adâncirii cunoașterii continuă...

Oricum, armonia cosmică în care trăim, definită de o stare de echilibru relativ, este o stare de optim...

Întorcându-ne la lucrurile mai apropiate preocupărilor noastre avem în vedere, de pildă, principiul „*timpului minim*” al lui Fermat care a contribuit nu numai la elucidarea problemelor de propagare a luminii (reflexie și refracție) dar a fost folosit și la rezolvarea unor probleme de mecanică și apoi a fost utilizat la dezvoltarea ideilor legate de natura ondulatorie a particulelor elementare (De Broglie (1892-1987), 1925).

În unele situații determinarea anumitor valori extreme ale mărimilor fizice a condus la fundamentarea anumitor legi sau la stabilirea unor teoreme. Exemplificăm în acest sens legea de deplasare a lui W. Wien (1864-1928), 1893, din fotometria energetică, teorema transferului maxim de putere în circuitele electrice ș.a.

Fenomenele de rezonanță, atât de frecvent întâlnite în fizică, atât la nivel macroscopic, cât și microscopic, reprezintă tot o problemă de optim cu implicații practice atât pozitive cât și negative. În fizică de multe ori un sistem de corpuri are parametri diferiți. Moleculele unui gaz, de exemplu, la o temperatură constantă au viteze diferite. Distribuția moleculelor după viteză este dată de formula lui Maxwell (1831-1879). Această distribuție are un maxim pentru așa numita „viteză cea mai probabilă”. Un corp incandescent emite fotoni cu energie diferită însă și în acest caz numărul de fotoni, de aceeași energie, trece printr-un maxim pentru o anumită energie totală. Asemenea probleme sunt discutate pe larg cu ajutorul metodelor statistice.

Probleme de limite și extrem în fizică la nivelul învățământului preuniversitar

Fie că este vorba de determinarea unor valori critice ale mărimilor fizice (probleme de limită și extrem din punctul de vedere al fizicii), fie că e vorba de maxime și minime din punctul de vedere al abordării matematice, rezolvarea acestor probleme se poate face, în general, la nivelul liceului, cu o instrumentație matematică elementară. Sunt, în general, relativ puține cazurile în care nu se poate evita calculul diferențial. Astfel cunoașterea proprietăților funcției polinomiale de gradul doi, a principalelor identități și inegalități algebrice (inegalitatea mediilor, identitatea lui Lagrange, inegalitatea Cauchy – Buniakovski – Schwartz ș.a.) a elementelor de geometrie și trigonometrie, dau posibilitatea rezolvării celor mai mari părți ale problemelor de limită și extrem în fizică de nivel preuniversitar. Nu odată însă, ne este dat să observăm că probleme cu un grad redus de dificultate ce se pot soluționa cu ajutorul cunoștințelor de matematică elementară, sunt rezolvate utilizând calculul diferențial care în dese cazuri eclipsează fondul fizic al problemelor în favoarea unor calcule inutile.

Astfel, asemenea aspecte pot fi întâlnite și în multe cazuri din domeniul tehnicii de care nu ne ocupăm aici. Să dăm chiar câteva exemple întâlnite frecvent în astfel de probleme. Fie $y(\alpha)$ o funcție reală de variabilă reală definită prin dependența

$$y(\alpha) = \sin \alpha \cdot \cos^2 \alpha, \quad \alpha \in (0, \pi / 2).$$

Se pune problema determinării unghiului α pentru care $y(\alpha)$ are valori extreme. În multe lucrări, într-o asemenea situație, pentru rezolvarea problemei, se procedează la utilizarea derivatei (de ordinul întâi, de ordinul doi etc.) când, foarte simplu, având în vedere că $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 = \text{const.}$, rezultă că $y(\alpha)$ are valoarea maximă atunci când

$$\frac{\sin^2 \alpha}{1/2} = \cos^2 \alpha \Rightarrow \alpha = \alpha^* = \arctg \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 30^\circ 20'.$$

Această situație o întâlnim și pentru uzul frecvent al funcției

$$y(x) = \frac{ax}{b + cx^2}, \quad a, b, c \in R$$

și care reprezintă așa numita „serpentină a lui Newton”. Aplicarea calculului diferențial pentru rezolvarea problemei care se referă la determinarea $x = x^*$ pentru care $y(x)$ are valoare

maximă nu este necesară. Într-adevăr, $y(x)$ se poate retranscrie sub forma $y(x) = \frac{a}{\frac{b}{x} + cx}$.

Deoarece $\left(\frac{b}{x}\right)(cx) = bc = \text{const.}$, funcția $y(x)$ are valoarea maximă atunci când

numitorul $\left(\frac{b}{x} + cx\right)$ are valoare minimă, adică atunci când $\frac{b}{x} = cx \Rightarrow |x^*| = \sqrt{\frac{b}{c}}$.

Am putea continua șirul exemplurilor care atestă faptul că, sprijiniți de noțiuni de matematică elementară, putem rezolva o mare parte a problemelor de limită și extrem în fizică de nivel preuniversitar. Sunt însă și probleme de acest gen care nu pot fi rezolvate cu ajutorul matematicii elementare. În asemenea cazuri, pentru elevii de clasele a XI-a și a XII-a problemele de extrem în fizică se rezolvă utilizând metodele pe care ni le oferă analiza matematică.

În loc de concluzii

Teoria problemelor de optim în fizică s-a extins mult în ultimul timp și aceasta în strânsă conexiune cu soluționarea unor probleme din domeniul tehnico-economic puse de viața practică care dovedește că toate acțiunile omului stau sub semnul optimizării (vezi domeniul „Econofizicii”). Tocmai de aceea credem că această categorie de probleme trebuie cultivată și diversificată în procesul de educație și învățământ al tineretului.

Până la urmă natura și societatea evoluează continuu spre forme și structuri optime de-a lungul timpului considerat fără început și sfârșit.

Deseori intervenția brutală a omului în natură deranjează forme de echilibru – echivalente cu situații de extrem, cu consecințe, oricum, nedorite. Aceasta dovedește încă o dată că optimizarea rămâne mereu în actualitate și reprezintă o chestiune mult mai complexă decât s-ar părea la o analiză simplistă, de suprafață.

Pe parcursul anilor autorul acestor rânduri a publicat multe probleme de acest gen (vezi colecția revistelor „Eureka!”, „Cygnus”, „RFCh”, „Delta” ș.a., inclusiv un volum [1], totuși în cele ce urmează mai prezentăm, ca exemple, la acest material, câteva probleme de acest gen [2-6].

Câteva exemple de probleme de optim în fizică

I. Se consideră un oscilator mecanic liniar alcătuit dintr-un resort (arc) mecanic ideal caracterizat printr-o anume constantă elastică, având un capăt legat de un punct fix O, iar celălalt capăt de un corp mic de o anume masă (fig. 1) asupra căruia acționează o forță

variabilă în timp $f(t) = F_0 \sin \omega t$, în care F_0 este amplitudinea, iar ω - pulsația forței.

Asupra sistemului mai acționează o forță de rezistență a mediului (considerat vâcos)

$f_r = -cv(t)$, în care c este o constantă, iar $v(t)$ viteza oscilațiilor sistemului.

Considerând regimul stabilizat (permanent) de oscilație a sistemului sub acțiunea forței $f(t)$ și, având în vedere că toate forțele ce acționează asupra acestuia sunt coplanare și au același suport (direcție), se cer a fi determinate:

- 1) Valoarea medie (pe o perioadă) a puterii consumate în mișcarea oscilatorie a sistemului cunoscând m și k (fig. 1);
- 2) Pulsația ω - considerată variabilă - pentru care puterea determinată la punctul 1) are valoarea maximă și apoi să se calculeze această putere;
- 3) Unghiul de defazaj între elongația mișcării și valoarea acestuia în cazul punctului precedent.

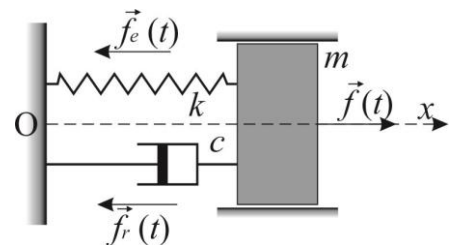


Fig. 1

Rezolvare

1) Puterea consumată în sistem este în valoare instantanee (momentană):

$$p(t) = f(t) \cdot v(t), \quad (1)$$

în care $v(t)$ este viteza mișcării oscilatorii a corpului, a cărui masă o notăm cu m . Va trebui să determinăm $v(t)$ având în vedere că elongația oscilațiilor sistemului este de forma

$$x(t) = A \sin(\omega t - \varphi), \quad (2)$$

în care A este amplitudinea mișcării, iar φ - unghiul de defazaj dintre $f(t)$ și $x(t)$. Ca urmare, viteza mișcării este

$$v(t) = \omega A \cos(\omega t - \varphi). \quad (3)$$

În continuare va trebui să determinăm A și φ . Pentru aceasta vom aplica legea a doua a dinamicii (Newton):

$$m\vec{a} = \vec{f}_r(t) + \vec{f}_e(t) + \vec{f}(t).$$

Mișcarea având loc pe Ox , legea a doua a dinamicii aplicată mișcării sistemului este

$$ma = f_r(t) + f_e(t) + f(t) \quad (4)$$

în care a este accelerația mișcării

$$a = -\omega^2 A \sin(\omega t - \varphi) \quad (5)$$

Forțele ce se opun mișcării sunt

$$\begin{aligned} f_r(t) &= -cv(t) = -c\omega A \cos(\omega t - \varphi) \\ f_e(t) &= -kx(t) = -kA \sin(\omega t - \varphi) \end{aligned}, \quad (6)$$

în care $f_e(t)$ este forța elastică de revenire (din resort), iar k - constanta elastică a resortului (rigiditatea acestuia).

Substituind (5) și (6) în (4) și luând în considerare valoarea $f(t)$, se obține

$$-\omega^2 A m \sin(\omega t - \varphi) = -c\omega A \cos(\omega t - \varphi) - kA \sin(\omega t - \varphi) + F_0 \sin \omega t,$$

sau

$$-\omega^2 A m \sin(\omega t - \varphi) + kA \sin(\omega t - \varphi) + c\omega A \cos(\omega t - \varphi) = F_0 \sin \omega t,$$

sau încă

$$\begin{aligned} & [c\omega \sin \varphi + (k - m\omega^2) \cos \varphi] \sin \omega t + \\ & + [c\omega \cos \varphi - (k - m\omega^2) \sin \varphi] \cos \omega t \equiv \frac{F_0}{A} \sin \omega t \end{aligned}. \quad (7)$$

Deoarece (7) este o identitate rezultă că:

$$c\omega \sin \varphi + (k - m\omega^2) \cos \varphi = \frac{F_0}{A}. \quad (8)$$

$$c\omega \cos \varphi - (k - m\omega^2) \sin \varphi = 0$$

Din sistemul de ecuații (8) se pot determina necunoscutele A și φ . Astfel, ridicând la pătrat ambele ecuații din (8) și adunându-le, se obține:

$$(k - m\omega^2)^2 + c^2 \omega^2 = \frac{F_0^2}{A^2} \Rightarrow A = \frac{F_0}{\sqrt{(k - m\omega^2)^2 + c^2 \omega^2}}. \quad (9)$$

Din ecuația (8₂) se obține $\operatorname{tg} \varphi = \frac{c\omega}{k - m\omega^2}$. (10)

Dacă avem în vedere că $\frac{k}{m} = \omega_0^2$ (pătratul pulsației proprii a sistemului oscilant), iar

$\frac{c}{m} = 2\delta$ (coeficient de amortizare), relațiile (9) și (10) devin

$$A = \frac{F_0}{m\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2\omega^2}}; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{2\delta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}. \quad (11)$$

Substituind $f(t)$ și (3) în (1), se obține

$$p(t) = \omega AF_0 \sin \omega t \cos(\omega t - \varphi) = \omega AF_0 \left(\frac{1}{2} \sin 2\omega t \cos \varphi + \sin^2 \omega t \sin \varphi \right).$$

Deoarece valorile medii $\overline{\sin 2\omega t} = 0$; $\overline{\sin^2 \omega t} = \frac{1}{2}$, valoarea medie pe o perioadă a puterii $p(t)$ este

$$\bar{p} = \frac{1}{2} \omega AF_0 \sin \varphi. \quad (12)$$

Din (11) putem determina $\sin \varphi$, $\varphi \in \left[\frac{\pi}{2}, -\frac{\pi}{2} \right]$,

$$\sin \varphi = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}} = \frac{2\delta m \omega A}{F_0}. \quad (13)$$

Substituind (11₁) și (13) în (12) se obține răspunsul la prima cerință a problemei:

$$\bar{p} = \frac{\delta F_0^2}{m} \left[\frac{\omega^2}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2 \omega^2} \right]. \quad (14)$$

2) În baza (14), care se poate transcrie sub forma

$$\bar{p}(\omega) = \frac{\delta F_0^2}{m} \left[\frac{1}{\left(\frac{\omega_0^2}{\omega} - \omega \right)^2 + 4\delta^2} \right], \quad \omega \in (0, \infty),$$

rezultă $\bar{p}(\omega)$ are valoare maximă atunci când

$$\left(\frac{\omega_0^2}{\omega} - \omega \right)^2 = 0, \quad \Rightarrow \omega = \omega_0. \quad (15)$$

Așadar

$$\bar{p}_{\max} = \bar{p}(\omega_0) = \frac{F_0^2}{4m\delta} = \frac{F_0^2}{2c}. \quad (16)$$

La $\omega = \omega_0$ sistemul se află în stare de rezonanță, iar puterea preluată de acesta are valoare maximă dată de (16).

