

ISSN 1810-6498

**Categoria C**

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

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

*Revistă științifico-didactică și de popularizare a științei*

VOL. 12

Chișinău 2014

nr.3-4 (47-48)

# Fizica și tehnologiile moderne

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

Prin Hotărârea comună a Consiliului Suprem pentru Știință și Dezvoltare Tehnologică al AȘM și a Consiliului Național pentru Acreditare și Atestare, nr. 288 din 28 noiembrie 2013, revista a fost reacreditată (reconfirmat statutul de publicație științifică de profil) și inclusă în lista revistelor științifice de profil la categoria C, profilul științe fizico-matematice și tehnice.

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

## Colegiul de redacție

Ion ANDRONIC	Valerian DOROGAN	Ion TIGHINEANU
Nicolae BALMUȘ	Valeriu DULGHERU	Florea ULIU
Oleg BURSUC	Ion ILIEȘ	
Valeriu CÂNȚER	Iulia MALCOCI	
Anatolie CASIAN	Ion NACU	
Pavel CATANĂ	Dormidont ȘERBAN	

## Consiliul consultativ al revistei

Mirel BIRLAN (Paris)	Ștefan MASHNIC (Los Alamos, S.U.A.)
Emil BURZO (Cluj)	Emilian MICU (Brăila)
Leonid CAPTARI (Dubna)	Vsevolod MOSCALENCO (Chișinău)
Viorica CHIOREAN (Baia Mare)	Zadig M. MOURADIAN (Paris)
Leonid CULIUC (Chișinău)	Florentin PALADE (Chișinău)
Igor EVTODIEV (Chișinău)	Dumitru Dorin PRUNARIU (Brașov)
Marius ENĂCHESCU (București)	Magda STAVINSCHI (București)
Ion GERU (Chișinău)	Vasile TRONCIU (Chișinău)
Alexandru GLODEANU (București)	
Dan IORDACHE (București)	

**ISSN 1810-6498**

**Fiz. tehnol. mod**

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

© Institutul de Inginerie Electronică și Nanotehnologii „Dumitru Ghițu”

Revista apare sub egida Societății Fizicienilor din Moldova, cu sprijinul financiar al Institutului de Inginerie Electronică și Nanotehnologii "Dumitru Ghițu

### Adresa redacției:

Societatea Fizicienilor din Moldova  
Str. Academiei 3/3, MD-2028 Chișinău  
Republica Moldova  
Tel. + (37322) 29-48-60; 73 90 60; 23 34 46  
068276476; 069365511;

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

Articolele prezentate spre publicare sunt recenzate de către 2 recenzenți independenți cu grad științific din domeniul de referință.

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

## Cuprins

<b><i>ACTUALITĂȚI</i></b>	
LAUREAȚII PREMIULUI NOBEL PENTRU FIZICĂ - 2014	4
<b><i>ANIVERSĂRI</i></b>	
ASTRONOMUL NICOLAE DONICI – 140 DE ANI DE LA NAȘTERE. Simpozion omagial internațional, 8 septembrie 2014, București.	6
LISTA LUCRĂRILOR ȘTIINȚIFICE PUBLICATE DE ASTROFIZICIANUL NICOLAE DONICI	18
	<b>Ion HOLBAN</b>
<b><i>FIZICĂ TEORETICĂ</i></b>	
STĂRILE STAȚIONARE ALE OSCILATORULUI ARMONIC LINIAR ȘI NIVELELE DE ENERGIE CORESPUNZĂTOARE	26
	<b>Uliu FLOREA</b>
<b><i>PROBLEME, CONCURSURI, OLIMPIADE</i></b>	
REZOLVAREA PROBLEMELOR DE EXTREM LA MECANICĂ PRIN UTILIZAREA INEGALITĂȚII CAUCHY.	30
	<b>Mihail POPA</b>
OLIMPIADĂ INTERNAȚIONALĂ DE FIZICĂ, Ediția a 45-a, Astana, Kazakhstan, 13–21 iulie 2014	36
<b><i>DIDACTICA FIZICII</i></b>	
REZOLVAREA DE PROBLEME ÎN ACCEPȚIE MODERNĂ	53
	<b>Tatiana IACUBIȚCHI</b>
<b><i>ASTRONOMIE</i></b>	
ASTEROIZII, CORPURI ALE SISTEMULUI SOLAR - DESCRIERE ȘI IMPORTANȚA ȘTIINȚIFICĂ	57
	<b>Mirel BIRLAN</b>
<b><i>MISIUNI SPAȚIALE</i></b>	
MISIUNEA ROSETTA (Rendez-vous după 10 ani de călătorie)	69
	<b>Ștefan D. TIRON</b>

### LAUREAȚII PREMIULUI NOBEL PENTRU FIZICĂ 2014

Premiul Nobel pentru fizică -2014 a fost decernat în comun fizicienilor

**Isamu Akasaki, Hiroshi Amano și Shuji Nakamura**

“Pentru inventarea de LED-uri albastre eficiente, care a permis surse de lumină albă intense și economice” (*“for the invention of efficient blue light-emitting diodes which has enabled bright and energy-saving white light sources”*).

**Domeniul:** tehnologia semiconductoarelor.

#### **LED-uri albastre eficiente create**

Iluminatul joacă un rol major în calitatea vieții noastre. Elaborarea de diode emițătoare de lumină (LED-uri) a făcut posibilă surse de lumină mai eficiente. Crearea de surse de lumină albă care pot fi folosite pentru iluminat necesită o combinație de lumină roșie, verde și albastră. LED-urile albastre s-au dovedit a fi mult mai dificil de creat decât diodele emițătoare de lumină roșie și verde. Pe parcursul anilor 1980 și 1990, Isamu Akasaki, Hiroshi Amano și Shuji Nakamura au utilizat cu succes semiconductorul *nitrură de galiu* pentru a crea LED-uri albastre eficiente.



#### **Isamu Akasaki**

**Născut:** 30 ianuarie 1929, Chiran, Japonia

**Afilieră la timpul decernării:**

Universitatea Meijo, Nagoya, Japonia;

Universitatea Nagoya, Nagoya, Japonia

**Hiroshi Amano**

**Născut:** 11 septembrie 1960,  
Hamamatsu, Japonia

**Afilieră la timpul decernării:**  
Universitatea Nagoya, Nagoya, Japonia



**Shuji Nakamura**

**Născut:** 22 mai 1954, Ikata, Japonia

**Afilieră la timpul decernării:**  
Universitatea din California, Santa  
Barbara, CA, SUA



*Traducere de Stefan D. Tiron după: Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014. Web. 21 Mar 2015. [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2014](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014)*

# ASTRONOMUL NICOLAE DONICI – 140 DE ANI DE LA NAȘTERE

Simpozion Internațional

Ion HOLBAN

Consiliul Național pentru Acreditare și Atestare din R. Moldova  
Institutul de Inginerie Electronică și Nanotehnologii „Dumitru Ghițu” al AȘM  
Institutul de Dezvoltare a Societății Informaționale al AȘM

***Rezumat.** Articolul reprezintă o trecere în revistă a unor lucrări prezentate la Simpozionul Internațional „Astronomul Nicolae Donici – 140 de ani de la naștere”, care a avut loc în ziua de 8 septembrie 2014 la București, în aula istorică a Academiei Române, în care Nicolae Donici își raporta rezultatele sale științifice obținute atât la Observatorul Astrofizic din Dubăsarii Vechi, cât și în multiplele sale misiuni științifice internaționale. Se aduc și noi date privind viața și activitatea ilustrului astronom basarabean.*

La 8 septembrie 2014, sub egida Academiei Române și a Academiei de Științe a Moldovei, la București a avut loc Simpozionul Internațional „Astronomul Nicolae Donici – 140 de ani de la naștere”, consacrat vieții și activității ilustrului astrofizician român, Membru de Onoare al Academiei Române, Nicolae Donici (1/14.09.1874 – 22.11.1960) [1, 2]. La lucrările Simpozionului au participat cu referate 26 de cercetători din România, Republica Moldova, Marea Britanie, Franța și Brazilia. Lucrările Simpozionului au fost deschise de către acad. Ionel-Valentin Vlad, președintele Academiei Române, și acad. Ion Tighineanu, prim-vicepreședinte al Academiei de Științe a Moldovei. Trebuie să constatăm că anul acesta am fost martorii unui progres considerabil în obținerea de noi date și informații ce vizează viața și activitatea astrofizicianului de la Dubăsarii Vechi. Un mare interes a trezit comunicarea „Nicolae Donici, o mare personalitate a astronomiei universale”, prezentată de doamna profesor Magda Stavinschi [3], cercetător și ex-director al Institutului Astronomic al Academiei Române, care a descoperit multe documente inedite ce se referă la viața și activitatea lui Nicolae Donici. O contribuție esențială la cunoașterea vieții astronomului basarabean a adus Iurie Colesnic [4], cercetătorul care în permanență descoperă în arhive noi și noi date despre personalitățile proeminente ale culturii și științei românești, originare din Basarabia. Un viu interes a trezit interviul realizat de dr. Anca Filoteanu cu Doamna Zoe Donici, în vârstă de 92 de ani, soția unui văr de al astronomului, una din ultimele rude în viață care a vorbit cu Nicolae Donici, înainte ca acesta să părăsească România.

Bine s-a integrat în tematica simpozionului studiul „Observații spectroscopice ale asteroizilor în domeniul infraroșu apropiat” realizat de grupul de cercetători români și francezi Dan-Alin Nedelcu, Mirel Birlan, Marcel Popescu și Octavian Bădescu, studiu ce acoperă o arie extinsă de preocupări ale lui Nicolae Donici, de mare actualitate și azi, dat fiind faptul că studiul asteroizilor și cometelor este crucial pentru înțelegerea formării Sistemului solar. Aceste corpuri cerești sunt singurii supraviețuitori ai fazelor inițiale în evoluția planetară, ei purtând cu sine informații intacte, „încremenite”, în ceea ce privește condițiile fizico-chimice ce dominau în nebuloasa solară primordială. Lumina reflectată de aceste corpuri conține

informații esențiale despre proprietățile optice ale materiei de la suprafața acestora. În timp ce Nicolae Donici cerceta spectrul asteroizilor și cometelor în domeniul vizibil, autorii studiului menționat au făcut acest lucru în domeniul infraroșu apropiat (0,8 – 2, 5 micrometri), folosind în acest scop vestitul telescop IRTF (NASA) de la Observatorul Mauna Kea, Hawaii.

După cum se cunoaște, Nicolae Donici a efectuat cercetări spectrale complexe asupra Soarelui în timpul a opt eclipse totale de Soare, numărându-se printre recordmanii lumii în această privință: 28 mai 1900 (Spania, Elche); 17–18 mai 1901 (Sumatra, Padang); 16–17 martie 1904 (Cambodgia, Pnom-Penh); 29–30 august 1905 (Spania, Alcalá de Chisvert); 16–17 aprilie 1912 (Portugalia, Ovar); 8 august 1914 (Rusia, Teodosia); 31 august 1932 (SUA, Maine, Cap Porpoise); 19 iunie 1936 (Turcia, Ineboli). În acest sens, comunicarea dlui Cătălin Beldea: „Un ciclu solar de eclipse totale” s-a încadrat de minune în tematica simpozionului. Urmând exemplul înaintașului basarabean, astronomul a efectuat cercetări asupra Soarelui în timpul unei serii întregi de eclipse totale care au avut loc pe parcursul unui ciclu solar complet, cuprins între maximul din 1999 și cel din 2013: 1999 (România, Chiselet); 2006 (Turcia, Side); 2008 (Rusia, Novosibirsk); 2009 (China, Jinshanwei); 2010 (Oceanul Pacific, Polinezia Franceză, atolul Hao); 2012 (Australia, Queensland, Mareeba); 2013 (Kenya, lacul Turkana). Prin acest studiu, dl Beldea a izbutit să urmărească evoluția coroanei solare de-a lungul unui întreg ciclu solar. Pe fundalul acestor cercetări, efectuate astăzi în condiții net superioare celor existente pe timpul lui Donici, este mai bine înțeleasă munca de titan a astrofizicianului de la Dubăsarii Vechi. După cum sublinia astronomul Zadig Mouradian într-un articol publicat în revista noastră [5], pregătirea pentru observația unei eclipse începe cu mult înainte ca ea să se producă. Astronomul face rost de harta benzii de totalitate a eclipsei și cu ajutorul ei alege locul în care să instaleze echipamentul științific, pentru ca acesta să fie cât mai aproape de centrul benzii. În același timp, el se vede nevoit să țină cont de statistica zilelor însorite din zonă, care să-i asigure, cu probabilitate mare, un cer senin (lucru care cere studierea detaliată a stării meteorologice în zonă pe parcursul mai multor ani), precum și de condițiile de acces spre locul ales (căci are de transportat tone de material: echipamente științifice, corturi, îmbrăcăminte etc.); de posibilitatea de a se aproviziona fără probleme cu alimente și apă ș.a. Cu alte cuvinte, observarea unei eclipse de soare pe departe nu se reduce doar la soluționarea unei probleme științifice limitate. Cu tot acest set de probleme se confrunta la timpul său și Nicolae Donici, numai că lui îi era mult mai greu, deoarece pe atunci nu zburau avioanele și de multe ori el lua vaporul la Odesa care plutea săptămâni întregi până la locul de destinație.

Demn de menționat aici este faptul că Nicolae Donici era un astronom multilateral dezvoltat de factură universală, un om de cultură citit (avea o bibliotecă științifică bogată, pe care singura din toate bunurile mai de preț a luat-o cu sine atunci când în 1940 s-a văzut nevoit să părăsească Basarabia), era la curent cu noutățile științifice, cunoștea bine matematica, observațiile sale totdeauna erau însoțite atât de analize și sinteze cuprinzătoare, cât și de calcule matematice detaliate efectuate în baza celor mai noi teorii în domeniu. De asemenea, avea cunoștințe profunde în domeniu fizicii, analizei spectrale care pe atunci avea la bază o fizică nouă - fizica atomică, mecanica cuantică, teorii noi care dădeau mare bătaie de cap fizicienilor mai în vârstă. Nicolae Donici avea și calități de inginer, singur își proiecta echipamentele științifice (să amintim aici doar „tripletul de comete”, cu ajutorul căruia putea

să fotografieze simultan atât cometa, cât și spectrul ei și totodată să facă și observația vizuală. Mai mult, acest aparat îi servea și pentru observarea eclipselor solare și lunare, precum și pentru fotografierea altor corpuri cerești în diferite regiuni spectrale). Observatoarele din Pulkovo și Odesa, de exemplu, nu aveau pe atunci un spectroheliograf atât de performant ca cel al lui Donici (motiv pentru care Academia Imperială Rusă mulți ani în șir îl numea pe savantul basarabean șef al misiunilor sale științifice de observație a eclipselor totale de soare). La aceasta se mai adăuga și faptul că astronomul era și un mecanic bun, o parte din lucrările tehnice necesare pentru modernizarea echipamentului științific le înfăptuia el însuși, în atelierul său, construit special pentru asemenea lucruri. Astronomul avea și aptitudini de grafician, executând singur toate desenele pentru articolele sale științifice. Mult mai însemnat este faptul că Donici era un om creativ. A inventat, bunăoară, o fantă circulară pentru spectroheliografii său, care ulterior a început să fie folosită de toți astrofizicienii lumii. Interesantă în această privință este și ideea de a face o fotografie stroboscopică a coroanei solare în timpul eclipsei din 2005, fotografiind coroana din două puncte situate la o distanță mare de aproximativ trei mii de kilometri unul de altul, unul fiind situat în Spania și altul în Egipt. În acest scop, Donici a divizat echipa de observatori a Academiei Ruse în două echipe, una dintre care a făcut observații asupra eclipsei în Spania, iar alta în Egipt. Astăzi această idee se realizează cu ajutorul telescoapelor amplasate în Cosmos. Deși activa la Dubăsarii Vechi, o localitate rurală, astrofizicianul basarabean era unul din cei mai progresiști savanți ai timpului său, investigațiile sale bazându-se totdeauna pe cele mai noi teorii și utilizarea celor mai eficiente metodologii și tehnologii. Drept exemplu ar putea servi utilizarea pe scară largă în cercetare a aparatelor de fotografiat atunci când obținerea unor fotografii ale corpurilor cerești nu era un lucru simplu, aceasta necesitând multe cunoștințe și multă muncă.

Nicolae Donici a participat, împreună cu mulți astronomi ai lumii, la alcătuirea Hărții Fotografice a Cerului. În timpul observației eclipsei din 1905 a luat cu sine și un specialist în domeniul magnetismului (V. H. Dubinski (1861 – 1916), de la Observatorul Magnetometeorologic din Pavlovsk, nu departe de Petersburg, bănuiesc că era de naștere din Basarabia – I.H.), care în timpul eclipsei s-a stabilit într-un cavou a unui faraon (ca să excludă influența directă a radiațiilor solare) și făcea măsurători ale variației câmpului magnetic terestru în timpul eclipsei. Donici se interesa și de teoria relativității, dându-și bine seama, după cum reiese din lucrările sale, că această teorie schimbă radical concepțiile omului despre spațiu și timp. În verile anilor 1931 – 1932 la Dubăsarii Vechi a găzduit pe prof. dr. Baron Emanuel von der Pahlen (1882 – 1952), de la Einstein-Stiftung, Observatorul Astronomic din Potsdam, Germania, care se ocupa și de probleme legate de teoria relativității.

Nicolae Donici, împreună cu Onisifor Ghibu (1883 - 1972), președintele Societății „Astra”, erau adepții deschiderii unei universități la Chișinău, mai mult, ei considerau că înainte-mergătoarea studiilor universitare trebuie să fie știința, știința dezvoltată la nivel mondial. O spunem fără exagerare, academicianul Nicolae Donici a fost unul din creatorii astrofizicii moderne, el și azi poate servi de model de mobilitate, de conlucrare și de integrare a omului de știință național în comunitatea științifică internațională. Pe lângă română și rusă, el cunoștea la perfecție franceza, germana, engleza. Lucru care i-a permis să se formeze ca savant printre cele mai mari personalități ale astrofizicii contemporane lui (Flammarion, Janssen, Bredihin, Poincare, Eddington, Oort, Belopolski, Slipher, Pokrovski ș.a.). Cu



adevărat, personalitățile cresc printre personalități. Pe lângă calitățile de savant, astronomul Donici era și un om foarte sociabil, ușor găsea limbaj comun cu oricine, fie acesta țăran de la Dubăsarii Vechi, fie director al unui observator cu renume. Mai era și răzbătător, de exemplu, în 2014, pe când se afla la Teodosia cu ocazia studierii Soarelui în timpul noii eclipse de soare, i-a venit o idee, dar pentru a o realiza avea nevoie să ajusteze mecanic câteva aparate, n-a stat mult pe gânduri, a coborât în port și a găsit pe șantierul naval de acolo un mecanic care i-a executat comanda. (Aceasta ca să nu vorbim de soluționarea problemei Observatorului Astrofizic de la Dubăsarii Vechi după desființarea moșiilor boierești în România).

Încă la începutul carierei sale științifice, Donici a experimentat spectroheliograful cu fentă circulară, gândit de dânsul, în laboratoarele Universității din Odesa, dar a dorit să-l experimenteze și în condiții reale, când influența oxigenului atmosferic e minimă. În acest scop i-a scris o scrisoare (se păstrează în arhiva savantului francez) ilustrului astrofizician Jules Janssen (1824 – 1907), omului care în 1868 a descoperit elementul heliu pe Soare și de la care începe dezvoltarea astrofizicii, în care i-a solicitat sprijinul. În felul acesta, în 1903 Donici a ajuns la Observatorul Janssen de la Evian-les-Bains (Haute-Savoie), situat pe cel mai înalt pisc al muntelui Mont Blanc, la altitudinea de 4810 m. A fost o întreprindere destul de îndrăzneță și riscantă, să urci acolo sus și călare (pe catâr) și pe jos, cu întreg echipamentul științific, cu cort, provizii...și să faci cercetări într-o atmosferă rarefiată de oxigen, care provoacă rău de munte, pe un vânt puternic, gata în orice moment să te arunce jos de pe pisc, la ger năprasnic, care coboară acolo până la  $-43^{\circ}\text{C}$ . După cum menționează astrofizicianul într-un articol al său, unul din cărătorii de poveri ale astronomului Albert Senouque, care a făcut și el măsurători în perioada respectivă la Observatorul Janssen, dar care a mai rămas pentru câteva zile să-și continue cercetările, a decedat subit din cauza răului de munte. Aici este momentul să spunem câteva cuvinte și despre firea impresionantă a astrofizicianului. Domnia sa a lăsat mărturie de o rară frumusețe poetică despre ascensiunea sa pe Mont Blanc, despre priveliștile ce i se deschideau odată cu urcarea pe munte, despre răsăriturile de soare și jocurile de lumini fermecătoare, descrieri care-s pe potriva faimoasei descrieri a aurorei polare observate de Constantin Stere (1865 – 1936) în apropiere de Polul Nord, când se afla în surghiun în Siberia.