3) Din (11₂) rezultă $\varphi = \arctg \frac{2\delta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}$ și la rezonanță, $\varphi = \arctg \infty \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{2}$ rad.

II. Se dau două surse de curent continuu de rezistențe electrice interioare r_1 și r_2 și de t.e.m. variabile E_1 și E_2 care debitează în paralel pe un rezistor de utilizare de rezistență electrică R și tensiune constantă U (fig. 2). Să se determine valorile E_1 și E_2 pentru care pierderile de putere prin efect termic pe rezistențele electrice interioare ale celor două surse sunt minime, iar randamentul circuitului este maxim.

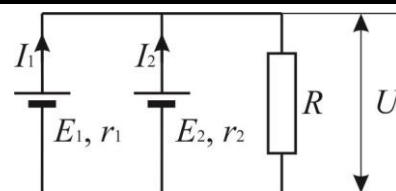


Fig. 2

Aplicație numerică: $r_1 = 0,25 \Omega$; $r_2 = 0,20 \Omega$; $R = 1 \Omega$ și $U = 110 \text{ V}$.

Rezolvare

Pierderile de putere pe rezistențele electrice interioare ale celor două surse, sunt

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 = r_1 I_1^2 + r_2 I_2^2, \quad (1)$$

în care I_1 și I_2 sunt intensitățile curenților electrici debitați de surse.

$$\text{Darnnn } I_1 = \frac{E_1 - U}{r_1}; \quad I_2 = \frac{E_2 - U}{r_2}; \quad E_1, E_2 > U. \quad (2)$$

Substituind (2) în (1) se obține

$$\Delta p(E_1, E_2) = g_1(E_1 - U)^2 + g_2(E_2 - U)^2, \quad \Delta p > 0, \quad (3)$$

în care $g_1 = 1/r_1$, și $g_2 = 1/r_2$ reprezintă conductanțele electrice interioare ale surselor. Relația (3) exprimă o funcție de două variabile (E_1, E_2) ce se poate reduce la o funcție de o singură variabilă (E_1) dacă între E_1 și E_2 putem găsi o funcție de „legătură”.

Într-adevăr, se poate scrie că

$$U = R(I_1 + I_2) = R \left(\frac{E_1 - U}{r_1} + \frac{E_2 - U}{r_2} \right), \text{ sau } E_1 g_1 + E_2 g_2 = U(g_1 + g_2 + G) \quad (4) \text{ în care}$$

$G = 1/R$ reprezintă conductanța electrică a utilizării.

Din (4) se explicitează E_2 . Se obține:

$$E_2 = \frac{1}{g_2} [U(g_1 + g_2 + G) - E_1 g_1]. \quad (5)$$

Înlocuind apoi (5) în (3) se obține $\Delta p = g_1(E_1 - U)^2 + \frac{1}{g_2} [U(g_1 + G) - E_1 g_1]^2$,

$$\text{Adică } \Delta p(E_1) = g_1 \left(1 + \frac{g_1}{g_2} \right) E_1^2 - 2g_1 U \left(1 + \frac{g_1 + G}{g_2} \right) E_1 + \left[g_1 + \frac{(g_1 + G)^2}{g_2} \right] U^2. \quad (6)$$

Așadar, $\Delta p(E_1)$ reprezintă o funcție polinomială de gradul doi astfel încât aceasta are

$$\text{valoarea minimă atunci când } E_1 = \frac{2g_1 U \left(1 + \frac{g_1 + G}{g_2} \right)}{2 \left(1 + \frac{g_1}{g_2} \right) g_1} = \frac{U(g_1 + g_2 + G)}{g_1 + g_2} = 122,2 \text{ V}. \quad (7)$$

Substituind (7) în (5) se obține, $E_2 = E_1$ astfel încât (3) devine

$\Delta p_{\min} = (g_1 + g_2)(E_1 - U)^2$, în care substituind (7), se obține

$$\Delta p_{\min} = \frac{G^2 U^2}{g_1 + g_2} = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \cdot \left(\frac{U}{R}\right)^2 = r_e \left(\frac{U}{R}\right)^2, \quad (8) \text{ în care } r_e \text{ este rezistența electrică}$$

echivalentă a rezistențelor electrice interioare a celor două surse.

$$\text{Randamentul circuitului este } \eta = \frac{P_u}{P_u + \Delta p}, \quad (9)$$

în care $p_u = GU^2$ este puterea electrică constantă utilă cerută de consumator (utilizator). Ca

$$\text{urmare, } \eta_{\max} = \frac{P_u}{P_u + (\Delta p)_{\min}}. \quad (10)$$

$$\text{Substituind (8) în (10), se obține } \eta_{\max} = \frac{1}{1 + \frac{G}{g_1 + g_2}} = \frac{1}{1 + \frac{r_e}{R}} = 0,9. \quad (11)$$

III. În fig.3 este prezentată schema electrică echivalentă aproximativă, pe o fază, a unui cuptor electric cu arc pentru topirea oțelului. Cunoscând valoarea efectivă a tensiunii alternative de alimentare U , rezistența electrică r și reactanța x din schemă, se cere a se determina:

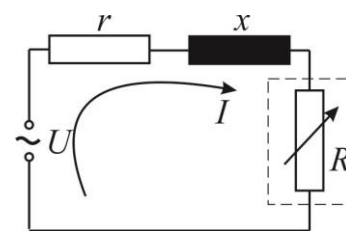


Fig. 3

a) Valoarea rezistenței $R \in (0, \infty)$ a arcului electric pentru care puterea electrică utilă (dezvoltată în arc) are valoare maximă.

b) Valoarea intensității efective I și puterea electrică utilă în condițiile punctului a).

Rezolvare

a) Puterea electrică dezvoltată în arc (puterea utilă) este

$$p = RI^2 = R \frac{U^2}{Z^2} = \frac{RU^2}{r^2 + x^2 + R^2 + 2rR}, \quad (1) \text{ în care } I = \frac{U}{Z}, \quad Z = \sqrt{(r+R)^2 + x^2}.$$

Expresia puterii (1) se poate transcrie sub forma

$$p(R) = \frac{U^2}{\frac{r^2 + x^2}{R} + R + 2r} \quad R \in (0, \infty). \quad (2)$$

Deoarece $\left(\frac{r^2 + x^2}{R}\right)R = r^2 + x^2 = \text{const}$, rezultă că $p(R)$ are valoarea maximă atunci când

$$\frac{r^2 + x^2}{R} = R \Rightarrow R^* = \sqrt{r^2 + x^2}; \quad R > 0. \quad (3)$$

b) Valoarea efectivă a intensității curentului electric în circuit este

$$I = \frac{U}{\sqrt{(r+R)^2 + x^2}}. \quad (4)$$

Înlocuind (3) în (4) se obține prin prelucrare

$$I = \frac{U}{x\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{r}{\sqrt{r^2 + x^2}}}. \quad (5)$$

În fine, substituind (3) în (1) sau (2) se obține

$$p_{\max} = p(R^*) = \frac{U^2 r}{2x^2} \left[\sqrt{1 - \left(\frac{x}{r}\right)^2} - 1 \right]. \quad (6)$$

IV. O sursă de lumină S, punctiformă și uniformă, având intensitatea luminoasă I, se află deasupra unei suprafețe orizontale (fig. 4). Să se determine înălțimea SA = x la care trebuie amplasată sursa astfel încât iluminarea în punctul P din planul orizontal să aibă valoarea maximă dacă distanța orizontală AP = d, A fiind piciorul perpendicularei din S pe suprafața orizontală. Să se determine iluminarea maximă orizontală în P.

Rezolvare

Problema este frecvent întâlnită în literatura domeniului, dar totdeauna este rezolvată făcând uz de calculul diferențial. Vom da aici o rezolvare utilizând elemente de matematică elementară.

Iluminarea orizontală în punctul P este $E_p = \frac{I \cos \alpha}{SP^2}$; $SP = \frac{AP}{\sin \alpha} = \frac{d}{\sin \alpha}$.

$$\text{Deci } E_p(\alpha) = \frac{I \sin^2 \alpha \cos \alpha}{d^2}, \quad \alpha \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right). \quad (1)$$

Notând cu $f(\alpha) = \sin^2 \alpha \cos \alpha$, rezultă din (1)

$$E_p(\alpha) = \frac{I}{d^2} f(\alpha). \quad (2)$$

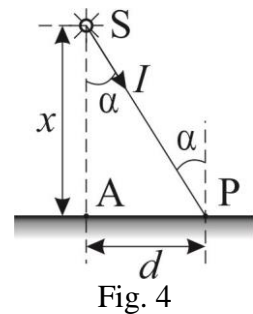
Știind că $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$, $f(\alpha) = \sin^2 \alpha (\cos^2 \alpha)^{\frac{1}{2}}$, astfel încât valoarea maximă a funcției $f(\alpha)$ are loc atunci când

$$\sin^2 \alpha = \frac{\cos^2 \alpha}{1/2} \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha^* = \sqrt{2} \Rightarrow \alpha^* \approx 48^\circ 45'. \quad (3)$$

Ca urmare, înălțimea la care trebuie să se afle sursa luminoasă față de suprafața orizontală este $SA = x = d \cdot \operatorname{ctg} \alpha^* = \frac{d}{\sqrt{2}} \approx 0,7d$. (4)

Ținând seama că $\sin \alpha^* = \sqrt{2/3}$; $\cos \alpha^* = \frac{1}{\sqrt{3}}$, din (1) rezultă

$$E_{p_{\max}} = E_p(\alpha^*) = \frac{2\sqrt{3}}{9} \frac{I}{d^2} \approx 0,384 \frac{I}{d^2}. \quad (5)$$



V. Un deuteron de masă $M = 2,014045 u$ ciocnește perfect elastic un proton aflat în repaus și având masa $m = 1,00728 u$. Să se determine valoarea maximă a unghiului θ sub care este difuzat deuteronul în urma ciocnirii.

Rezolvare

Aplicând legea conservării impulsului și respectiv a conservării energiei la ciocnire (fig. 5), avem $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$; $E = E_1 + E_2 \Rightarrow \frac{p^2}{2M} = \frac{p_1^2}{2M} + \frac{p_2^2}{2m}$. (1)

Din (1) rezultă $\vec{p} - \vec{p}_1 = \vec{p}_2 \Rightarrow (\vec{p} - \vec{p}_1)^2 = p_2^2$,

adică $p^2 + p_1^2 - 2pp_1 \cos \theta = p_2^2$ (2)

Desigur că (2) se putea obține și direct prin aplicarea teoremei cosinusului în unul din cele două triunghiuri congruente din fig. 5.

Din sistemul de ecuații format de (1) și (2) determinăm θ în funcție de $p/p_1 = x$ și obținem succesiv $p_2^2 = \frac{m}{M}(p^2 - p_1^2)$; $\cos \theta = \frac{p^2 + p_1^2 - p_2^2}{2pp_1}$;

$$\cos \theta = \frac{1}{2} \left[x \left(1 - \frac{m}{M} \right) + \frac{1}{x} \left(1 + \frac{m}{M} \right) \right], \quad x \in (0, \infty). \quad (3)$$

Din (3) rezultă că $\left[x \left(1 - \frac{m}{M} \right) \right] \left[\frac{1}{x} \left(1 + \frac{m}{M} \right) \right] = 1 - \left(\frac{m}{M} \right)^2 = \text{const}$

Așadar, $\cos \theta$ are valoarea minimă, iar θ valoare maximă atunci când

$$x \left(1 - \frac{m}{M} \right) = \frac{1}{x} \left(1 + \frac{m}{M} \right) \Rightarrow x^* = \sqrt{\frac{1 + \frac{m}{M}}{1 - \frac{m}{M}}}. \quad (4)$$

Substituind (4) în (3) se obțin

$$(\cos \theta)_{\min} = (\cos \theta)_{x=x^*} = \sqrt{1 - \left(\frac{m}{M} \right)^2} \Rightarrow (\sin \theta)_{\max} = \frac{m}{M}.$$

adică $(\theta)_{\max} = \arcsin \frac{m}{M}$. (5)

Înlocuind valorile numerice în (5) se obține

$$\theta_{\max} = \arcsin 0,50012 \Rightarrow \theta_{\max} \approx 30^\circ.$$

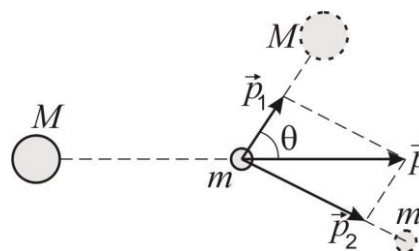


Fig. 5

VI. Din nucleele unui nuclid A, prin dezintegrare se formează nuclee ale altui nuclid radioactiv B. Știind că valorile constantelor radioactive ale celor doi nuclizi sunt λ_A și respectiv λ_B se cere să se determine momentul în care numărul de nuclee de tip B este maxim. Se presupune că în momentul inițial preparatul radioactiv conținea nuclee de tip A, $N_A(0)$.