Donici era de o noblețe sufletească rară și avea un dar aparte de a comunica cu oamenii, de aceea numele său se întâlnește în memoriile sau în arhivele multor dintre marii astronomi ai timpului (Chretien, Janssen, Costa Lobo, Ricco, Kostinski, Puiseux ș.a.), personalități de la care aflăm și noi câte ceva despre înaintașul nostru. Astrofizicianul mai era și un bun organizator, instruit profesional, a fost unul din coordonatorii programului de observare a eclipsei de Soare din 1914 de la Teodosia, program la care au participat 12 echipe de astronomi, 5 din Rusia, una a Academiei Ruse, din care făcea parte și Donici, și câte una de la Observatoarele din Pulkovo, Moscova, Simeiz și Iuriev (Tartu), 3 echipe din Franța, câte una de la observatoarele din Paris și Nisa și una privată, și câte o echipă de astronomi de la observatoare din Anglia, Italia, Spania și Argentina, toate aceste echipe aducându-i la sfârșitul acțiunii mulțumiri astronomului Nicolae Donici pentru buna organizare a observațiilor. La cele spuse mai sus am mai putea adăuga și faptul că Nicolae Donici era un adept al cooperării strânse între oamenii de știință din întreaga lume, a coordonării activității lor (a participat

împreună cu toți astronomii lumii la observarea cometei Halley, în scopul determinării mai precise a traiectoriei acesteia), a utilizării unor standarde unice în cercetare, astfel ca rezultatele obținute de diferiți astronomi să poată fi ușor comparate și prelucrate. Nicolae Donici era și un pacifist convins, își iubea Țara și baștina. Niciodată nu uita să menționeze în articolele sale că rezultatele au fost obținute la Observatorul Astrofizic din Dubăsarii Vechi, că a fost sprijinit financiar și logistic de mătușa sa după mamă, Elena Lâsakovski, că face parte din cohorta de cercetători ai Academiei Române. Totdeauna era corect cu cei din jur, pe cei cu care colabora sau îi făceau anumite servicii îi nominaliza în articolele sale, cum ar fi de exemplu, pe mecanicii care-i executau anumite comenzi privind modernizarea echipamentului științific, Timcenko din Odesa, Mailhat din Paris, Bacinschi din București.

Comunicarea cercetărilor Mircea Rusu și Marian Șuran „Contribuțiile lui Nicolae Donici la studiul luminii zodiacale” se referă la un alt domeniu de interes al astrofizicianului. Nicolae Donici avea o viziune de ansamblu asupra fenomenelor astronomice. El nu putea trece cu vederea nici un fenomen astronomic, oricare ar fi acesta, inclusiv fenomenul de crepuscul (1902, 1923) și cel de lumină zodiacală, despre care a început să se intereseze încă în timpul urcării pe Mont Blanc, apoi să pomenească de ele prin 1925, și să le studieze detaliat începând cu 1931, la Asuan, Egiptul de Sus. A determinat coordonatele spațiale ale luminii zodiacale, fenomen care l-a preocupat până aproape de sfârșitul vieții. Ultimele observații fizice au fost făcute în anii 1946 – 1948 în Algeria, Tammanrasset, ultima comunicare la acest subiect fiind prezentată la Congresul Uniunii Astronomice Internaționale (UAI) de la Dublin, Irlanda, în perioada 29 august – 5 septembrie 1955.

Florinela Georgescu și Ancuța Manea au prezentat comunicarea intitulată „Astronomie și meteorologie – conexiuni în viața astrofizicianului Nicolae Donici”. Pentru unii oameni activitatea lui Nicolae Donici în domeniul meteorologiei pare de neînțeles. Adevărul este că Nicolae Donici vedea fenomenele din natură în strânsă legătură unele cu altele. Orice fenomen observat îl dorea încadrat în canavaua fenomenelor astronomice. De aceea, atunci când a observat un fenomen de crepuscul ori un bolid strălucitor sau a simțit un cutremur de pământ, el de îndată a trimis prin telegraf știrea la înalte foruri științifice, cum ar fi Academia Română, Societatea de Astronomie Franceză. El bănuia că există o legătură dintre zguduirile (protuberanțele) solare și cutremurele terestre. Nu întâmplător atunci când făcea observații asupra eclipselor solare, echipa sa efectua concomitent și măsurători asupra schimbării temperaturii și presiunii atmosferice de la sol. Mai puțini oameni știu că preocupările sale meteorologice erau strâns legate de observațiile astronomilor. Paradoxal, atunci când pe Soare au loc procese active, astrul degajă mai multă energie, însă pe Pământ, la sol, din contra, ajunge mai puțină energie. Fenomenul ar fi legat de formarea mai intensă în această perioadă a norilor. Această ipoteză a declanșat un studiu la nivel global - „Săptămâna internațională a norilor”, care a avut loc în perioada 24 septembrie 1923 (luni) - 30 septembrie 1923 (duminică). Astfel, prin eforturile savanților din lumea întreagă a fost întocmit și primul Atlas al Norilor, rezultat la care a contribuit și astrofizicianul de la Dubăsarii Vechi.

După cum am menționat ceva mai înainte, Nicolae Donici a studiat activitatea Soarelui în timpul unei serii de observații a eclipselor solare totale. A cercetat în detalii straturile superioare ale atmosferei solare, fotosfera și cromosfera (inclusiv protuberanțele) și dinamica acestora pe parcursul unui ciclu solar. Astfel, îmbinând analiza astrofizică și metodologia

astronomiei, el studia „respirația Soarelui”. Un studiu asemănător, desigur, la alt nivel, a efectuat și Alexandre Andrei: „Programul de măsurători ale diametrului solar. Măsurători la Observatorul Național din Brazilia”.

Este de menționat, că Nicolae Donici era un cercetător ordonat și rațional în muncă. Dacă ziua efectua cercetări asupra Soarelui, noaptea studia alte corpuri cerești. Astfel, a urmărit opt eclipse de Lună, determinând raza Pământului după umbra acestuia lăsată pe Lună, încercând în felul acesta să determine influența atmosferei asupra măsurătorilor. Aici ar fi cazul să amintim că Donici nu se grăbea niciodată să tragă concluzii fără dovezi certe. De exemplu, la 14 noiembrie 1907, în Egipt a urmărit trecerea planetei Mercur pe discul Soarelui, din care a tras concluzia că planeta nu are atmosferă, dar a avut și îndoieli asupra unor măsurători, despre care a scris în articolul publicat. Cu răbdare de cercetător, a așteptat următoarea trecere a planetei pe discul Soarelui, care s-a produs cu peste 16 ani mai târziu, la 24 mai 1924, ca să repete măsurătorile și să se convingă definitiv că cea mai apropiată planetă de Soare într-adevăr nu are atmosferă. În știință contează foarte mult onestitatea cercetătorului. Donici era un exemplu și la acest capitol, datele sale fiind verificate de el cu minuțiozitate, alți cercetători se puteau totdeauna bizui pe ele. Astronomul a cercetat un timp mai îndelungat și planeta Saturn, evaluând perioada de rotație a acesteia după mișcarea unor pete luminoase din atmosfera sa. De asemenea, a studiat spectrele unui șir de stele mai strălucitoare:  $\alpha$  Tauri,  $\alpha$  Orionis,  $\alpha$  Canis Majoris,  $\alpha$  Bootis,  $\alpha$  Canis Minoris,  $\alpha$  Leonis,  $\alpha$  Virginis. Nu mai puțin însemnată este angajarea astronomului de la Dubăsarii Vechi în studierea traiectoriei cometei Halley, în 1910, împreună cu întreaga comunitate mondială a astronomilor, pentru a determina mai precis orbita acesteia. Mai mult, prin intermediul Mitropoliei Basarabiei, astronomul a solicitat preoților să facă observații asupra fenomenelor astronomice ce vor însoți apropierea cometei de Terra: “ploile de stele”, intrarea unor bolizi în atmosferă (coada cometei a trecut peste Pământ), reducând în felul acesta teama populației față de cometă. În acest sens, este de menționat și activitatea de popularizare a științei îndeplinită de savant în cadrul Asociației „Astra”, al cărui membru era. Donici propaga noile metode științifice. În timpul observării eclipsei din 1912, colegul său de la Universitatea din Coimbra, Portugalia (al cărui Doctor Honoris Causa Donici se crede că era) a filmat eclipsa cu un aparat de cinema, lucru care i-a permis să observe că Luna este turtită la poli, fapt despre care Donici a relatat în dările sale de seamă.