Rezolvare

Scriind ecuațiile de dezintegrare ale celor doi nuclizi, avem

$$\frac{dN_A}{dt} = -\lambda_A N_A; \quad \frac{dN_B}{dt} = \lambda_A N_A - \lambda_B N_B, \quad (1) \text{ în care } N_A \text{ și } N_B \text{ reprezintă numărul de nuclee}$$

de tip A și, respectiv, de tip B. Potrivit enunțului problemei, numărul de nuclee de tip A pe care-l conținea inițial preparatul radioactiv este $N_A(0)$ astfel că prin aplicarea legii dezintegrării radioactive, avem $N_A = N_A(0)e^{-\lambda_A t}$, t – timpul. (2)

$$\text{Substituind (2) în (1)}_2 \text{ se obține } \frac{dN_B}{dt} + \lambda_B N_B = \lambda_A N_A(0)e^{-\lambda_A t}. \quad (3)$$

Din ecuația (3) vom determina $N_B(t)$, adică legea de variație în timp a numărului de nuclee de tip B.

Soluția acestei ecuații diferențiale se compune din soluția generală a ecuației omogene la care se adaugă o soluție particulară a ecuației neomogene.

$$\text{Ecuația omogenă } \frac{dN_B}{dt} + \lambda_B N_B = 0 \quad (4)$$

se integrează imediat punând-o sub forma $\frac{dN_B}{N_B} = -\lambda_B dt$,

$$\text{deci } \int \frac{dN_B}{N_B} = -\lambda_B \int dt \Rightarrow \ln N_B = -\lambda_B t, \text{ adică } N_B = Ce^{-\lambda_B t}, \quad (5)$$

în care C este o constantă de integrare.

Soluția particulară a ecuației diferențiale neomogene (3) o căutăm sub forma

$$N_B = ke^{-\lambda_A t}, \quad k = \text{const}. \quad (6)$$

Substituind (6) în (3), se obține

$$ke^{-\lambda_A t}(\lambda_B - \lambda_A) = \lambda_A N_A(0)e^{-\lambda_A t} \Rightarrow k = N_A(0) \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A}. \quad (7)$$

Ca urmare, soluția generală a ecuației neomogene (3) se compune din însumarea (5) cu (6) ținând seama de (7):

$$N_B(t) = Ce^{-\lambda_B t} + N_A(0) \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A} e^{-\lambda_A t}. \quad (8)$$

Punând în (8) condițiile inițiale din enunțul problemei $t=0 \Rightarrow N_B=0$, rezultă constanta de integrare C : $C = -N_A(0) \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A}$. (9)

Introducând (9) în (8) obținem în final funcția căutată

$$N_B(t) = N_A(0) \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A} (e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t}) \quad t \in (0, \infty). \quad (10)$$

Din (10) se observă că $N_B(t) > 0$, dacă $\lambda_B > \lambda_A$, ceea ce fizic se confirmă.

De abia acum, folosind în continuare calculul diferențial vom obține soluția căutată a problemei.

$$\text{Astfel } \frac{dN_B}{dt} = N_A(0) \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A} (\lambda_B e^{-\lambda_B t} - \lambda_A e^{-\lambda_A t}). \quad (11)$$

Punând condiția $\frac{dN_B}{dt} = 0$, se obține $\lambda_B e^{-\lambda_B t^*} = \lambda_A e^{-\lambda_A t^*}$

$$\text{Sau } \frac{\lambda_B}{\lambda_A} = e^{(\lambda_B - \lambda_A)t^*} \Rightarrow t^* = \frac{1}{\lambda_B - \lambda_A} \ln \frac{\lambda_B}{\lambda_A}. \quad (12)$$

Din (11) se constată că: dacă $t < t^*$, $\frac{dN_B}{dt} > 0$ dacă $t > t^*$, $\frac{dN_B}{dt} < 0$.

Deci pentru $t = t^*$ dat de (12), funcția $N_B(t)$, exprimată prin (10), prezintă într-adevăr un maxim.

Notă

Expresia timpului t^* dată de (12) și care reprezintă soluția problemei enunțate, se poate transcrie și sub o altă formă dacă ținem seama că

$$\lambda_A = \frac{\ln 2}{T_A}; \quad \lambda_B = \frac{\ln 2}{T_B}. \quad (13) \text{ în care } T_A \text{ și } T_B \text{ reprezintă timpii de înjumătățire în}$$

procesul de dezintegrare a celor doi nuclizi.

$$\text{Substituind (13) în (12), se obține } t^* = \frac{\ln \frac{T_A}{T_B}}{\left(\frac{1}{T_B} - \frac{1}{T_A} \right) \ln 2}. \quad (14)$$

* * *

În finalul acestor exemple de probleme privind limitele și extremele în fizică este de subliniat faptul (așa cum a rezultat din exemplele ca atare) că pentru a aplica metodele de optimizare mai întâi trebuie definită funcția obiectiv (scop). La nivelul fizicii preuniversitare s-au avut în vedere problemele ce prezintă un singur grad de libertate (o singură variabilă independentă), iar funcțiile obiectiv sunt reale de variabilă reală. Astfel de probleme pot fi de extrem liber sau condiționat [1-6].

Bibliografie selectivă

- [1] Sfichi, R., Probleme de limită și extrem t în fizică (ediția a II-a). Editura Didactică și Pedagogică, București – 1990.
- [2] Sfichi, R., Probleme de extrem liber în fizică. În revista „Învățământul liceal și tehnic profesional”, nr. 7 – 8, București, 1974.
- [3] Sfichi, R., Optimizarea în probleme de fizică. În revista „Eureka!”, nr. 4(92), Brăila 1988.
- [4] Crocnan, D.O., Fizica. Oscilații și unde. Manual pentru clasa a XI-a. Editura Sigma, București - 2006.
- [5] Vrejoiu, C., ș.a., Fizică mecanică pentru perfecționarea profesorilor. Editura Didactică și Pedagogică, București - 1983.
- [6] Popescu, I.M., ș.a. Probleme de optică, fizică atomică și nucleară pentru examenele de bacalaureat și admitere în învățământul superior. Editura Tehnică, București – 1973.

Prezentat la redacție: 28 septembrie 2017.

Articolul este depozitat în baza de date IBN:

https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_numar_revista/26/2138

CZU: [530.1+531.391] (076)

EFFECTUL BISTABILITĂȚII ÎN MECANICĂ

Conf. univ. dr. Vitalie CHISTOL

Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, chistolvitalie@yahoo.com

Rezumat. În lucrare sunt analizate două exemple de manifestare a fenomenului de bistabilitate în procesele din mecanică. Sunt analizate și explicate cauzele și efectele fizice care stau la baza acestui fenomen.

Cuvinte cheie: bistabilitate, mecanică, bucla de histerezis.

Abstract. In the paper two cases of bistability effect in mechanical processes are considered. The physical reasons leading to this effect are analyzed and explained.

Keywords: bistability, mechanics, hysteresis loop.

Efectul bistabilității constă în existența a două stări stabile ale unui sistem pentru una și aceeași valoare a unui parametru exterior. Fenomenul bistabilității este binecunoscut în optică (bistabilitate optică), magnetism (bistabilitate magnetică), electricitate (circuite bistabile) etc. În majoritatea cazurilor acest efect e de natură cuantică și este dificil de explicat în limitele programei de liceu. În cele ce urmează, vom analiza două cazuri în care efectul bistabilității se manifestă în procesele din mecanică și explicația acestuia este relativ simplă și se încadrează în limitele programei școlare.

Problema 1. Fie un cilindru orizontal închis la ambele capete în care se află un piston de masă m care poate să lunece fără frecări de-a lungul cilindrului. De ambele părți ale pistonului se află aer la presiunea p_0 . Distanțele de la piston până la capetele cilindrului sunt l_1 și l_2 (fig.1). Să se determine viteza unghiulară cu care trebuie rotit cilindrul în jurul unei axe verticale ce trece printr-un capăt al său, pentru ca deplasarea pistonului de la poziția de echilibru să fie egală cu x .

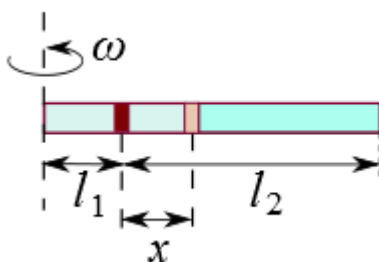


Fig.1

Pentru aceasta aflăm forțele care acționează asupra pistonului. Aerul din cilindru acționează asupra lui cu două forțe, a căror rezultantă este $F_1 = (p_2 - p_1)S$, (1) unde p_1 și p_2 sunt presiunile exercitate de aer asupra pistonului în timpul rotației; S este aria secțiunii transversale a cilindrului.

Considerând că aerul de ambele părți ale cilindrului este supus unui proces izotermic, avem $p_0 l_1 S = p_1 (l_1 + x) S$, $p_0 l_2 S = p_2 (l_2 - x) S$.

Exprimând p_1 și p_2 din ultimele expresii și introducându-le în (1), obținem

$$F_1 = \left(\frac{p_0 l_2}{l_2 - x} - \frac{p_0 l_1}{l_1 + x} \right) S. \quad (2)$$

Forța care imprimă pistonului o accelerație centripetă este $F_2 = m\omega^2(l_1 + x)$. (3)

Este evident ca pistonul se va afla în echilibru în cazul când $F_1 = F_2$ și astfel

$$\left(\frac{p_0 l_2}{l_2 - x} - \frac{p_0 l_1}{l_1 + x} \right) S = m\omega^2(l_1 + x), \text{ de unde obținem: } \omega = \sqrt{\frac{l_2(l_1 + x) - l_1(l_2 - x)}{m(l_2 - x)(l_1 + x)^2}} p_0 S. \quad (4)$$

Din această expresie se vede că pentru fiecare valoare a lui $x < l_2$ se obține o singură valoare a lui ω . S-ar părea că și pentru diferite valori ale vitezei de rotație se poate obține orice valoare a poziției de echilibru x . În realitate, graficul dependenței $x = f(\omega)$ (fig. 2) arată că lucrurile stau altfel.

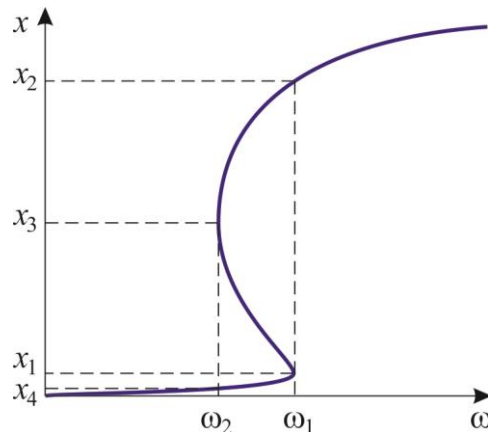


Fig. 2

Din figura 2 se vede că deplasarea pistonului crește odată cu creșterea vitezei de rotație și la viteza $\omega = \omega_1$ pistonul trece în salt din poziția $x = x_1$ în poziția $x = x_2$. Când se reduce viteza de rotație, se micșorează și x , iar la valoarea $\omega = \omega_2$ pistonul trece iarăși în salt din poziția $x = x_3$ în poziția $x = x_4$. Deci, *pistonul nu se poate afla în poziții din intervalul $x_1 < x < x_3$!* Acest fenomen este analogic cu efectul de bistabilitate din fizica cuantică.

Pentru a explica efectul obținut, trasăm graficele dependenței $F(x)$ (fig.3 după (2) (curba 1) și după (3) (dreptele 2, 3, 4). Observăm ca panta dreptelor 2, 3, 4 depinde de viteza de rotație a cilindriului. Din fig.3 se vede că la o anumită viteză de rotație (dreapta 2) există trei stări de echilibru ale pistonului: $x = x_4$, $x = x_5$ și $x = x_6$. În stările $x = x_4$ și $x = x_6$ echilibrul pistonului este stabil, iar în starea $x = x_5$ – instabil. Pistonul se va afla în echilibru în starea $x = x_4$. Mărind viteza de rotație, panta dreptei crește și la $\omega = \omega_1$ (dreapta 3) pistonul va avea doar două poziții de echilibru: $x = x_1$ (echilibru metastabil [1]) și $x = x_2$ (echilibru stabil).

Pistonul se va afla în echilibru metastabil în poziția $x = x_1$. La o mică creștere a vitezei de rotație, pistonul trece în salt în poziția $x = x_2$. Odată cu creșterea în continuare a vitezei de rotație, crește și valoarea lui x . Dacă reducem viteza de rotație, se micșorează și x . La $\omega = \omega_2$ (dreapta 4) pistonul ajunge în poziția metastabilă $x = x_3$.

La o mică reducere a vitezei de rotație, pistonul trece în salt în poziția $x = x_4$. Astfel, dacă în enunțul problemei se va da o valoare a lui x din intervalul $x_1 < x < x_3$, atunci din expresia (4) se va putea calcula viteza de rotație pe care trebuie să o poseze cilindrul pentru ca pistonul să ocupe o astfel de poziție, însă acest rezultat este greșit, deoarece în intervalul respectiv pistonul nu se poate afla în starea de echilibru.