Toate cele de mai sus fiind spuse, nu ne mai miră faptul că Observatorul Astrofizic de la Dubăsarii Vechi se afla la timpul său pe prima linie de dezvoltare a astrofizicii mondiale,

Autorul acestor rânduri a prezentat la Simpozion două comunicări: „Astrofizicianul Nicolae Donici - ctitorul unei citadele științifice la Nistru” și, împreună cu Mugur Ioan Grigoriță, „Pe urmele astronomului Nicolae Donici”. Prezentările au fost pregătite în urma unor studii de arhivă (au fost găsite date inedite, inclusiv un autograf al astrofizicianului, informații despre mărimea moșiei boierului-astronom de la Dubăsarii Vechi, locul de vecinică odihnă a părintelui său ș.a., care vin să întregescă datele biografice despre astronom). Au fost făcute vizite de documentare la fața locului în localitățile legate de numele savantului și a neamului donicesc (locuri din Chișinău, Petricani, Dubăsarii Vechi, București, Bezen, Miclești, Stețcani), au fost intervievate persoane care au cunoscut oameni apropiați savantului. De asemenea, au fost obținute copiile a 12 lucrări științifice ale astronomului

publicate în reviste din Rusia (în total, N. Donici are peste 80 de publicații (53 dintre ele fiind consultate de autorul acestor rânduri). Lista lucrărilor savantului, alcătuită în baza listelor publicate de către NASA [6], Antoni [7], Melnikov [8], Kovarskaia [9] și Stavinschi [3], cu înlăturarea unor inexactități sau erori observate în listele precedente, este dată în Anexa 1. Au fost descoperite 7 fotografii cu imaginea astronomului imortalizată la diferite conferințe internaționale. Toate aceste lucruri urmează a fi analizate mai detaliat și publicate în numerele viitoare ale revistei. Prin aceste cercetări, autorul a ajuns la concluzia că astrofizicianul Nicolae Donici a edificat cea mai puternică citadelă pe Nistru – o citadelă a științei. Faptul că în perioada primului pătrar al secolului XX Nicolae Donici folosea instrumente astronomice de care nu dispunea nici Observatorul de la Pulkovo, nici cel de la Odesa, și care puteau concura cu instrumentele celor mai vestite observatoare europene, demonstrează concludent că în gândire el, dar și noi suntem vest-europeni. Mai mult, Observatorul de la Dubăsarii Vechi era acreditat de mari astronomi și inclus în Registrul observatoarelor astronomice ale lumii. Aici se efectua cercetări puse în sarcina unor întregi instituții academice în domeniul astronomiei de poziție, astrofizicii (fizicii și chimiei corpurilor cerești) și meteorologiei (aproape de domeniul heliobiologiei de azi - influența activității Soarelui asupra climei și câmpului magnetic al Pământului), preocupări de vârf ale astrofizicii de atunci. Nu este întâmplător că în 1940, atunci când trupele Armatei Sovietice au trecut Nistrul pe la Dubăsarii Vechi, primul lucru pe care l-au făcut au demontat echipamentele științifice ale Observatorului lui Donici și le-au dus, se spune, la Observatorul din Kiev.

În aceeași zi de 8 septembrie 2014, autorul acestei comunicări a participat, împreună cu dna profesor Magda Stavinschi, dr. Anca Filoteanu și scriitorul Florin Iaru, la o emisiune a postului de televiziune TVR2 din ciclul „Mistere și conspirații”, consacrată vieții și activității astronomului Nicolae Donici.

Un popor are viitor dacă se interesează de problemele astronomice - aceasta e concluzia la care a ajuns autorul în urma participării la acest eveniment comemorativ. Până la 1940, în România erau cinci centre științifice în care se efectuau, cu mult entuziasm, cercetări astronomice: București, Iași, Cluj, Cernăuți și Dubăsarii Vechi. Astăzi situația în domeniul astronomiei (astrofizicii) lasă mult de dorit. Și când te gândești în ce condiții lucra Donici în localitatea care era la hotarul de est, în care provocările erau frecvente. Bunăoară, la 28 decembrie 1922, aici a fost înmormântat soldatul Petre Marcu, originar din Bordești, Râmnicul Sărat, împușcat de bolșevici în exercițiul datoriei. Astfel, astronomul avea în grijă și paza Observatorului. Punerea în valoare a vieții și activității acestei mari personalități a științei românești și universale care este Nicolae Donici și care a interacționat cu cele mai mari personalități ale științei din lume, aprecierea locului acestuia în știința mondială este o datorie a oamenilor de știință și de cultură din întreg arealul de cultură românesc. Nicolae Donici este un exemplu de slujire cu onestitate și devotament a științei.

Vizitând comuna Dubăsarii Vechi, am descoperit că aceasta este o comună a Soarelui, ca să-l parafrăzăm pe Campanella (1568 – 1639): pe frontoanele caselor, pe porțile de la curțile multor gospodari ai comunei, în altarul Bisericii este imortalizat simbolul Soarelui, astrul dătător de viață, căruia Nicolae Donici i-a consacrat întreaga viață. Este timpul ca această comună să se mândrească cu acest nume de vârf al științei mondiale.

În Anexa 2 sunt prezentate câteva fotografii legate de numele astronomului Nicolae Donici, descoperite de autorul prezentului studiu în arhivele universităților vizitate de astronom.

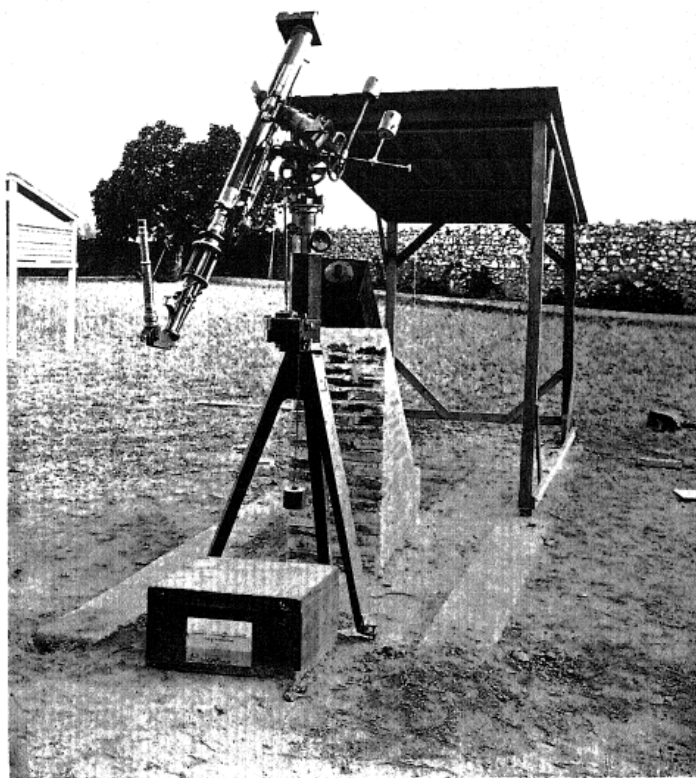
## Bibliografie

1. Simpozionul Internațional “Astronomul Nicolae Donici – 140 de ani de la naștere”. Invitație-program. București, 8 septembrie 2014. Comitetul Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii al Academiei Române. Institutul Astronomic al Academiei Române.
  2. Nicolae Donici. Observatorul de Astronomie Fizică situat în parcul din Dubăsarii Vechi (Basarabia), 1908-1933. (Afiliat „Fundației Centrale Principele Carol” ca secție a ei în ziua de 18 iunie 1924). (The Observatory of Physical Astronomy placed in the Parc of Dubasarii Vechi (Bessarabia), -1908-1933. AA (Astronomical Observatory Dubasarii Vechi, Bessarabia, Romania). Ediție specială. București: Tip. "Litera", 1933, 25 p.
  3. Stavinschi Magda. Nicolae Donici între admirație și dispreț. Studii și comunicări / DIS, vol. VI, 2013.
  4. Colesnic Iurie. Nicolae Donici. În cartea „Basarabia necunoscută”, Chișinău: Museum, 1997, pp. 50 – 57.
  5. Mouradian Zadig. O viață de astronom. Fizica și tehnologiile moderne, 2013, v. 11, N. 3 – 4 (43 – 44), pp. 95 – 101.
  6. SAO/NASA Astrophysics Data System (ADS) (Nicolae Donici/Donitch)
  7. Andonie Gheorghe Șt. Istoria matematicilor aplicate clasice din România (Mecanică și Astronomie). Nicolae Donici (1874 – 1956). București 1971, p. 238 – 241.
  8. Мельников О.А. К истории развития астроспектроскопии в России и СССР. В кн.: Историко-астрономические исследования, в. 3, с. 9 – 258, Москва: Изд. физ.-мат. лит., 1957. Bibl. P. 209, despre ND p. 46.
  9. Коварская Б. П. Николай Николаевич Дониц (1874 – 1956). Историко-астрономические исследования. 2003, в. XXIX, сс. 209 – 235.
- (Notă. Abia în 2014 a fost stabilit anul și locul încetării din viață a astronomului Nicolae Donici: 21 noiembrie 1960, Puget Teniers, în apropiere de Nisa. A se vedea: Magda Stavinschi, „Literatura și Arta”, nr. 2 (3619) din 8 ianuarie 2015).

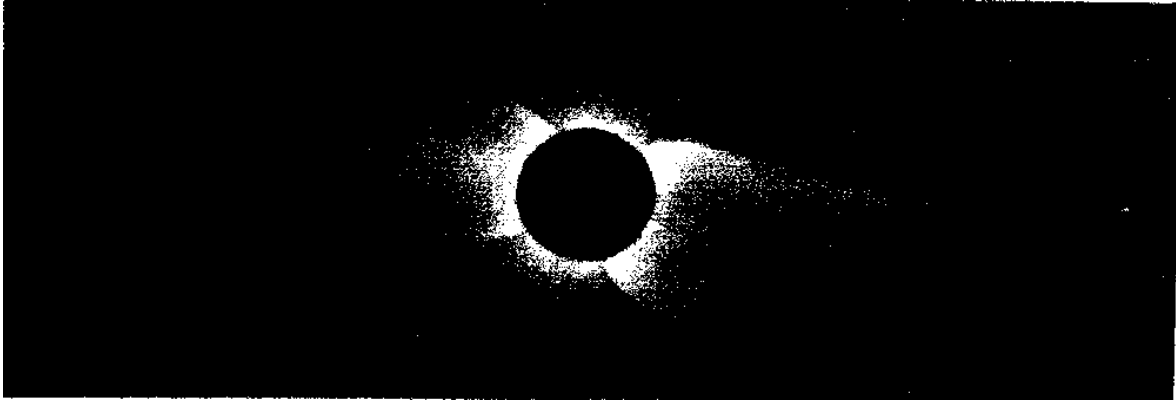


Astronomul Nicolae Donici - 140 de ani de la naștere - Academia Română, București, 8 septembrie 2014 © Valentin Grigore - SARM

Aula Academiei Române în care și-a desfășurat lucrările Simpozionul. Aici academicianul Nicolae Donici raporta rezultatele obținute la Observatorul Astrofizic din Dubăsarii Vechi și în multiplele sale misiuni științifice. Foto: Valentin Grigore.



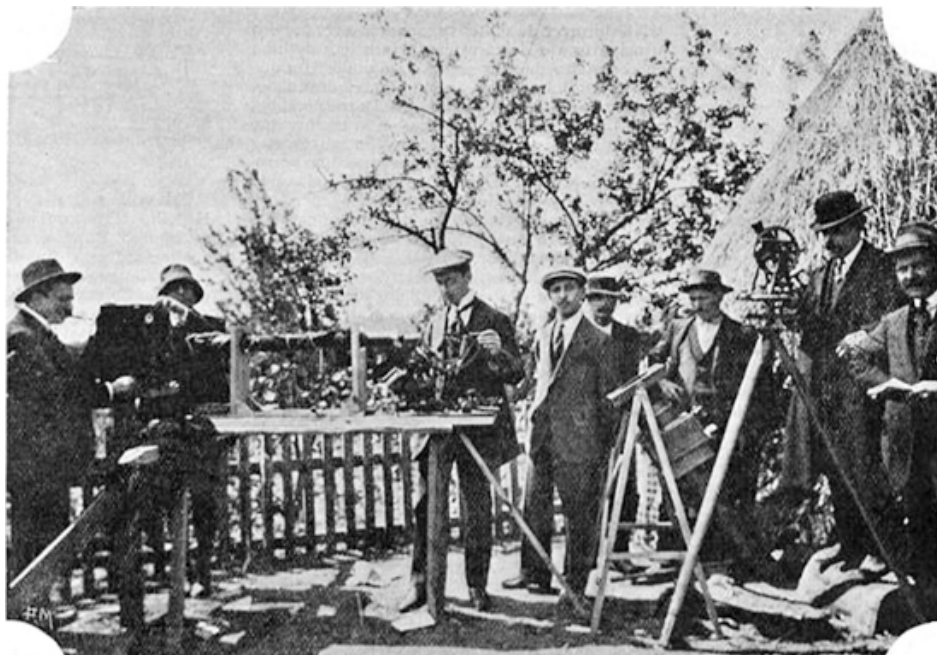
Echipamentul științific al astrofizicianului Nicolae Donici pregătit pentru efectuarea observațiilor asupra eclipsei totale de Soare din 30 august 1905, Elche, Spania. Foto: N. Donici.



Imaginea coroanei solare, fotografiată de Nicolae Donici în timpul eclipsei totale de Soare din 28 mai 1900 în localitatea Elche, Spania.



Nicolae Donici, al treilea din primul rând stânga, printre participanții la cea de a 4-a Conferință a Uniunii Internaționale de Cooperare în Cercetări Solare, care a avut loc la Mount Wilson, California, SUA, în perioada 30 august – 3 septembrie 1910. Al treilea din dreapta este Edward C. Pickering, directorul Observatorului Harvard. Fotografie din arhiva Universității din Chicago.



Nicolae Donici, în centru, privește spre noi, împreună cu alți astronomi, înainte de începerea eclipsei totale de Soare din 17 aprilie 1912, în preajma localității Ovar, Portugalia. Fotografie din arhiva Universității Coimbra, Portugalia.



Primăvara anului 1919. Nicolae Donici, al doilea din dreapta, printre astronomii Observatorului Astronomic din Odessa. În centru - directorul Observatorului, A. Ia. Orlov. Fotografie din arhiva Observatorului din Odessa.





Nicolae Donici, în rândul doi, primul din dreapta, printre participanții la cea de a 4-a Adunare Generală a Uniunii Astronomice Internaționale, care a avut loc la Cambridge, SUA, în perioada 2 - 9 septembrie 1932. Fotografie din arhiva Universității Coimbra, Portugalia.

## Lista lucrărilor științifice publicate de astrofizicianul Nicolae Donici (cunoscute la data de 1.01.2015)

- [DN1] (1898) Über das Spectrum des Meteoriten von Grossliebenthal. (Observatorul Astronomic din Odesa). *Astronomische Nachrichten*, 1898, v. 147, N. 3505 – 3528, pp. 97 – 102.
- [DN2] (1899) Le spectre d'un aerolithe (French). AA (Observatoire Astronomique Odessa). *Bull. de la Soc. Astron. de France*, 1899, Annee 13, pp. 283 - 289.
- [DN3] (1899) Über die Vergrößerung des Radius des Erdschattens bei Mondfinsternissen. (Observatorul Astronomic din Odesa). *Astronomische Nachrichten*, v. 151, N. 3601 - 3624, pp. 3 – 10.
- Revue des publications astronomiques. *Bulletin Astronomique*, serie 1, 1901, v. 11, pp. 46-48.
- (1900) The Size of the Earth's Shadow in Eclipses of the Moon.(Abstract.) (Observatoire Astronomique Odessa). *The Journal of British Astronomical Association*. 1900, v. 10, N 2, p. 86 (101) ; ([http://www.forgottenbooks.com/readbook\\_text/Journal\\_of\\_the\\_Briti...](http://www.forgottenbooks.com/readbook_text/Journal_of_the_Briti...) 15.12.2014 19:20).
- [DN4] (1900) Observations de l'eclipse totale du Soleil du 28 mai 1900 a Elche pres d'Alicante (Espagne) (French). AA (Observatoire Astronomique Odessa, St.-Petersbourg). *Bull. de l'Acad. Imp. des Sci. St.-Petersbourg*, 1900, v. XIII, N. 5, pp. 473 – 488.
- [Наблюдение полного солнечного затмения 28 мая 1900 г.], *Известия Императорской Академии Наукъ*, 13:5 (1900), 473–488; <http://mi.mathnet.ru/izv4770>.
- [DN5] (1901) Sur l'agrandissement du rayon de l'ombre terrestre pendant les éclipses de lune (French). (Observatoire Astronomique Odessa, astr. St.-Petersbourg, memb. SAF). *Bull. de la Societé Astron. de France et Revue Mensuelle d'Astronomie, de Meteorologie et de Physique du Globe*, 1901, Année 15, pp. 129 – 131.
- [DN6] (1901) Наблюдение полного солнечного затмения 28 мая 1900 г. в Эльче (Испания близ Аликанты). *Изв. Рус. Астроном. Общества (РАО)*, 1901, v. 8, N 7 – 9, pp. 127–131. AA (Odessa). Observations of the total Solar eclipse from 28 may 1900 in Elche (Spain, near Alicante). *Izv. Rus. Astron. Ob-va (RAO)*, 1901, v. VIII, N. 8 (7 – 9), pp. 127-131; Observations de l'eclipse totale du Soleil du 28 mai 1900 a Elche, l'Espagne, pres d'Alicant; Impr. de l'Academie Imperiale des Sciences, St.-Petersbourg, 1901.
- [DN7] (1902) Observations de l'eclipse totale du Soleil du 17-18 mai 1901 a Padang (Sumatra) (French). AA (St. Petersburg). *Bull. de l'Acad. Imp. Sci. St.-Petersbourg*. 1902, v. XVII, N. 1, pp. 13 – 38. (English title: Observations of the totale eclipse of the Sun from 17-18 may 1901 in Padang (Sumatra). [Наблюдения полного солнечного затмения 17–18 мая 1901 г., произведенныя въ Падангъ (Суматра)]. *Известия Императорской Академии Наукъ*, 17:1 (1902), 13–38; <http://mi.mathnet.ru/izv7760> ; Impr. de l'Academie Imperiale des Sciences, St.-Petersbourg, 1902.
- [DN 8] (1902) Les illuminations crepusculaires du 14 octobre 1902 (French). AA (Observatoire Astronomique Odessa). *L'Astronomie*, 1902, pp. 95-96.
- [DN9] (1903) Sur l'etat des enveloppes du Soleil a l'epoque du dernier minimum de son activite (French). AA (Sankt-Petersbourg). *Bull. de l'Acad. Imp. des Sci. St.-Petersbourg*, 1903, Ser. 5, v. XVIII, N. 3, pp. 95 - 111. [О состояніи оболочекъ солнца въ эпоху послѣдняго минимума его дѣятельности] *Известия Императорской Академии Наукъ*, Ser. 5, 18:3 (1903), 95–111; <http://mi.mathnet.ru/izv7718>
- [DN10] (1903) Essai d'etude de la chromosphere en dehors des eclipses du Soleil avec un spectrographe a fente circulaire (French). AA (Sankt-Petersburg). *Bull. de l'Acad. Imp. des Sci. St.-Petersbourg*, 1903, Ser. 5, v. XIX, N. 3, pp. 171 - 186. [Опытъ изслѣдованія хромосферы внѣ солнечныхъ затменій, при помощи спектрографа съ круглой щелью]

*Извѣстія Императорской Академіи Наукъ*, Ser. 5, 19:3 (1903), 171–186;

<http://mi.mathnet.ru/izv7696>

Revue des publications astronomiques. Bulletin Astronomique, serie 1, 1904, v. 21, pp. 446-447.

[DN11] (1903) Essai d'etude de la chromosphere en dehors des eclipses du Soleil avec un spectrographe a fente circulaire a Evian-les-Bains (Haute-Savoie) et a l'observatoire Jansen du sommet du Mont Blanc (French). AA (Sankt-Petersburg). Bull. de l'Acad. Imp. des Sci. St.-Petersbourg, Ser. 5, 1903, v. XIX, N. 4-5, pp. 195 – 207. [Попытки изслѣдованія хромосферы внѣ солнечныхъ затменій спектроскопомъ съ круглой щелью въ Эвіанѣ (Верхняя Савойя) и на Жансеновской обсерваторіи на вершинѣ Монблана], *Извѣстія Императорской Академіи Наукъ*, 1903, Ser. 5, 19:4-5, 195–207;

<http://mi.mathnet.ru/izv7699>

[DN12] (1903) [Доклад о командировке в Одесскую астрономическую обсерваторию]. AA (Sankt-Petersburg). [Журнал Общего собрания РАО, 24 октября 1902 г.]. Изв. Рус. Астроном. Общества (РАО). 1903, вып. 9, N. 8 – 9, pp. 7 – 9. (Fr.: Rapport sur une delegation à l'Observatoire Astronomique d'Odessa. Izv. Russ. Astron. Ob-va, 1903, v. IX, N. 8 - 9. pp. 7-9 (Revue d'assemblée générale de la Société Astronomique Russe de 24 octobre 1902).