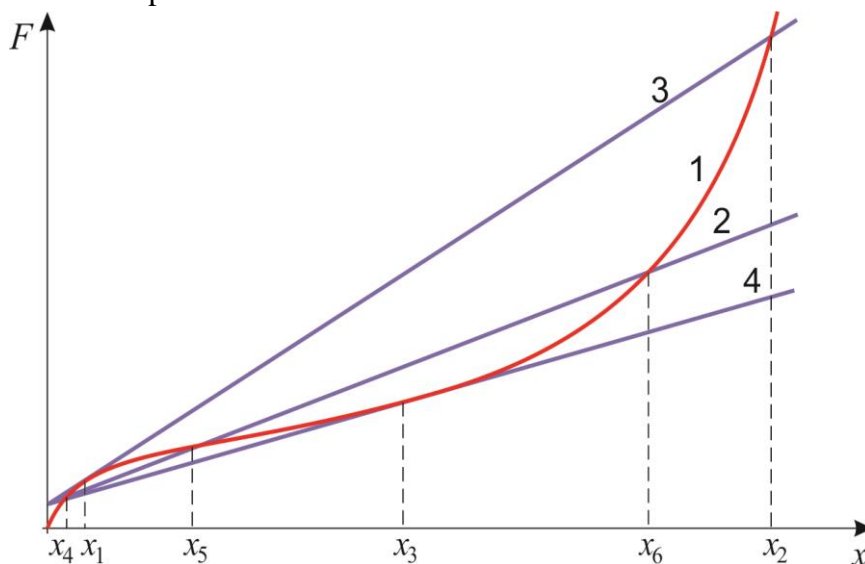


Fig. 3

Remarcăm faptul că trecerea pistonului dintr-o stare de echilibru în alta are loc la o viteză de rotație ω_1 , iar revenirea are loc la o viteză de rotație $\omega_2 < \omega_1$. Deci, în dependența $x = f(\omega)$ se obține o buclă de histerezis (fig.4).

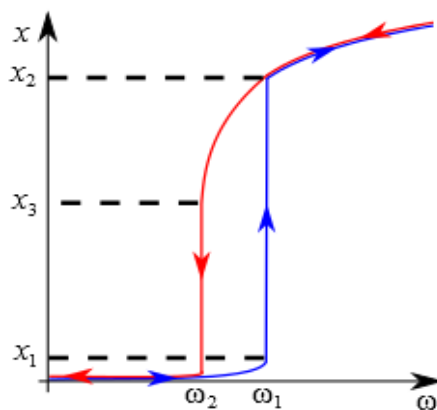


Fig.4

O situație asemănătoare cu cea de mai sus avem și în problema următoare.

Problema 2. Considerăm un tub închis la un capăt de forma indicată în fig.5a, în care se află o coloană de aer de înălțime x_0 , separată de atmosferă printr-o coloană de mercur de înălțime H . Temperatura aerului din tub este T_0 . Ariile secțiunilor transversale ale tubului sunt S_1 și S_2 . Presiunea atmosferică exprimată în milimetri ai coloanei de mercur este H_0 . Se cere a se trasa graficul deplasării suprafeței inferioare a coloanei de mercur în funcție de temperatura aerului din tub.

Aplicând ecuația transformării generale a gazului ideal pentru aerul din tub, obținem:

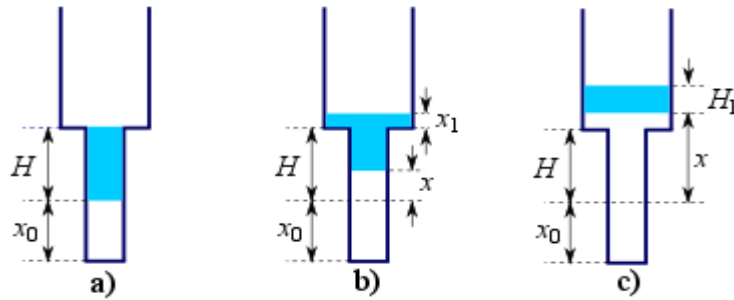


Fig.5

$$\frac{pV}{T_0} = \frac{p_1V_1}{T}, \quad (5) \text{ unde: } p = \rho g(H + H_0), \quad V = S_1x_0, \text{ iar } p_1 \text{ și } V_1 \text{ pentru } x \leq H \text{ sunt:}$$

$$p_1 = \rho g(H - x + x_1 + H_0); \quad V_1 = S_1(x_0 + x).$$

$$\text{Din fig. 5b avem: } S_1x = S_2x_1 \text{ sau } x_1 = \frac{S_1}{S_2}x = kx, \text{ unde } k = \frac{S_1}{S_2}.$$

Deci, $p_1 = \rho g(H + H_0 - (1-k)x)$ și din (5) obținem:

$$\frac{\rho g(H + H_0)S_1x_0}{T_0} = \frac{\rho g(H + H_0 - (1-k)x)S_1(x_0 + x)}{T}.$$

$$\text{De aici rezultă: } T = T_0 \frac{(H + H_0 - (1-k)x)(x_0 + x)}{(H + H_0)x_0}. \quad (6)$$

Pentru $x > H$ avem (fig. 5c): $V_1 = S_1(H + x_0) + S_2(x - H)$

$$p_1 = \rho g(H_0 + H_1) = \rho g(H_0 + kH).$$

$$\text{Introducând } V_1 \text{ în (5), obținem: } T = T_0 \frac{\rho g(H_0 + kH)[S_1(H + x_0) + S_2(x - H)]}{\rho g(H_0 + H)S_1x_0},$$

$$\text{În urma unor transformări obținem: } T = T_0 \frac{(H_0 + kH)[H + x_0 + 1/k(x - H)]}{(H_0 + H)x_0}. \quad (6a)$$

Trasăm graficul dependenței $x = f(T)$ după expresia (6) (fig. 6, curba 1) și după (6a) (fig. 6, dreapta 2).

Din figură se vede că la temperatura T' deplasarea suprafeței inferioare a mercurului este x' . Pentru $T > T'$ ecuația (6) nu are soluții. Aceasta înseamnă că la $T > T'$ tot mercurul din tubul cu aria S_1 trece în salt în tubul de arie S_2 , iar deplasarea mercurului va fi $x > x_2$.

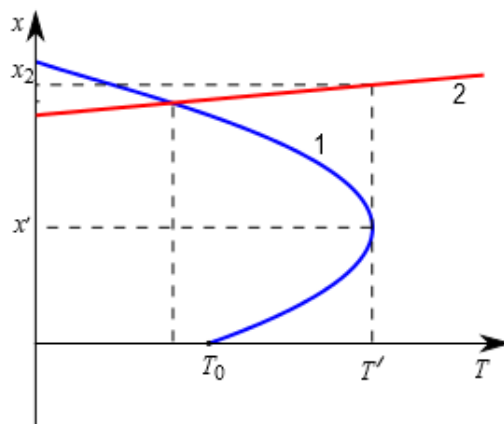


Fig. 6

Pentru a explica acest salt, vom cerceta echilibrul suprafeței inferioare a mercurului. Asupra acestei suprafețe mercurul exercită presiunea p_1 și aerul din tub presiunea p_2 . Mercurul se află în echilibru atunci când aceste presiuni sunt egale. Presiunile p_1 și p_2 au

$$\text{valorile: } p_1 = \begin{cases} \rho g (H_0 + H - x) & \text{pentru } x \leq H \\ \rho g (H_0 + H_1) = \rho g (H_0 + kH) & \text{pentru } x > H \end{cases}, \quad (7)$$

$$p_2 = \frac{\nu RT}{S_1(x_0 + x)} \quad \text{pentru } x \leq H. \quad (8)$$

Trasăm graficul funcțiilor $p_1(x)$ și $p_2(x)$ [2,3] (fig.7):

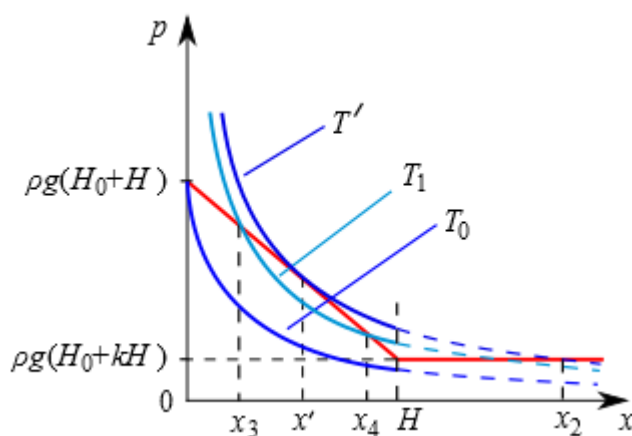


Fig. 7

Din figura 7 se vede că pentru $T = T_0$, în domeniul $x \leq H$, curba $p_2(x)$ se intersectează cu dreapta $p_1(x)$ în punctul $x=0$. Cu cât temperatura gazului este mai mare, cu atât curba $p_2(x)$ este situată mai sus. La o anumită temperatură $T = T_1$ funcțiile $p_1(x)$ și $p_2(x)$ au două puncte de intersecție în regiunea $x \leq H$: $x = x_3$ și $x = x_4$. Este evident că în punctul $x = x_3$ echilibrul mercurului este stabil, iar în punctul $x = x_4$ – instabil. La temperatura $T = T'$ funcțiile $p_1(x)$ și $p_2(x)$ au doar un singur punct de intersecție $x = x'$ în regiunea $x \leq H$ și un punct de intersecție $x = x_2$ în regiunea $x > H$. La o mică creștere a temperaturii, funcțiile $p_1(x)$ și $p_2(x)$ nu mai au puncte de intersecție în domeniul $x \leq H$ și mercurul va trece din poziția de echilibru instabil $x = x'$ într-o poziție de echilibru stabil $x > x_2$.

Graficul funcției $x = f(T)$ este reprezentat în fig. 8.

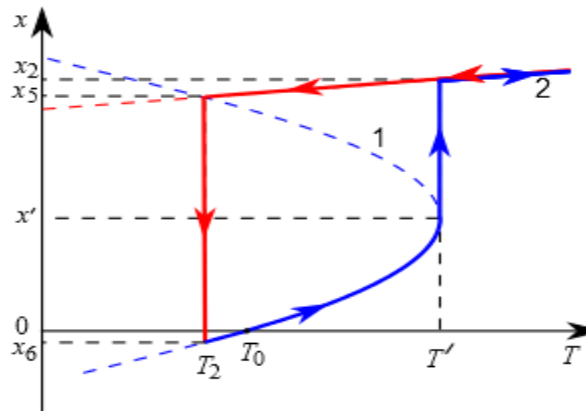


Fig. 8

Din figura 8 se vede că odată cu creșterea temperaturii, crește monoton deplasarea mercurului (curba 1). La temperatura $T = T'$ deplasarea mercurului crește în salt de la $x = x'$ la $x = x_2$. La creșterea în continuare a temperaturii, deplasarea mercurului este descrisă de expresia (9) (dreapta 2). La scăderea temperaturii, deplasarea mercurului se micșorează. La temperatura $T = T_2$ curba 1 se intersectează cu dreapta 2 și mercurul trece în salt din poziția $x = x_5$ în poziția $x = x_6$. Menționăm că temperatura T_2 poate fi mai joasă sau mai înaltă decât T_0 în dependență de valorile lui x_0 , H și k , iar valorile lui x_6 pot fi pozitive sau negative. Ca și în prima problemă, dacă se cere să se calculeze temperatură până la care trebuie încălzit aerul din tub pentru ca deplasarea mercurului să aibă o valoare cuprinsă în intervalul $x' < x < x_5$ și vom rezolva problema fără a ține cont de efectul bistabilității, vom obține un rezultat greșit.

În concluzie, efectul bistabilității poate avea loc în cazul în care există o dependență neliniară între două mărimi fizice (în cazul nostru, este vorba de deplasarea pistonului sau a coloanei de mercur în funcție de viteza de rotație sau, respectiv, de temperatură). Astfel, în cazul unor dependențe neliniare între mărimile fizice trebuie să se țină cont de efectul bistabilității pentru a evita greșelile în rezolvarea problemelor de fizică.

Bibliografie

- [1] V. Chistol, Despre aplicarea metodei grafice la rezolvarea unor probleme de fizică, *Cygnus* Nr.1(12), 2010, p. 23-27.
- [2] V. Chistol, C. Pârțac, N. Ungureanu, Aplicarea problemelor de fizică la educația tehnologică a studenților. Conferința tehnico-științifică a studenților și doctoranzilor consacrată Anului Fizicii, 17 noiembrie 2005, Chișinău, UTM, 2005, p.47-48.
- [3] В. Епштейн, От простого к сложному (De la simplu la complex), *Квант*, nr.3, 2007, p. 34-36.

Primit la redacție: 6 octombrie 2017.

Articolul este depozitat în baza de date IBN:

https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_numar_revista/26/2138

CZU: [536+539.1](076.5)

LOCALIZAREA PUNCTELOR DE TANGENȚĂ CU ADIABATA ȘI CU IZOTERMA PE DREAPTA CU PANTĂ NEGATIVĂ ÎN PLANUL pOV

Prof. univ. dr. Florea ULIU

Departamentul de Fizică, Facultatea de Științe, Universitatea din Craiova,
România; uliuflorea@yahoo.com

Rezumat. În lucrare sunt prezentate câteva metode practice pentru localizarea punctelor de tangență dintre o dreaptă cu pantă negativă din planul presiune-volum (pOV) și o adiabată (din familia $pV^\gamma = \text{const}$), respectiv o izotermă (din familia $pV = \text{const}$), pentru gazele ideale.

Cuvinte cheie: gaz ideal, izotermă, adiabată, dreaptă tangentă, pantă negativă.

Abstract. In this paper we describe some practical methods to localize the tangent points between a straight line with negative slope in the pOV plane and the adiabatic curves ($pV^\gamma = \text{const}$) and isothermal curves ($pV = \text{const}$) of the ideal gases.

Key words: ideal gas, isothermal curves, adiabatic curves, tangent points, negative slope.