[DN13] (1903) [Доклад о лабораторном исследовании спектров метеоритов]. AA (Sankt-Petersburg). [Журнал Общего собрания РАО, 28 ноября 1902 г.]. Изв. Рус. Астроном. Общества (РАО), 1903. вып. 9, №. 8 – 9, сс. 10 – 11. Izv. Russ. Astron. Ob-va, 1903, v. IX, N. 8 – 9, pp. 10-11.

[DN14] (1903) Солнечное затмение [наблюдение полного солнечного затмения 17 – 18 мая 1901 г. в Педанге (Суматра)]. (Sankt-Petersburg). Изв. РАО, 1903, вып. 9, № 8 – 9, сс. 13 - 20. Observations de l'eclipse totale du Soleil du 17-18 mai 1901 a Padang (Sumatra). (English title: Observations of the totale eclipse of the Sun from 17-18 may 1901 in Padang (Sumatra). Izv. Russ. Astron. Ob-va, 1903, v. IX, N. 8 - 9. pp. 13-20.

[DN15] (1904) Экспедиция Императорской Академии наук на вершину Монблана, предпринятая летом текущего года с целью исследования солнечного спектра спектроскопом с круглой щелью. AA(Sankt-Petersburg). Доклад на заседании РАО 18 декабря 1903 г. Изв. Рус. Астроном. Общества (РАО), 1904, вып. X, № 1, сс. 179 – 182. Expedition of the Imperial Academy of Sciences to Maunt Blanch. Izv. Russ. Astron. Ob-va, 1904, v. X, N. 1. pp. 179-182.

[DN16] (1904) Sur l'etat des envelopes du Soleil a l'epoque du dernier minimum de son activite . AA (Sankt-Petersburg, membru SAF). Bull. Astronomique, Paris, 1904, Serie 1, v. 21, pp. 5 – 28.

[DN17] (1905) О наблюдении кольцеобразного затмения Солнца 16 марта 1904 г. в Индо-Китае. Доклад на общем собрании РАО 28 октября 1904 г. (On the observation of the Annular Solar eclipse in Indo-China on 16 march 1904. Report to General meeting of the RAS 28 october 1904.) AA(Sankt Petersburg).Изв. Рус. Астроном. Общества (РАО), 1905. v. X, N. 8 - 9, сс. 276 – 279. (Izv. Russ.Astron.Ob-va, 1905, v. X, N. 8-9, pp. 276-279.)

[DN18] (1905) О состоянии оболочек Солнца во время последнего периода наименьшей его активности. (On the state of the envelopes of the Sun during the last minimum of its activity.) AA (Sankt-Petersburg). Доклад на общем собрании РАО 28 октября 1904 г. Изв. Рус. Астроном. Общества (РАО), 1905, v. 10, N. 8 - 9, pp. 280 - 286.

[DN19] (1905) Об исследовании солнечной атмосферы вне затмении Солнца спектральным прибором с круглой щелью. (Solar athmosphere research in absent of eclipses by mean of a ring vision slot.) AA (Russian Astronomical Society; Sankt-Petersburg). Доклад на общем собрании РАО 28 октября 1904 г. Изв. Рус. Астроном.

Общества (РАО). 1905. v. XI, N. 2 - 3, сс. 158 – 166 ( Izv. Russ. Astron. Ob-va, 1905, v. XI, N. 2 - 3, pp. 158 – 166)

**[DN20]** (1905) О фотографировании некоторых слоев атмосферы [Солнца]. Доклад 3 января 1905 г. Протокол 1-го заседания Русского отделения Международной комиссии по исследованию Солнца. СПб. 1905, сс. 5-6.

**[DN21]** (1905) Observations de l'éclipse annulaire du Soleil du 16 - 17 mars 1904, à Pnom-Penh (Cambodge) (avec 2 phototypies) (French). AA(Sankt-Petersburg). Bull. Acad. Imper. Sci. St.-Petersbourg, 1905, Serie V, v. XXIII, N. 1 - 2, pp. 23 – 34; [Наблюдения кольцеобразного солнечного затмения 16–17 марта 1904 года въ Пномъ-Пенхъ въ Камбоджѣ], *Извѣстія Императорской Академіи Наукъ*, 1905, **23**:1-2, сс. 23–34; <http://mi.mathnet.ru/izv7587> .

**[DN22]** (1905) Observations de l'eclipse totale de Soleil du 29-30 août 1905 (Rapport préliminaire de la Mission Astronomique et Meteorologique de l'Academie Imperiale des Sciences de St./Petersbourg) ( French). AA (Sankt-Petersbourg). Bull. Acad. Imper. Sci. De St.- Petersburg, 1905, Serie V, v. XXIII, N. 4 - 5, pp. 283-288. [Наблюдение полного солнечного затмения 29–30 августа 1905 г.] *Извѣстія Императорской Академіи Наукъ*, **23**:4-5 (1905), 283–288; <http://mi.mathnet.ru/izv7741>

**[DN23]** (1905) Sur l'etat des envelopes du Soleil a l'époque du dernier minimum de son activié. AA(Sankt-Petersburg). L'Astronomie, 1905, p. 46-51 or Buletin de L'Academie Imperiale des Sciences de Saint-Petersbourg. Bulletin Astronomique 1905, Serie 1, v. 21, pp. 46-51.

**[DN24]** (1905) Remarques sur l'étude des couches chromosphériques H et K à l'observatoire Yerkes (French). AA (Paris) Astronomische Nachrichten, 1905, v. 169, N. 4044 (4033 – 4056), pp.185 –188.

**[DN25]** (1906) Об исследовании хромосферных слоев в линиях H и K в Обсерватории Иеркека. (Remarques sur l'étude des couches chromosphériques H et K à l'observatoire Yerkes). Изв. Рус. Астроном. Общества (РАО), 1906. вып. 12, N. 3, сс. 106 – 109 ?

**[DN26]** (1906) Наблюдения кольцеобразного затмения Солнца 16 – 17 марта 1904 г. в Пном-Пене [Камбоджа]. Изв. Рус. Астроном. Общества (РАО), 1906, v. 12, N. 1, сс. 10 - 13.

\*\*\* **[DN27]** (1906) Observations de l'éclipse annuaire du Soleil du 16 - 17 mars 1904 à Pnom-Penh (Cambodge). AA(Sankt-Petersburg, L'Observatoire de Poulkovo). Bull. Soc. Astron. France, 1906, Serie 1, v. XXIII, pp. 367 – 369 (Bulletin Astronomique, Serie I, vol. 23, pp. 367-369).

**[DN28]** (1906) Observations de l'éclipse annuaire du Soleil du 16 - 17 mars 1904 à Pnom-Penh (Cambodge). AA(Sankt-Petersburg). Bull. Soc. Astron. France, 1906, Serie 1, v. XXIII, pp. 385 – 391 (or Buletin de L'Academie Imperiale des Sciences de Saint-Petersbourg. Bulletin Astronomique 1906, Serie 1, v. XXIII, pp. 385 – 391).

**[DN29]** (1906) Observations de l'éclipse totale de Soleil du 29 - 30 aout 1905. AA(Sankt-Petersburg). Bull. Soc. Astron. France, 1906, Serie 1, v. XXIII, pp. 391 – 393 (or Buletin de L'Academie Imperiale des Sciences de Saint-Petersbourg. Bulletin Astronomique 1906, Serie 1, v. XXIII, pp. 391 – 393).

**[DN30]** (1906) О наблюдении полного солнечного затмения 29 – 30 августа 1905 г. AA(Sankt-Petersburg). Izv. Russ. Astron. Ob-va, v.XII, N. 3, p. 106-110 (En.: On the observations of the totale eclipse of the Sun from 29-30 august 1905).

**[DN31]** (1906) Солнечное затмение 30(17) августа 1905 г. AA(Sankt-Petersburg). Журнал русского физико-химического общества. 1906, XXXVIII, ч. I, №. 2, Хим. Физ., с. 125. (Eclipse of the Sun from 30(17) august 1905.) Journal Russkogo fiziko-himicheskogo obshchestva, XXXVIII, part. I, N. 2, Him. Fiz., p. 125).

- [DN32] (1906) Солнечное затмение 30(17) августа 1905 г. AA(Sankt-Petersburg). Журнал русского физико-химического общества. 1906, XL, ч. I, №. 8, Хим. Физ., сс. 376-378. (Eclipse of the Sun from 30(17) august 1905.) Journal Russkogo fiziko-himicheskogo obshchestva, XL, part. I, N. 8, Him. Fiz., pp. 376-378).
- [DN33] (1907) Observations de l'éclipse totale de soleil du 29-30 août 1905 (French). (Rapport de la Mission Astronomique et Meteorologique de l'Academie Imperiale des Sciences de St.-Petersbourg). (En collaboration avec M.L. Ocoulitch et le Baron E. von der Pahlen) (St.-Petersbourg). AA(Astronome a l'Observatoire de Poulkovo). *Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Petersbourg. VI série*, 1907, 1:15, 661–689. [Наблюдения полного солнечного затмения 29–30 августа 1905 года]. *Известия Императорской Академии Наукъ. VI серия*, 1907, 1:15 (1907), 661–689; <http://mi.mathnet.ru/izv7526>.
- [DN34] (1907) Observations de l'eclipse totale de Soleil du 29-30 Aout 1905. AA (Astronome a l'Observatoire de Poulkovo). Bulletin de la Societe Astronomique de France et Revue Mensuelle d'Astronomie, de Meteorologie et de Physique du Globe 1907, vol. 21, pp. 30-31. (L'Astronomie, 1907, v. 15, pp. 30-31).
- [DN35] (1908) Observations de l'eclipse totale de Soleil du 29-30 Aout 1905. AA (Astronome a l'Observatoire de Poulkovo). Bull. Astr. 1908, v. XXV, p. 377 – 404.
- [DN36] (1907) Sur l'Aggrandissement du Rayon de l'Ombre terrestre. AA(Astronome a Saint Petersburg, membre de la Societe). L'Astronomie, Vol. 15, p. 129.
- [DN37] (1908) Наблюдения прохождения Меркурия по диску Солнца 14 (1) ноября 1907 г. в Ассуану (Верхний Египет) (предварительный отчет). Изв. Рус. Астроном. Общества (РАО), 1908, v. XII, № 1, с. 111 – 112. [Lipsește coria, NASA (44) 43 (44), Stavinschi 27, Kovarskaia 25]
- [DN38] (1908) Наблюдения прохождения Меркурия по диску Солнца 14 (1) ноября 1907 г. в Ассуанъ (Верхний Египетъ). (Предварительный отчетъ, представлено въ засѣдания Физико-Математическаго Отдѣления 23 января 1908 г.). *Известия Императорской Академии Наукъ. VI серия*, 1908, том 2:3, с. 233–235; <http://mi.mathnet.ru/izv7350>; (On the passgae of Mercury through the Sun's disk on 14 (1) November 1907 in Assuan, Upper Egypt (Rapport preliminare). AA (Sankt-Petersburg). *Izv. Imp. Acad. Nauk.*, 1908, Seria VI, v.2, N. 3. p. 233-235 (Bulletin de l'Academie Imperiale des Sciences de St.-Petersbourg).
- [DN39] (1908) Mitteilungen über die Lichterscheinung am Nachthimmel aus dem Anfang des Juli. AA (Saryie Dubossary, Bessarabia). *Astronomische Nachrichten*, 1908, v. 178, N. 4262, pp. 239 – 240..
- [DN40] (1910) Mitteilungen über den Halleyshen Kometen. AA (Saryie Dubossary (Bessarabia). *Astronomische Nachrichten*, 1910, Bd. 184, N 4411, Kol. 320 (Pt I); Bd. 184, N 4414, Kol. 369 (Pt.II).
- [DN41] (1912) Observations du passage de Mercure sur le disque du Soleil le 14 novembre 1907 (French). AA (St.- Petersburg, Astronomical Observatory in Saryia Dubossary). *Bulletin de l'Academie Imperiale des Sciences de St. - Petersburg*, 1912, VI serie, v. 6, N. 17, pp. 1011-1030.(Presente le 19 september (2 octobre) 1912). [Наблюдение прохождения Меркурия по диску Солнца 14 ноября 1907 года]. *Известия Императорской Академии Наукъ. VI серия*, 1912, 6:17, 1011–1030 ; <http://mi.mathnet.ru/izv6835>.
- [DN42] (1913) а) О наблюдении предстоящего затмения 1914г. б) Фотографировании фотосферы и хромосферы в Старых Дубоссарах. Протокол заседания Русского отделения Международной комиссии по исследованию Солнца 19 апреля 1913 г. СПб. 1913, 10 с. (The photographing of the photosphere and chromosphere in Saryia Dubossary (Dubasarii-Vechi). AA(Astronomical Observatory in Saryia Dubossai (Dubasarii-Vechi).

Highlights of the Session of the Russian section of the International Commission for Solar Research from 19 april 1913. SPb., 1913, 10 p.

**[DN43]** (1915) Observations du l'eclipse totale de Soleil du 8/21 aout 1914 (Raport preliminar de la Mission Astronomique et Meteorologique de l'Academie Imperiale des Sciences.)(French). (Petrograd). Bull. Acad. Imp. Sci. St.- Petersburg, VI serie, 1915, v. 9, N. 10, pp. 1017 - 1020. [Наблюдения полного солнечного затмения 8/21 августа 1914 г.]. *Извѣстия Императорской Академіи Наукъ. VI серия*, 1915, 9:10, 1017–1020; <http://mi.mathnet.ru/izv6375> .

**[DN44]** (1916) Observations du spectre de la comete de Halley a Sarya Doubossary. AA (St.- Peterburg, Astronomical Observatory in Sarya Doubosary, ). Bull. Acad, Imp. Sci. St.- Petersburg., 1916, VI serie, v. 10, N. 13, pp. 1203 - 1216. [Наблюдения спектра кометы Галлея въ Старыхъ-Дубоссарахъ], *Извѣстия Императорской Академіи Наукъ. VI серия*, 1916, 10:13, 1203–1218; <http://mi.mathnet.ru/izv6224> .

**[DN45]** (1917) Наблюдение солнечного затмения 16 – 17 апреля 1912 г. Протокол заседания Академии наук 27 апреля 1917 г. AA (The astronomical Observatory in Sarya Dubossary, Bessarabia, Astronomical Observatory Potsdam, Germany). The Photographing of the Coming Solar Eclipse from 16-17 April 1912. Highlights of the Session of the Academy of Sciences from 27 april 1917 (En collab. avec E. von der Pahlen).

**[DN46]** (1921) Observations de l'eclipse Solaire du 16-17 avril 1912: Rapport de la Mission Astronomique et Meteorologique de l'Academie des Sciences de Russie St.- Petersburg. (En collaboration avec M.E. von der Pahlen, Astronomical Observatory Potsdam, Germany). AA(Petrograd, Astronomical Observatory in Sarya Doubossary (Bessarabia)), Bull. de l'Academie des Sciences de Russie, VI serie, 1921, v. 15, N. 1 - 18, pp. 343 - 360. [Наблюдения солнечного затмения 16–17 апреля 1912]; *Извѣстия Россійской Академіи Наукъ*, 1921, VI серия, 15, N. 1-18, 343–360; <http://mi.mathnet.ru/izv5747> .

**[DN47]** (1923) Rapport sur les travaux du Premier Congres de l'Union Astronomique Internatioinale tenu à Rome du 2 au 10 mai 1922. (Rapporte presente a l'Academie Roumaine le 22 decembrie 1922) AA(Observatoire astronomique Dubasarii Vechi, La Bessarabie, Romania). Bull. Sect. Scient. Acad. Roum., Bucuresti, 1923, v. VIII, N. 7-8, pp. 126 – 138; Extras: Bucuresti, „Cartea românească”, 1923, 14 p.

**[DN48]** (1923) Observatoire d'Astronomie physique sis parc de Sarya Doubossary (Doubossary Vechi). (Presente a l'Academie Roumaine le 8 juin 1923) AA (Observatoire astronomique Doubossary Vechi, La Bessarabie, Romania). Bull. Ac. Rom., 1923, v.9, N. 5-6, pp. 228 – 231( sau v.VIII, N. 9, pp. 228 – 231); Bucuresti, „Cartea românească”, 1924, 4p.

**[DN49]** (1923) Sur la structure de l'atmosphere solaire basse dite chromosphere (French) (Presente à l'Academie Roumaine le 4 juin 1923 par M. Donici Membre Honoraire de l'Academie) (En collaboratioan avec le Baron Emanuil von der Pahlen). AA (Observatoire astronomique Dubăsarii Vechi, Romania), AB (Observatoire astronomique Potsdam, Allemagne). Bull. Sect. Scient. Acad. Roum. Bucuresti, 1923, v. VIII, N. 10, pp. 239-251.

**[DN50]** (1923) Illuminations crepusculaires du 2 juillet 1923 (Note presentee a l'Academie Roumaine le 13 juillet 1923. AA(Observatoire Astronomique Dubasarii Vechi, La Bessarabie, Romania). Bull. Sect. Scient. Acad. Roum. Bucuresti, 1923, v. VIII, N 10, p. 251 - 252.

**[DN51]** (1923) Iluminăția crepusculară din 2 iulie 1923 (prezentat Academiei Române la 13 iulie 1923), *Natura, Supliment*, 1923, v. XII, N. 11, septembrie 1923.

**[DN52]** (1923) Sur une methode nouvelle d'investigation des phenomenes solaires. (Presente a l'Academie Roumaine le 8 juin 1923). AA (Observatoire astronomique Dubasarii Vechi, La Bessarabie, Romania). Bull. Sect. Scient. Acad. Roum., 1923, v. VIII, N. 9, pp. 231-237, Bucuresti; *Cartea Romaneasca*, Bucarest, 1924, 7 p.

**[DN53]** (1924) Semaine Internationale des Nuages du 24 au 30 September à l'Observatoire d'astronomie Physique sis parc Dubosarii Vechi. AA(Observatoire astronomique Dubasarii

Vechi, Bessarabia, Romania). Bull. Sect. Scient. Acad. Roum. Bucuresti, 1924 – 1925, v. IX, N. 5-6, pp. 106 - 113.

**[DN54]** (1926) Observatorul de Astronomie Fizica din Dubăsarii Vechi, Basarabia, afiliat Fundației Principile Carol (Raportul astronomului Nicolae Donici). Fundația Culturală Principile Carol 1922-1925, 1926, p. 115 - 117.

**[DN55]** (1926) Rapport sur le travaux du deuxième Congrès de l'Union astronomique internationale tenu a Cambridge (Angleterre) en 1925. AA (Observatoire astronomique Dubosarii Vechi (Starya Doubossary). Academia Roumaine, Bucuresti, 1926, Cartea romaneasca (Text: French).

**[DN56]** (1927) O metodă nouă pentru studiul fenomenelor solare. (In Romanian). AA(Membru Onorar al Academiei Romane, Membru activ al Sectiei Stiintifice a "Astrei" Basarabene, conferință susținută la 21 mai 1927). (Biblioteca "Astrei Basarabene", N 9, 8 p.). Tipografia Eparhială „Cartea românească”, Chișinău 1927.

**[DN57]** (1928) Observatorul de Astronomie Fizica din Dubăsarii Vechi (Basarabia), afiliat Fundației Principile Carol. (Raportul astronomului Nicolae Donici). (The Observatory of Physical Astronomical placed în the Dubasarii Vechi (Bessarabia, Romania). Natura (București), 1928, v. XVII, XVIII, N. 5, pp. 28-30.