În ultimii ani în revistele de fizică destinate elevilor și profesorilor din învățământul preuniversitar precum și în diferite culegeri, au apărut numeroase probleme referitoare la cicluri termodinamice parcurse de gaze perfecte, conținând transformări liniare cu pantă negativă, în diagrama pOV . Problemele de acest gen nu sunt deloc simple deoarece determinarea cantității de căldură primită și/sau cedată pe dreaptă, presupune anumite cunoștințe ceva mai rafinate decât cele uzuale. Într-adevăr, pe o astfel de dreaptă se pot afla două puncte caracteristice: a). un punct în care temperatura atinsă de gaz este maximă, acesta fiind punctul de tangență dintre dreaptă și o izotermă din familia izotermelor (hiperbole echilatre de forma $pV = \text{constant}$) ce se pot trasa în planul pOV ; b). un punct în care dreapta este tangentă la o adiabată din familia de adiabate, de forma $pV^\gamma = \text{constant}$, cu $\gamma = C_p/C_v$, ce se pot trasa în planul pOV (și în care schimbul elementar de căldură dQ se anulează).

Problema pe care dorim să o elucidăm în această lucrare este următoarea: când capetele 1 și 2 ale segmentului de dreaptă cu panta negativă (în planul pOV) sunt cunoscute, cum putem afla, de la bun început, dacă cele două puncte caracteristice, de tangență cu adiabata respectiv cu izoterma, se află pe segmentul de dreaptă cuprins între punctele 1 și 2 sau sunt plasate în exteriorul său (înainte de punctul 1 sau după punctul 2) – vezi figura 1? Cunoașterea unei “rețete” prin aplicarea căreia să se poată răspunde cât mai direct și mai repede la o astfel de întrebare este extrem de importantă pentru rezolvitorul de probleme și, de aceea, vom zăbovi puțin asupra acestei chestiuni.

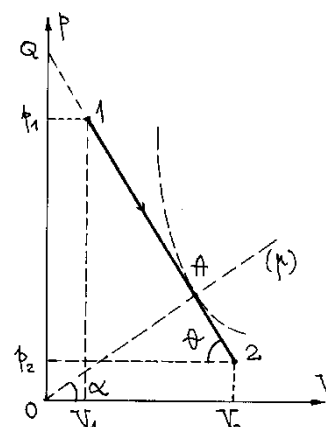


Figura 1

Pentru fixarea ideilor să considerăm segmentul de dreaptă din figura 1, având ecuația $p = -aV + b$ cu $a > 0$ și $b > 0$. Să admitem că sunt cunoscute coordonatele (V_1, p_1) și (V_2, p_2) ale punctelor 1 și 2. Din aceste date se formează sistemul de ecuații $p_1 = -aV_1 + b$, $p_2 = -aV_2 + b$, care ne permite determinarea parametrilor a și b ai drepte; obținem ușor

$$a = \frac{p_1 - p_2}{V_2 - V_1}, \quad b = \frac{p_1 V_2 - p_2 V_1}{V_2 - V_1}. \quad (1)$$

Semnificația celor doi parametri este bine-cunoscută: panta a este tangenta unghiului θ , iar ordonata la origine b este lungimea segmentului OQ de pe axa Op.

Să mai presupunem cunoscută și atomicitatea (numărul gradelor de libertate) al moleculelor gazului perfect ce parcurge succesiunea de stări dintre stările 1 și 2. Aceasta înseamnă cunoașterea exponentului adiabatic $\gamma = C_p / C_v = 1 + R / C_v$. Când gazul este monoatomic (molecula are numai trei grade de libertate, toate de translație) avem $\gamma = 5/3$, iar când gazul este biatomic (cinci grade de libertate, trei de translație și două de rotație) se consideră $\gamma = 7/5$. În general, dacă numărul gradelor de libertate al unei molecule de gaz este f , se va considera $\gamma = 1 + 2/f$.

Să determinăm acum coordonatele punctului A de pe dreaptă, în care aceasta este tangentă la o adiabată din familia $pV^\gamma = \text{constant}$. Prin diferențierea acestei relații obținem $V^\gamma dp + \gamma p V^{\gamma-1} dV = 0$, adică $dp = -\gamma p \cdot dV / V$. Pe de altă parte, din ecuația drepte, tot prin diferențiere, găsim $dp = -a dV$. Egalând cele două expresii ale lui dp și ținând cont de ecuația drepte obținem coordonatele

$$V_A = \frac{b}{a} \cdot \frac{\gamma}{\gamma + 1}, \quad p_A = \frac{b}{\gamma + 1} \quad \text{adică} \quad p_A = \frac{a}{\gamma} V_A. \quad (2)$$

Prin urmare, punctul de tangență A se află pe dreapta AO ce trece prin origine și are panta $\mu \equiv \frac{a}{\gamma} \equiv \text{tg } \alpha$.

Acest rezultat furnizează o metodă de a localiza punctul A pe dreapta 1-2, bazată pe utilizarea raportorului. Totuși, pentru o mai rapidă localizare a punctului A, vă propunem și următoarea metodă alternativă, de data aceasta pur geometrică, ce nu presupune utilizarea raportorului:

i). între volumele V_1, V_2 și presiunile p_1, p_2 construim dreptunghiul pentru care segmentul 1-2 este una din diagonale (cea care coboară din stânga-sus în dreapta-jos);

ii). calculăm presiunea p^* definită prin relația

$$p^* = p_2 + \frac{1}{\gamma} (p_1 - p_2) \quad (3)$$

și, pe același desen (figura 2), reprezentăm această valoare printr-o dreaptă paralelă cu axa OV;

iii). unim punctul de coordonate (V_1, p_2) - adică colțul din stânga-jos al dreptunghiului, cu punctul de coordonate (V_2, p^*) ; dreapta astfel construită are panta

$$\frac{p^* - p_2}{V_2 - V_1} = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{p_1 - p_2}{V_2 - V_1} = \frac{a}{\gamma} = \mu, \quad (4)$$

ca și dreapta OA;

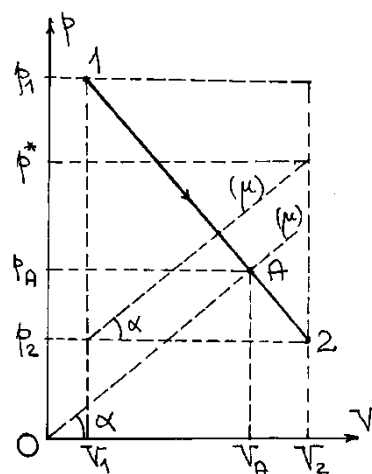


Figura 2

iv). trasăm prin originea O a sistemului de coordonate o paralelă cu dreapta construită la punctul anterior; locul în care aceasta intersectează segmentul de dreaptă 1-2, sau prelungirile sale, este punctul A.

În figurile 3 și 4 se repetă rețeta recomandată, evidențiindu-se situațiile aflate deasupra capătului superior 1 al segmentului considerat, adică $V_A < V_1$ - vezi figura 3, respectiv cea în care punctul A se află sub punctul inferior 2, adică $V_A > V_2$ - vezi figura 4.

Dacă nu dorim să lucrăm geometric, cu rețeta propusă, ci analitic, putem raționa în felul următor. Dreapta OA ar trece prin punctele 1, respectiv 2,

atunci când $\frac{a}{\gamma} = \frac{p_1}{V_1} \equiv \mu_1$, respectiv

$$\frac{a}{\gamma} = \frac{p_2}{V_2} \equiv \mu_2. \quad (5)$$

Dacă panta a , determinată prin prima formulă din setul (1), este inferioară valorii $\gamma(p_2/V_2)$ sau superioară valorii $\gamma(p_1/V_1)$, punctul de tangență cu adiabata (A) se află sub punctul 2 - ca în figura 4, respectiv deasupra punctului 1 - ca în figura 3. Dacă

$$\gamma \frac{p_2}{V_2} < a < \gamma \frac{p_1}{V_1}, \quad (6)$$

punctul de tangență A se află pe segmentul 1-2 ca în figura 2.

Observație: Se poate verifica ușor, prin calcul direct, că atunci când $a = \gamma(p_2/V_2)$, ceea ce înseamnă satisfacerea relației $\gamma p_2(V_2 - V_1) = V_1(p_1 - p_2)$, cele două drepte cu panta μ , care apar în figura 2, coincid. Altfel spus, dreapta OA, care localizează punctul A pe dreapta 1-2, trece prin colțul din stânga jos al dreptunghiului construit conform punctului i) din rețeta dată.

În încheiere, vom spune câteva cuvinte și despre localizarea pe dreapta $p = -aV + b$ a

punctului de tangență cu o izotermă din familia $pV = \text{constant}$. Să notăm acest punct cu B. Prin diferențierea celor două relații avem $dp = -a dV$, respectiv $p dV + V dp = 0$, adică $dp = -p \cdot dV / V$. Egalăm cele două expresii ale lui dp și obținem

$$\begin{aligned} V_B &= \frac{b}{2a}, & p_B &= \frac{b}{2}, & \text{adică} \\ p_B &= aV_B. \end{aligned} \quad (7)$$

Așadar, punctul B se află pe dreapta OB de pantă a , ce trece prin origine, la intersecția sa cu dreapta 1-2 reprezentând procesul considerat (vezi figura 5). Remarcăm faptul că, triunghiul OBC este isoscel și că $V_B = \frac{1}{2} V_C$. Cea mai directă

localizare a lui B se realizează la o presiune egală cu jumătate din valoarea ordonatei la origine b .

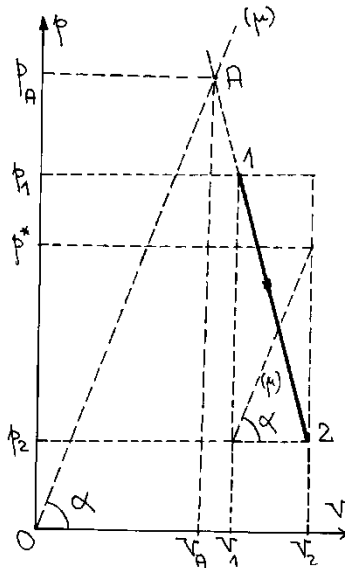


Figura 3

constructivă în care punctul A se

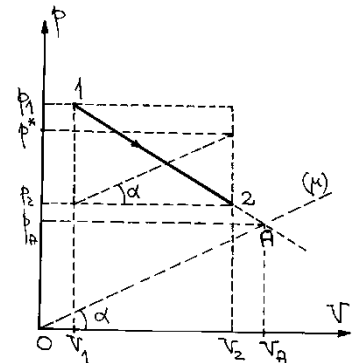


Figura 4

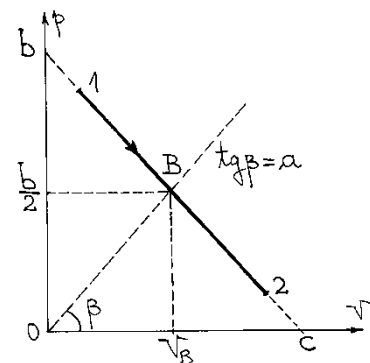


Figura 5

Din expresiile lui V_A și V_B rezultă imediat că $V_A = \frac{2\gamma}{\gamma+1} V_B$ (8)

și, deoarece $\gamma > 1$, aceasta implică $V_A > V_B$. Așadar, mergând pe dreapta cu panta negativă de la 1 spre 2, se trece mai întâi prin starea de temperatură maximă (punctul B), după care, la un volum ceva mai mare, se trece prin starea în care capacitatea calorică ($C = \delta Q / dT$) a acestui proces nepolitrop, se anulează (punctul A).

Pentru a demonstra ultima parte a acestei afirmații, folosind forma diferențială a principiului I al termodinamicii vom scrie $\delta Q = dU + pdV = \nu C_v dT + pdV$. Pe de altă parte, din ecuația de stare a gazelor perfecte ($pV = \nu RT$), prin diferențiere obținem $\nu R dT = pdV + V dp$ unde, de-a lungul dreptei, $dp = -a dV$. Așadar, $\nu R dT = (b - 2aV) dV$ și astfel

$$\begin{aligned} \delta Q &= \frac{C_v}{R} (b - 2aV) dV + pdV = \frac{1}{\gamma - 1} (b - 2aV) dV + (b - aV) dV = \\ &= \frac{1}{\gamma - 1} [\gamma b - (\gamma + 1)aV] dV = \frac{\nu R}{\gamma - 1} \frac{\gamma b - (\gamma + 1)aV}{b - 2aV} dT, \end{aligned}$$

care se anulează atunci când $V = V_A$ (vezi formula (2)).

Bibliografie

1. I. Antoniu, Termodinamică (transformări politrope și liniare), Ed. Teora, București, 1999;
2. R. Ionescu-Andrei ș.a., Termodinamică (teorie și probleme pentru concursuri școlare), Ed. Teora, București, 1999;
3. F. Uliu, P. Vasiloiu, Probleme alese de fizică, vol. I: Mecanică și căldură, Ed. Radical, Craiova, 1996;
4. F. Uliu, F. Măceșeanu, Fizică moleculară (probleme...captivante, cu soluții complete), Ed. Emia, Deva, 2010;
5. R. H. Dickerson, J. Mottmann, *Amer. J. Phys.*, **62**, 558, (1994);
6. D.T. Valentine, *Amer. J. Phys.*, **63**, 279, (1995);
7. M. Bucher, *Amer. J. Phys.*, **67**, 93, (1999);
8. M.I. Bakunov, S.B. Biragov, Olimpiadnâe zadaci po fizike, FizMatLit, Moskva, 2014;
9. V.A. Saranin, Fizika (Sbornik zadaci povâșennoi slojnosti dlea podgotovki k EGE i Olimpiadam), Izd. Leghion, Rostov na Donu, 2014;
10. Colecția revistei EVRIKA! (Brăila), perioada 2005-2016.

.....
Primit la redacție: 28 septembrie 2017.

Articolul este depozitat în baza de date IBN:

https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_numar_revista/26/2138

CZU:537.6/8

THE WORK “L’ETUDE DE LA COURBE DYNAMIQUE D’AIMANTATION ... (DYNAMIC MAGNETIZATION CURVES OF SOME HIGH-PERMEABILITY MIXED MANGANESE AND ZINC FERRITES)”, D. IORDACHE, BUL. INST. POLITEH. BUCUREȘTI 29(2) 25-41(1967)

Prof. univ. dr. Dan A. IORDACHE, University POLITEHNICA of Bucharest, Romania, daniordache62@yahoo.com

Abstract. *As it is known, the assignment of defects and impurities embedded in the crystalline lattice of Charge Coupled Devices (CCDs), used as particle detectors is achieved starting from the values of some physical parameters, mainly of the a) difference $|E_i - E_j|$ between the energies corresponding to the traps and the intrinsic Fermi level, respectively, b) the polarization degree of capture cross-sections of free electrons and holes, respectively, c) the pre-exponential factor D_{ep} of the depletion dark current. In the frame of the classical gradient method, the values of these physical parameters are found by means of the attraction centers (attractors) of the iterative procedure. For this reason, the present work aims to study the main features of the attraction centers (and of some related numerical phenomena) intervening in the evaluation of main physical parameters of (the temperature dependence of the dark current in) CCDs by means of the classical gradient method.*

Keywords: *dynamic magnetization curves, hysteresis loops and parameters, power laws, phase transitions, numerical phenomena.*

Rezumat. *Lucrarea de față are drept scop studiul principalelor caracteristici ale centrelor de atracție (și ale unor fenomene numerice asociate) care intervin în evaluarea principalilor parametri fizici ai (dependenței de temperatură a curentului întunecat în) CCD (dispozitive cu cuplaj de sarcină) prin metoda clasică a gradientului.*

Cuvinte cheie: *curbele de magnetizare dinamică, buclele și parametrii de histerezis, legile puterii, tranzițiile de fază, fenomenele numerice.*

1. Introduction

As it is well known, the scientists' opinion about the time endurance of scientific works is usually very pessimist. E.g., the information specialist Dr. Werner Gitt appreciated [1], p. 162: “Most of the scientific publications become outdated after ten years”. Given that the paper in the title of this article is 50 years old, we thought it would be interesting to see if certain elements of this work still remain valid. Taking into account that there are a huge number of soft magnetic materials of high technical interest¹, each of them involving several categories corresponding to the: (i) composition, (ii) manufacturing technology, and (iii) frequency used field (static, low frequency, radio-frequency², microwave frequencies):

a) it is not at all surprising that the paper inserted in the title (corresponding to very strict and narrow parameters intervals) has never been cited outside the circle of author's collaborators;

b) the practical action of the international beneficiaries consisted in the elaboration of a one-page synthesis of the specific properties of the studied material.

¹ E.g., only the table 13.4 of S. V. Vonsovski treatise [2] involves not less than 18 main types of soft magnetic materials: a) technical Fe, b) pure Fe, c) Fe-Si, d) textured Fe-Si, e) hypernik, f) permalloy 45, g) permalloy 78, h) permalloy Mn, i) permalloy Co, j) mumetal, k) alloy 1040, l) supermalloy, m) permendur, n) permendur V, o) perminvar, p) alsifer, q) Ni-Zn ferrite, r) Mg-Zn ferrite, and s) Mn-Zn ferrite, omitted in the Vonsovski's list!

² The magnetic material studied in this work is of special interest in Electronics, but the most investigated materials are those used in Electrical Engineering.

This task was very well fulfilled by M. Ben Elieser's analysis for Physics Abstracts and Chemical Abstracts reviews [3].

Taking into account that according to the findings of Emeritus Psychology Professor Dean Keith Simonton (California University at Davis): “Most articles published in the sciences are never cited by anybody ..., but the main predictive factor of the impact is the productivity” (last third of the paper “What makes a genius”, National Geographic, no. 169, May 2017), we will try in the following to find the productivity of the author (and his research group) in this scientific field.

Given that the basic documentation of a work is an essential parameter for its time resistance, we will also briefly examine this aspect of the studied work.

2. Analysis of the examined work documentation concerning the previous published papers on magnetic materials.

The study of references (from the pages 40-41) in the examined paper, concerning the previous works published in this field shows that there were known:

- a) the most important (for the studied field) old papers [4],
- b) the intermediate studies, up to the development of the ferrimagnetic materials theory, as [5],
- c) the discovery of the ferrimagnetic state and the corresponding materials [6] by the French scientist Louis Néel (the Nobel Prize in Physics awarded in 1970³)
- d) the main works of the French school of magnetism [7], especially those referring to the ferrimagnetic materials [7c]-[7g], and even to the Mn-Zn mixed ferrite [7f],
- e) the principal works of the American school of magnetism [8], some of the main works of the German magnetism school [9], the principal works of the Japanese school of magnetism [10],
- f) studies printed in some Romanian publications [11].

Other important studies on soft magnetic materials [12] became known for us later, these being included as additional references in our subsequent works (see sections 3.3 and 3.4 in the following).

We have to mention also the direct author's cooperation (prior to the examined paper elaboration) with some of the best Romanian experts in the field of:

- (i) Technology of magnetic materials manufacturing, such as: Jeanine Neuberger (b. 1926, Bucharest, d. 2011, Darmstadt, Germany), Rodica Cătuneanu (b. 1932), Ioana Voinea-Stanciu (main collaborator and provider of the most magnetic materials studied in our works);
- (ii) Electronics measurements, such as the Electrical Engineer V. Tanach (between 1962-1965) and, immediately after the examined work printing, the Engineer Adrian Rusu (since 1967) (later Professor Dr. Eng. and corresponding member of the Romanian Academy), and Prof. Dr. Alexandru Lupașcu (since 1978);
- (iii) Laser radiation interaction with some magnetic materials (between 1979 and 1981).

Additionally, the author has to underline that his whole activity in the field of magnetic and dielectric materials has been realized in a strong cooperation with other specialists in the field, mainly with Professor Aurelia Stepanescu-Sansoè (from Dipartimento di Fisica of Politecnico di Torino and Istituto “Galileo Ferraris” from Turin) and the PhD advisers, Prof. Dr. Eng. Horia Gavrilă - in the field of magnetic materials, and Prof. Dr. Doina Gavrilă - in the field of dielectric and magnetic materials, and others.

³ The 1970 Nobel Prize in Physics was awarded to Louis Eugène Félix Néel (1904-2000) for “his fundamental work and discoveries concerning anti-ferromagnetism and ferrimagnetism, which have led to important applications in solid state Physics”.

3. Subsequent studies (author's and that of his research group) in the field of soft magnetic materials

The study from Bul. IPB 29(2) 25-41(1967) was followed by other 38 published papers in the same scientific field, in cooperation with 24 Romanian specialists (academic professors, PhDs, and engineers).

3.1. Papers presented at (and published in the Proceedings of) some International Conferences

A first group of 17 works have been presented at several International specialized conferences (and published), as follows:

a) the 1st (1997) and the 2nd (1999) French-Canadian-Romanian Workshops on Materials of Electrical Engineering, 3rd (2001), 4th (2004), 5th (2006), and the 6th (2008) International Conferences on Magnetic and Dielectric Materials (MmdE);

b) the two Conferences of the Balkan Physical Union from Thessaloniki, Greece (1991) and Istanbul (1992);

c) the three International Conferences on Applied (for us, Magnetism) Computational Physics, from Prague (1992), Bratislava (1995) and Brno (1998), etc.

3.2. Works published in some ISI reviews of the Romanian Academy

A second group of three works have been developed in cooperation with other eight Romanian specialists (including PhD advisers) and published in scientific reviews of the Romanian Academy: *Review Roumaine de Physique* (1980), *Mém. Sci. Sections of the Romanian Academy* (1981) and *Romanian Journal of Physics* (2005).

3.3. Works published in some Romanian ISI academic reviews

A third group of nine scientific works (including the work in the title of this paper) have been published in different series (Mathematics and Physics, Chemistry, Electrical series) of the Scientific Bulletin of the "Politehnica" University of Bucharest, in the years: 1977, 1978 (one work yearly), 1979 (two works), 1982, 1990, 1994 and 2003 (one work per year), in cooperation with other seven Romanian specialists (outstanding PhD advisers, including such as Prof. Ion M. Popescu and Prof. Constantin Cristescu).

3.4. Works presented at some Romanian Specialized Conferences (and published in Proceedings)

A fourth group of eight scientific studies have been presented at some Romanian specialized Conferences, namely:

a) three papers at the First National Symposium on Magnetic Materials, organized in 1979 by the Research Institute for Electrical Engineering. (ICPE), Bucharest, and published in the Conference Proceedings, on pages 76-82 and 83-93, respectively (first volume), and 442-450 (3rd volume)

b) Other three works have been presented at the 3rd National Magnetism Conference, organized by the State Council for Nuclear Energy (CSEN) - Central Physics Institute (ICEFIZ) - Technical Physics Center, Iași, 1983, and published in the Conference Proceedings, pp. 150-55, 156-161, and 162-165, respectively.

c) one work presented at the 3rd National Conference on Electronics, Telecommunications and Computers, Polytechnic Inst. Bucharest, November 1986, published in Proceedings, pag. 108-112.

d) another paper presented at the First Scientific Session of the Romanian Society of Magnetism and Magnetic Materials, Res. Inst. for Electrical Engineering. (ICPE), Bucharest, 1990, published in Proceedings, pages 65-76.

3.5. The published didactic works on Magnetism

The fifth (and last) group includes:

a) the “Guide for the use of the device intended to the dynamic magnetic measurements JF-01” developed by our research group, published in 1978 by our Polytechnic Institute of Bucharest, as a booklet of 19 pages (this device was sold to different Romanian education and research units, in 500 samples) [13a],

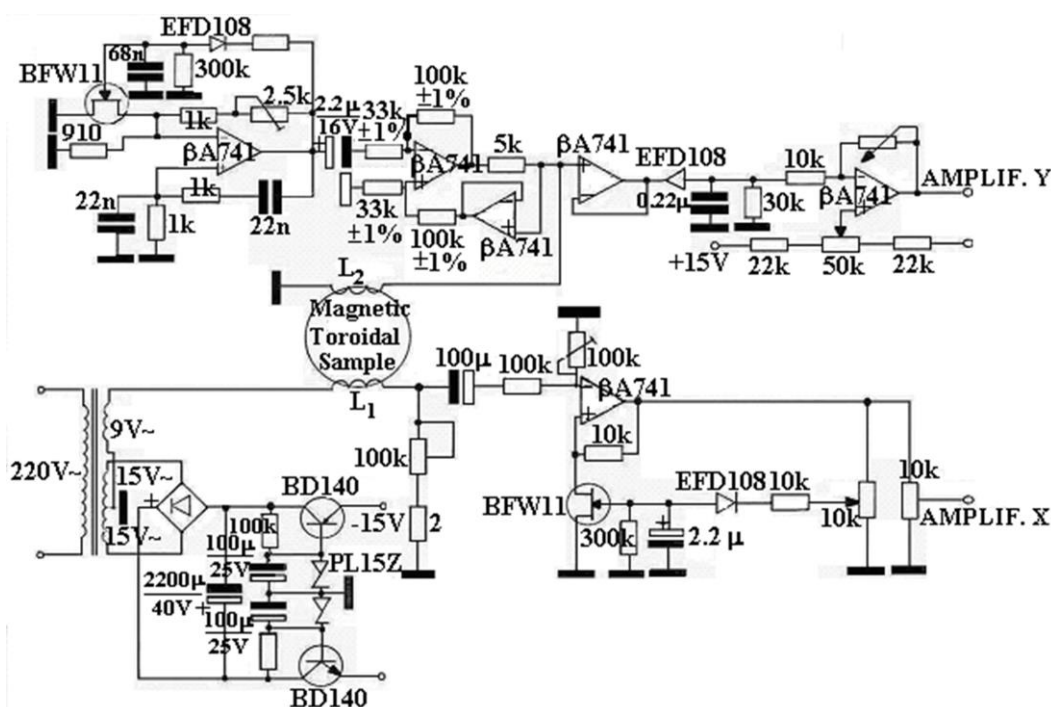
b) the Chapter 6 (pp. 129 - 154) “Magnetic Properties of solids”, in “Lectures on condensed Matter Physics”, 4th edition, 2003, Printech Publishing House, Bucharest,

c) the didactic movie "Earth's Magnetism", Central Office for Education Tools of the Romanian Education Ministry, 1980 (approx. 15 minutes).

4. Methods and Devices for Dynamic Magnetic Measurements

We have to find again that devices for magnetic measurements represent a very scarce category in the frame of the electrical (and magnetic) measurements devices (e.g. they are not found by any device in the collections of more than 200 didactic and scientific instruments manufactured by the international specialized firm PASCO (Roseville, California, USA) [27]. As for dynamic magnetic measurements, they have to be divided into measurements at: a) low (audio) frequencies, b) radio frequencies, and c) microwave frequencies. In the following, we will distinguish between the measurements at: (i) weak, and (ii) medium magnetic field strengths.

In the analyzed paper, measurements were carried out at weak magnetic fields by means of a low frequency impedance bridge (see fig. 1 and pages 26, 27), while in those at medium magnetic fields an amplifier-integrator installation shown in fig. 8 (page 37 of the work) was used [7]. The principles of dynamic magnetization measurements at weak and medium magnetic field strengths reported in the analyzed work have been confirmed and described in detail in our work [8], concerning the device JF (low frequency) - 01 developed by us. The electronic scheme of our magnetic measurements device JF-01 (JF = low frequency) is given in the fig. 1 below, while the image of this device itself is shown in fig. 2.



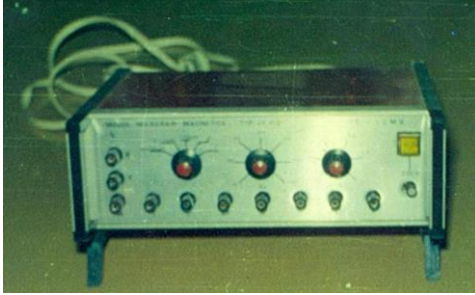


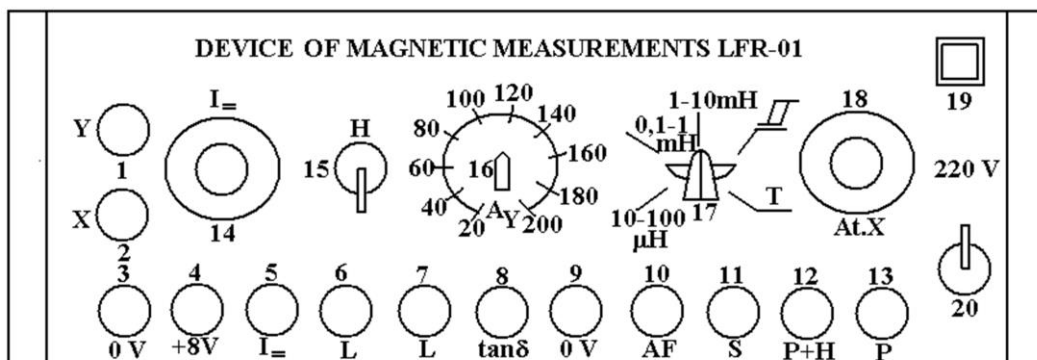
Fig. 2. The device JF-01 for magnetic measurements at low frequencies.

Given that this device corresponded to actual needs of our education system and even that of some research activities (like those concerning the magnetic materials necessary to electronics industry), the leadership of the Polytechnic Institute of Bucharest (early 1980 years) decided that our device should be put into production. Thus, it was produced in more than 500 copies, each one evaluated at about \$200, at the 1980 Romanian currency exchange rate.

Our main subsequent published papers on these topics were the following:

- The detailed study of the principles of low-frequency magnetic measurements, performed in the work [9],
- The rigorous processing of the experimental data obtained by means of the studied methods, done in the work [10],
- Study of the main experimental methods and of their corresponding data processing procedures, both for low frequencies and medium frequencies fields (100 kHz – 100 MHz) [11],
- Description of the new device LFR-01 intended to the evaluation of the reversible magnetic permeability and to more accurate data processing [12].

The studies concerning the experimental methods intended to the measurement of the dynamic low frequency parameters of the soft ferrimagnetic materials have been completed by developing the device LFR-01 [12], presented at the 3rd Romanian Salon of Inventions, Technologies and New Products [13]. The Figure 3 below presents the front panel of the device LFR-01.



1. Terminal for the signal $B(\theta)$ extraction; 2. Terminal for the signal $H(\theta)$ extraction; 3 and 9 - terminals for the null voltage; 4 - terminal for +8 V supply; 5 - terminal for the connection of the winding, intended to "bring" the studied torus in a certain magnetization state, located on a given hysteresis cycle; 6 and 7 - terminals for the connection of the magnetic torus winding, whose inductance is measured; 8 - terminal for the extraction of the voltage on the pure ohmic resistor of the composed RLC circuit; 10 - terminal for the injection of the low (audio)-frequency; 11 - terminal for the connection of the secondary winding (approx. 10 wires Cu-Em, diameter 0.1 - 0.5 mm); 12 and 13 - terminals for the connection of the primary winding (Cu-Em, diameter 1 mm) of the torus with 2 windings, in order to point out (simulate) the hysteresis cycle; 14 - potentiometer intended to the regulation of direct current intensity $I_{=}$ for the choice of the magnetization state at the determination of the reversible permeability; 15 - switch for the $I_{=}$ direction, corresponding to the magnetization state; 16 - switch in steps intended to the regulation of the amplification coefficient of the signal $B(\theta)$; 17 - switch for the work regime (3 scales for the determination of the inductance L , one scale for the visualization of the hysteresis cycle and T - to point out the shape of the signal $B(\theta)$, respectively; 18 - potentiometer intended to the regulation of the signal $H(\theta)$; 19 - small signal bulks; 20 - electrical network switch.

Because in solids the “contact” (interactions) with surroundings produces phase transforms at this matter organization level, both the crystalline lattice structure and the ions (electrons) energy levels structure are essential in describing the Complexity features of the technical (usually solid) materials.

In order to exemplify the implications of these structures, the crystalline lattice structure and the corresponding ions energy levels structure, for the studied ferri-magnetic spinelic material, respectively, [14b], p. 122, are presented in figures 4 and 5.

The transitions from the ions interactions with: (i) nearest neighbors, (ii) ions from another (different) ferri-magnetic sublattice (see fig. 4), (iii) the external magnetic field, determine the phase transforms between the Hopkinson range, the ferrimagnetic phase and the paramagnetic one (see fig. 5).

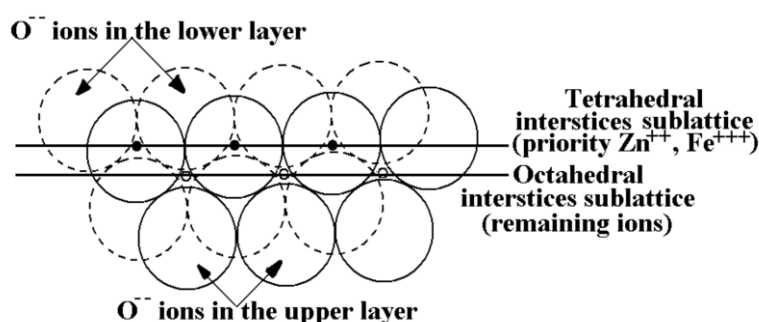


Fig. 4. Structure of the crystalline lattice of soft ferrimagnetic spinelic materials

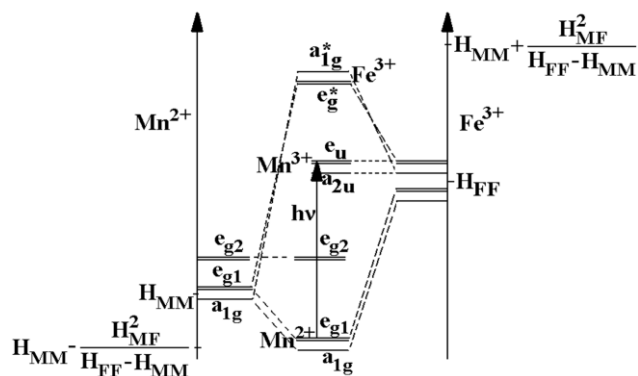


Fig.5. Structure of the ions energy levels in the soft spinelic ferrimagnetic material $Mn_{0.58}Zn_{0.42}Fe_2O_4$

5.2. Presence of some specific power laws

The first generally recognized work on the Complexity theory in nature sciences belongs [15] to Prof. Philip Warren Anderson, Laureate of the Nobel Prize in Physics. Its name ? “More is different” [16] suggests the existence of several organization levels of matter, with specific structures, constitutive equations and laws.

According to Kenneth Wilson, the Laureate of Nobel prize in Physics [17]: There are complex the states of a system inside whom there are concomitantly active strong fluctuations at several organization levels. The same Kenneth Wilson’s works point out also the prevalent role of the *Phase transitions*.

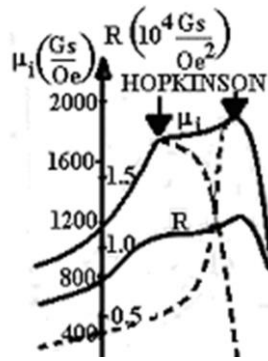


Fig. 6. Temperature dependencies of the initial magnetic permeability μ_1 and of the Rayleigh's coefficient R , for the industrial ferri-magnetic material $Fe_{2.0}Mn_{0.58}Zn_{0.42}O_4$ – R. Dobrescu, D. Iordache “Complexity and Information”, Romanian Academy Printing House, 2010 ([14b], p. 249).

Taking into account also the prediction of Philip Warren Anderson relative to the “explosive” auto-catalytic (exponential) growth following the spontaneous symmetry breaking, one finds that any dimensional parameter p has to be described in complex systems by its logarithm (see also figures 7, 8 and 9).

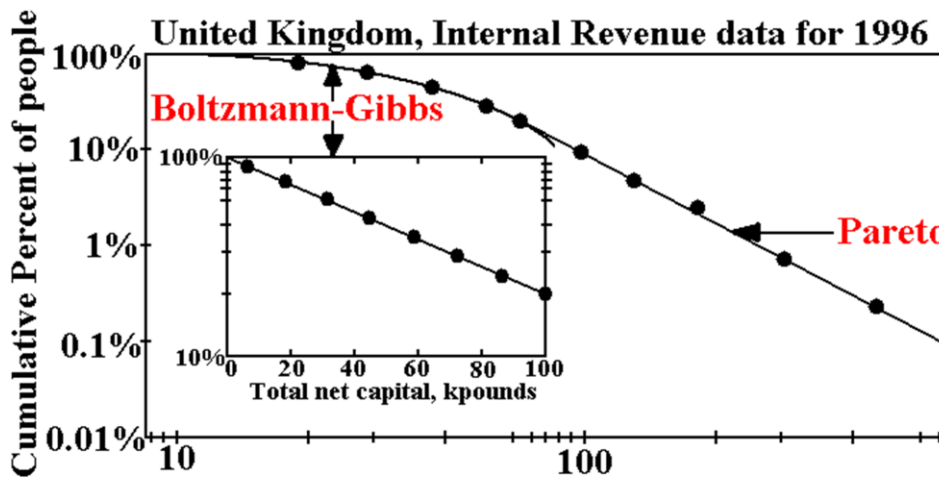


Fig. 7. Cumulative probability distribution of total net capital (wealth) shown in log-log, log-linear (inset) coordinates. Points: the actual data, solid lines: fits to the Boltzmann-Gibbs

$$p(E) = C \cdot \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) \text{ and Pareto's } p(m) = A \cdot m^{-n} \text{ power law (according to [18])}$$

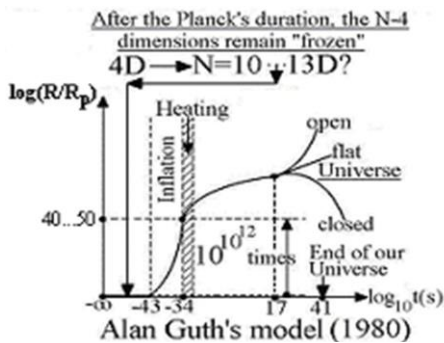


Fig. 8. The Guth version [19] of the Stanford model of Cosmology (SMC).

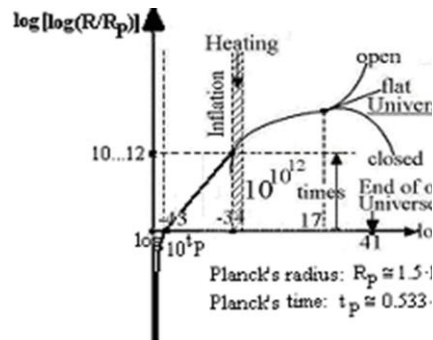


Fig. 9. The linearized approximation of the inflation stage of Linde's version [20c] of SMC.

From figures 7, 8 and 9 one finds that – for complex systems that cover usually several organization levels of matter - the most convenient description uses the logarithms $\ln p$ of their corresponding physical parameters p . This finding is also supported by the Dalton's law of "defined proportions", intervening in the theory of chemical reactions (somewhat similar to the phase transforms) [21a], p. 423: $d\xi = -\frac{d\nu_1}{\nu_1} = -\frac{d\nu_2}{\nu_2} = \dots = +\frac{d\nu_N}{\nu_N}$.⁴ One finds that the Dalton's relations lead also to the representation of some phase transforms (chemical reactions) by means of the typical numerical representation $\ln \nu_j$. Given that the basic correlations between different parameters are the linear ones, it results that the typical relation between a pair of parameters p, q – in the frame of complex systems – is given by the expression: $\ln p = \ln p_1 + s \cdot \ln q$, i.e.: $p = p_1 \cdot q^s$. (5.2.1)

So, one finds that the typical relations between the parameters of complex systems are expressed by means of some *power laws*, with *irrational values* of the exponent s , generally. This result was confirmed by the discovery (1897) of Vilfredo Pareto's power law [18], describing the distribution of the individuals wealth. We have to underline that many power laws of Physics correspond to some *phase transitions*. E.g., the Domb-Fisher (power law) relation [22], [23] $\frac{1}{\chi} = b(T - T_H)^n$, (5.2.2) describing the temperature dependence of the magnetic susceptibility between the Hopkinson's and Curie's temperatures, corresponds to the transition between the ferromagnetic and the paramagnetic phases [24].

In such a way, the power law: $B - \mu_i H = a \cdot H^n$, (5.2.3) found in our work from Bul. Inst. Politehn. București 29(2) 25-41(1967) [referring to the dependence of nonlinear magnetization permeability on the magnetic field strength: $\mu(H) - \mu_i = a \cdot H^{n-1}$, where n is a non-integer number (with values between 1 and 2), specific to the studied ferri-magnetic material] is inscribed perfectly among the most important other power laws met in Physics, as:

a) the Müller's expression [25a] for the dependence of the quality factor of seismic waves propagation through different rocks on these waves frequency: $Q = a \cdot \omega^\gamma$, (5.2.4)

b) the expression: $r = r_1 \cdot f^n$ (5.2.5)

of the dependence of the viscous coefficient of oscillations of the magnetization walls of magnetic materials on the magnetic field frequency [25b], the Stevens' law of Psychophysics [25c]: $S = S_1 \cdot I^n$, (5.2.6) on the dependence of the sensation S on the stimulus (excitation) intensity I , etc.

Conclusions

The analysis of the basic features of the analyzed work points out that:

a) it was elaborated after:

(i) a thorough preliminary documentation on the previously published French, American, German, and even Japanese and Romanian specialty studies published during approximately 80 years (1885-1964) prior to its printing,

⁴ The sign "–" corresponds to the substances that disappear during the considered chemical reaction, while the sign "+" corresponds to the appearing substances. One finds that *the degree of advance* ξ of *the considered chemical reaction* can be expressed by means of $\ln \nu_j$, where ν_j is the amount (e.g. number of moles) of one of the substances participating in the chemical reaction.

(ii) consulting the best Romanian (Rodica Cătuneanu, Ioana Voinea-Stanciu) and several of the international specialists (Jeanine Neuberger, Marlene Bicalis-Marinescu [26]) in the field of magnetic materials for electrical engineering and electronics, as well as some outstanding specialists in the field of electronics measurements (V. Tanach, Adrian Rusu, Alexandru Lupaşcu), and Laser interactions with solids (Physics PhD advisers Ion M. Popescu and Constantin Cristescu).

b) the printing of the analyzed paper was followed by:

(i) the publication of almost 40 other scientific studies strongly related to its topics and chosen experimental methods;

(ii) developing of some devices (JF-01, LFR-01) for magnetic measurements [27], [28], which do not have correspondent in the classical sets of didactic and basic research devices intended to both high-school and research units [29];

(iii) while the analyzed work (Bul. IPB 1967) and the following almost 40 papers published papers, strongly related to the studied work, have been reviewed (with 0.5 ... 1 pages content descriptions) in the main international abstracts reviews (Phys. Abstr., Chem. Abstr., Bull. Signalétique, etc), and they were not cited outside the “perimeter” of their authors, at least 500 devices JF-01 built on the principles of the analyzed work have been sold at the price of approx. 200 \$ per device;

c) the descriptions of the developed devices have been accepted, presented and published (with good appreciation) at several international Conferences, particularly in the countries (Czech Republic [30a] and France [30b]) that contributed indirectly to their elaboration.

d) the analyzed work (Bul. IPB 1967) and the following related publications contributed strongly to make evident some basic features of the investigated complex magnetic materials, as their phase transforms and power laws. These results have been highly appreciated by the Romanian Academy of Sciences, and awarded with the “Ştefan Procopiu” Prize [14a] and the “Grigore Moisil” Prize [14b] of these? Academies.

All the above findings lead to the conclusion that the analyzed work (published 50 years ago) opened an important research field, with multiple didactic, industrial and even scientific (in the field of the complexity theory) implications, some of them presenting ?

Acknowledgements

The author thanks very much all his collaborators from the Romanian institutions and from other countries (see the paper text and References).

References

1. W. Gitt “In the beginning was information”, Master Books, 1st printing 2006, 3rd printing 2014, Green Forrest, AR – USA.
2. С. В. Вонсовский “Магнетизм”, Москва, Наука 1971 (see table 23.4, especially)
3. M. Ben-Elieser: a) Phys. Abstracts 8=18361, b) Chem. Abstracts 68/7683 n.
4. a) J. A. Ewing, Phil. Trans. **176**, 523(1885); b) lord Rayleigh, Phil. Mag., **23**, 225(1887).
5. W. Legg, Bell Syst. Techn. J., **15**, 39(1936).
6. L. Néel: a) Cah. Phys., **12**, 2(1942), **13**, 18(1943); b) Ann. Univ. Grenoble, **22**, 229(1946).

7. a) L. Lliboutry “L’aimantation des aciers dans les champs magnétiques faibles: effets du temps, des tensions, des chocs, des champs magnétiques transversaux”, Thèse, Paris, 1950; b) I. Epelboin “Délimitation du domaine de Rayleigh dans les champs alternatifs à la lumière de récents travaux théoriques et expérimentaux”, Journ. de Phys. et le Rad., **12**, 361(1951); c) J. L. Snoek “Conférence sur les propriétés magnétiques des ferrites”, *ibid.*, **12**, 228(1951); d) Ch. Guillaud “Propriétés magnétiques des ferrites”, *ibid.*, **12**, 239(1951); e) Ch. Guillaud “Étude des ferrites mixtes de manganèse dans les champs alternatifs faibles”, *ibid.*, **12**, 498(1951); f) Ch. Guillaud “Les propriétés des ferrites de manganèse et zinc et les procès physiques qui les gouvernent”, Proc. IEE **104**(1957), part B, suppl., nr. 5, pp. 165-173; g) A. Kassiliev “Les ferrites”, Annales de radioélectricité **12**, 337-362(1957).
8. a) J. L. Snoek “New developments in ferromagnetic materials”, New York-Amsterdam, Elsevier Publ. Comp., 1947; b) D. Polder “Ferrite materials”, Proc. Inst. Electrical Engineers, **97**, part II, 247(1950); c) G. T. Rado, H. Suhl “Magnetism”, 3 vol., New York-London, J. Wiley, 1964.
9. a) K. Sixtus, Z. Physik, **121**, 100(1943); b) E. Kneller “Ferromagnetismus”, Berlin, Göttingen, 1962.
10. a) K. Ohta, T. Yamadaya “Induced magnetic anisotropy and dis-accomodation of manganese-zinc ferrites”, Proc. International Conference on Magnetism and Crystallography, 1961, vol. I, pp. 291-295; b) S. Chikazumi “Physics of Magnetism”, New York-London, J. Wiley, 1964.
11. a) S. Procopiu, C. R. Acad. Sci. Roumanie, **7**, 43(1943-1945); b) K. Koblenz “Des éléments magnétiques de commutation”, in the frame of papers collection “L’utilisation des ferrites en télécommunications”, Bucarest, 1959.
12. a) J. Smit, H. P. Wijn “Ferrites”, Philips Technical Library, Eindhoven, 1959; b) S. Cedighian “Ferrites” (in Romanian), Technical Printing House, Bucharest, 1966; c) N. Soltz, K. A. Piskarev “Ferrites for radio-frequencies” (Ferriti dlia radio-tchastot, in Russian), Izd. Energia, Moscow, 1966; d) *** “Standard Guide to methods of determination of magnetic properties of soft magnetic materials”, IEC/TC – 68 (1990).
13. a) D. Iordache, A. Lupaşcu, L. Daniello, S. Teodorescu “Instructions for the use of the device intended to the study of the materials’ behavior in magnetic fields, type JF-01” (in Romanian), Printing House of the Polytechnic Institute of Bucureşti, 1978, 19 pages; b) D. Iordache, A. Lupaşcu, V. Iancu, V. Iordache “Device for the evaluation of the low frequency dynamic parameters of the soft ferrimagnetic materials”, 3rd Romanian Saloon of Inventions, Technologies and New Products PROINVENT’99, Bucharest, October 1999.
14. R. Dobrescu, D. Iordache: a) “Complexity Modeling” (in Romanian), Politehnica Press Printing House, Bucharest, 2007 (awarded with “Ştefan Odobleja” prize of the Academy of Romanian Scientists); b) “Complexity and Information”, Romanian Academy

- Publishing House, Bucharest, 2010 (awarded with “Grigore Moisil” prize of the Romanian Academy).
15. S. Solomon: a) Annual reviews of Comp. Physics II, pp. 243-294, D. Stauffer ed., World Scientific, 1995; b) with E. Shir “Complexity: a science at 30”, Europhysics News. **34**(2) pp. 54-57, 2003.
 16. P. W. Anderson: a) “More is different”, Science, **177**, 293, 1972; b) Proc. Natl. Acad. Science (USA), **92**, pp. 6653-6654, 1995.
 17. K.G. Wilson “Renormalization group and critical phenomena”, Phys. Rev.B,**4**,3174,3184, 1971.
 18. R. N. Mantegna, H. E. Stanley “An introduction to econophysics: correlations and complexity in finance”, Cambridge University Press, 1999.
 19. A. Guth: a) Physical Review D, **23**, 347-356(1981); b) with P. J. Steinhardt “The Inflationary Universe”, Scientific American, p. 116, May 1984; c) “The inflationary Universe. The quest for a new of cosmic origins”, Addison-Wesley, Reading, 1997.
 20. A. Linde: a) “Inflation and Quantum Cosmology”, Academic Press, 1990; b) “Particle physics and inflationary cosmology”, Harwood Academic Publishers, Swiss, 1990; c) “The Self-Reproducing Inflationary Universe”, Scientific American, pp. 48-55, November 1994.
 21. E. Bodegom, D. Iordache “Physics for Engineering Students”, Politehnica Press, Bucharest: a) vol. 1, 2007; b) vol. 2, p. 2008.
 22. C. Domb, M. F. Sykes: a) Proc. Roy. Soc., A **240**, p. 214, 1957; b) J. Math. Phys., **2**, 63, 1961; c) Phys. Rev., **128**, p. 168; 1962.
 23. M. E. Fisher, Physica, **25**, p. 521, 1959.
 24. a) C. Domb, S. Green “Phase transitions and critical phenomena”, Academic Press, New York, 1976; b) J. Zinn-Justin “Quantum field theory and critical phenomena”, Oxford University Press, 4th edition, 2002.
 25. a) G. Müller “Rheological properties and velocity dispersion of a medium with a power-law dependence of Q on frequency”, J. Geophysics, **54**, pp. 20-29, 1983; b) L. Daniello, D. Iordache, I. M. Popescu, I. Socol, D. Hornea “Study of the frequency dependence of the viscosity coefficient of the Bloch wall oscillations”, Rev. Roum. Phys., **25**(2) 193-198, 1980; c) S. S. Stevens: (i) “Hearing: its Psychology and Physiology”, Wiley, New York, 1938; (ii) “On the psychological law”, Psychological Review, **64**, 153-181, 1957; (iii) “Psychophysics: Introduction to its Perceptual, Neural, and Social Prospects”, Wiley, New York, 1975.
 26. a) A. Timotin, M. Marinescu “Fluxul de dispersie al unui circuit magnetic cu magnet permanent”, Studii și cercetări de energetică și electrotehnică, **20**, 53-79(1970); b) A. Timotin, M. Marinescu “Die optimale Projektierung eines magnetischen Kreises mit Dauermagnet für Lautsprecher”, Archiv für Elektrotechnik, **54**, 306-317(1971); c) Marlene Marinescu “Elektrische und magnetische Felder”, 3. Auflage, Springer Vieweg,

- 2012; d) Marlene Marinescu, Nicolae Marinescu “Elektrotechnik für Studium und Praxis” (Gleich-, Wechsel- und Drehstrom, Schalt- und nichsinusförmige Vorgänge), Springer Viewig, Germany, 2012.
27. D. Iordache, D. McClure “Selected works of computer aided applied sciences”, vol. 2 – Technical and Didactic applications, Printech Publishing House, Bucharest, 2002.
28. a) D. Iordache, A. Lupaşcu, L. Daniello, S Teodorescu, L. Frangu “Devices for the determination of the main dynamic magnetic parameters of the ferro- and ferri-magnetic materials intended to the education laboratories”, Proc. 1st Symp. on Magnetic Materials (in Romanian), Bucharest, May 1979, pp. 442-450 and [27], pp. 423-428 (English); b) D. Iordache, L. Daniello, A. Lupaşcu, C. Onulescu “On the evaluation of the parameters of the low frequency dynamic magnetization of the ferro- and ferrimagnetic materials”, Proc. 1st Symp. on Magnetic Materials (in Romanian), Bucharest, May 1982, pp. 76-82 and [27], pp. 336-340 (English); c) D. Iordache, L. Burileanu, L. Daniello, V. Iordache “Devices and Computer Codes for the evaluation of the dynamic magnetic parameters of the ferrimagnetic materials”, Proc. of first Romanian Conf. on Magnetism and Magnetic Materials, Bucharest, November 1990, pp. 65-76 (in Romanian) and [27], pp. 429-438 (English).
29. Yearly revisited and completed editions of the catalogues of didactic and research products of PASCO scientific (Roseville, California, USA) manufacturer (1965-today).
30. a) D. Iordache, Vl. Iancu, L. Fara, V. Iordache “Device and Minilibrary of Computer Programs Intended to the Evaluation of the Main Physical Properties of the Soft Ferrimagnetic Materials”, Proceedings of the 4th Seminar “Experiments and Measurements in Engineering Education” (EMEPE-98), Brno (Czech Republic), 15-17 October 1998, p. 82-85; b) D. A. Iordache, C. Florea, V. Iordache “Frequency Power Laws of the Oscillations of some Microscopic Structures”, in Proceedings of the European Conference on Micro- and Nano-structures (EMN-04), pp. 69- 73, Noisy le Grand (Paris), 20-21 October, 2004.
-

Prezentat la redacție: decembrie 2017

Articolul este depozitat în baza de date

IBN: https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_numar_revista/26/2138