**[DN58]** (1929) Observatorul de astronomie fizica situat in parcul din Dubosarii Vechi (Basarabia), 1908-1928 (afiliat „Fundației Culturale Regele Mihai I” ca secție a ei în ziua de 18 iunie 1924). The Observatory of Physical Astronomy placed in the parc of Dubasarii Vechi (Bessarabia, Romania) (1908-1928). (Raport ținut la ședința de la 15 februarie 1929.) AA (The Observatory of Physical Astronomical placed în the Dubasarii Vechi (Bessarabia, Romania). București, „Cultura Națională”, 1929; Memoriile Secțiunii Științifice a Academiei Române, 1929, Seria III, v. VI, N. 3, pp. 77 – 92, Cultura Națională, București.

**[DN59]** (1929) Al treilea Congres al Uniunii Astronomice Internationale ținut la Leyden (Olanda) de la 5 la 13 iulie 1928. (Raport ținut la ședința din 27 mai 1929). AA (Astronomical Observatory Dubasarii Vechi (Bessarabia, Romania) and Romanian Academy). (The third Congress of the International Astronomical Union held in Leyden (Netherlands) from 5 to 13 July 1928). Memoriile Secțiunii Științifice a Academiei Române, 1929, Seria III, v. VI, N. 5, p. 143 – 149.

**[DN60]** (1929) Bolid stralucitor. (Fireball). (Observat la Dubăsarii Vechi la 9 iunie 1929, ora 21 și 21 de minute). AA (Astronomical Observatory Dubasarii Vechi (Bessarabia) and Romanian Academy). Academia Română, Anale, v. L, ședințele din 1919 – 1930, ședința din 28 iunie 1929, p. 15, Imprimeria Naționașă, București, 1930.

**[DN61]** (1929) Cutremur de pamant. (Earthquake.) (Simțit la 1 noiembrie 1929, ora 9 și 54 de minute la Dubăsarii Vechi). AA(Astronomical Observatory Dubasarii Vechi (Bessarabia). Academia Română, Anale, v. L, ședințele din 1919 – 1930, ședința din 8 noiembrie 1929, p. 34, Imprimeria Naționașă, București, 1930.

**[DN62]** (1931) Raportul preliminar despre observațiile luminii zodiacale făcute în Egiptul de Sus. AA (Astonomical Observatory in Dubasarii Vechi, Bessarabia, Romania). Analele Acad. Române, ședințele din 1930 – 1931. (The preliminary report on the observations of the zodiacal light made in Upper Egypt. Acad. Rom., Anale, sessions from 1930-1931). Bucuresti, 1931, Imprimeria Nationala.

**[DN63]** (1933) Observations de l'eclipse totale de soieil du 31 aout 1932 (Au Cap Porpoise (Maine, Etats Unis d'Amérique). (Rapport preliminaire presente a l'Academie Roumaine le 16 juin 1933). AA (Astronomical Observatory Dubasarii Vechi, Bessarabia, Romania). Bull. Sect. Scient. Acad. Roum. Bucuresti, 1933, v. XVI, N. 4 - 5, p. 96 - 99. (extras, 4 p.).

**[DN64]** (1933) Al patrulea Congres al Uniunii Astronomice Internationale ținut la Cambridge (Massachusetts) la 2 septembrie 1932. (Raport ținut la ședința din 30 iunie 1933). (The 4th Congress of the International Astronomical Union held in Cambridge (Massachusetts) on 2

september 1932 ) AA (Astronomical Observatory in Dubasarii Vechi, Bessarabia, Romania; Romanian Academy). Memoriile Secțiunii Științifice a Academiei Române, 1933, Seria III, v. IX, N. 6, pp. 225 – 231; Extras, București, 1933, „Impr. Națională”, 7 p.

**[DN65]** (1933) Observatorul de Astronomie Fizica situat in parcul din Dubosarii Vechi (Basarabia), 1908-1933. (Afiliat „Fundației Centrale Principile Carol” ca secție a ei în ziua de 18 iunie 1924). (The Observatory of Physical Astronomy placed in the Parc of Dubasarii Vechi (Bessarabia). 1908-1933. AA(Astronomical Observatory Dubasarii Vechi, Bessarabia, Romania). Ediție specială. Bucuresti: Tip.. "Litera", 1933, 25 p.

**[DN66]** (1936) Sur la photographie du spectre de l'atmosphère Solaire a radiations monochromatique (French). (Note presente dans la seance du 24 mai 1935). AA (Observatoire Astronomique Doubossary Vechi, La Bessarabie, Romania; l'Academie Roumaine). Bull. Sect. Scient. Acad. Roum. Bucuresti, 1935 – 1937, v. XVII, N. 3 (1936), pp. 54 - 59; Errata pp. 218-219.

**[DN67]** (1937) Observations de Saturne a l'epoque de la disparition de Son anneau, le 28 - 29 decembre 1936 (French). AA (Astronomical Observatory, Dubasarii Vechi, Bessarabia, Romania). Bull. Sect. Scient. Acad. Roum, 1937, v. XVIII, N. 8 - 9, pp. 204-205; București 1937, „Impr. Națională”, 2p.

**[DN68]** (1937) La planete Saturne (French). AA (Observatoire astronomique Doubasarii Vechi, La Bessarabie, Romania; l'Academie Roumaine). L'Astronomie: Bull. Soc Astr. France., 1937, v. 51, pp. 240 - 241.

**[DN69]** (1937) Al cincilea Congres al Uniunii Astronomice Internationale ținut la Paris intre 10 si 17 iulie 1935. (Raport ținut la ședința din 12 martie 1937.) (The 5-th Congress of the International Astronomical Union held in Paris between 10 and 17 July 1935.) AA (The Astronomical Observatory in Dubasarii Vechi, Bessarabia, Romania and the Romanian Academy). București 1937, 7 p.; Academia Română. Memoriile Secțiunii științifice, 1937, Seria III, v. XII, N. 10, pp. 269 – 275.

**[DN70]** (1938) Observations de l'eclipse totale de Soleil du 19 juin 1936 a Ineboli (Turquie) (French). Rapport de la Mission astronomique et meteorologique des Foundations culturelles Royales de Roumanie, prezente le 27 november 1937. AA(Observatoire astronomique Dubasarii Vechi, La Bessarabie, Romania; l'Academie Roumaine). Memoriile Secțiunii științifice a Academiei Române. București, Seria III, 1938, v. XIV, N 2, pp. 61 – 79 (+ 3 pl.).

**[DN71]** (1939) L'eclipse totale de Soleil du 19 juin 1936 (Turquie) (French). AA(Observatoire astronomique Dubasarii Vechi, La Bessarabie, Romania; l'Academie Roumaine). L'Astronomie, 1939, v. 53, p. 87.

**[DN72]** (1941) Adeziunea Romaniei la Uniunea Astronomica Internationala. Al saselea congres al Uniunii ținut la Stockholm intre 3 si 10 august 1938. (Raport prezentat în ședința de la 14 iunie 1940.) AA (The Astronomical Observatory Dubasarii Vechi, Bessarabia, Romania and Romanian Academy). (The adhesion of Romania to the International Astronomical Union. The 6-th Congress of the IAU held in Stockholm between 3 and 10 august 1938). Memoriile Secțiunii Științifice a Academiei Române, Seria III, 1940 – 1941, v. XVI, N. 1, pp. 1 – 7.

**[DN73]** (1941) În memoria soților Urseanu. „Marea noastră”, 1941, v. X, N. 1-3, p. 41.

**[DN74]** (1948) Sur la forme et l'intensite de la lumiere zodiacale. AA (L'Academie Roumaine). Annales de Geophysique, Paris, 1948, v. 4, N. 3, pp. 259 - 262.

**[DN75]** (1949) Variations d'aspect de la lumiere zodiacale observees le 24 mars 1946 a Tamanrasset (Hoggar, Algerie Meridionale). AA (L'Academie Roumaine).Annales de Geophysique, Paris, 1949, v. 5, N. 2, pp. 167 - 170.

**[DN76]** (1951) Formation de nuages mammatus observés le 26 mars 1948 à Tammanrasset (Hoggar, Algérie Méridionale). Annales de Geophysique, Paris, 1951, v. 7, p.136.



**[DN77]** (1952) Observations de la lumiere zodiacale au cours des hivers 1946 - 1947 et 1947 - 1948 a Tamanrasset (Hoggar). AA (L'Academie Roumaine). Comptes Rendus hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences, Paris , 1952, v. 235, N. 6, p. 412 (note de M. Donitch, presentee par M. Andre Danjon, seance du 4 aout 1952).

**[DN78]** (1953) Sur la position de la lumiere zodiacale dans l'espace. AA (L'Academie Roumaine). Bulletin Astronomique, Paris, 1953, v. 17, N. 2, pp. 97 - 105.

**[DN79]** (1955) Nouvelles etudes sur la position de la lumiere zodiacale dans l'espace. AA (L'Academie Roumaine). Bulletin Astronomique, Paris, 1955, v. 20, N. 1, pp. 15 – 26.

**[DN80]** (1955) Ses observation relatives a la position du plan median de la lumiere zodiacale par rapport a la ecliptique. Transaction of the International Astronomical Union (IAU), Dublin, 29 Aug. – 5 Sept. 1955, v. IV. , p. 321.

## STĂRILE STAȚIONARE ALE OSCILATORULUI ARMONIC LINIAR ȘI NIVELURILE DE ENERGIE CORESPUNZĂTOARE

Uliu Florea

Departamentul de Fizică, Universitatea din Craiova  
Str. Al.-I. Cuza 13, Craiova 200585, România

### Rezumat.

*În lucrare se arată cum poate fi utilizată transformata Fourier pentru a determina valorile cuantificate ale energiilor oscilatorului armonic liniar, precum și funcțiile proprii corespunzătoare.*

De pe bine-cunoscutul site Wikipedia (vezi referința [0]), tastând pentru tema „*Oscilatorul armonic liniar în mecanica cuantică*”, obții informația conform căreia stările staționare (proprii) și valorile proprii (energii) ale operatorului Hamiltonian

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} + \frac{m\omega_0^2}{2} x^2 \quad (1)$$

se pot deduce prin oricare din următoarele metode: 1) metoda analitică (Schrödinger); 2) metoda algebrică (Dirac - Fock); 3) metoda polinomială (Sommerfeld). Ceva mai jos, fiecare din aceste metode este prezentată explicit, destul de detaliat. Studenții facultăților la care se studiază Mecanica cuantică (nerelativistă) învață cel puțin una dintre aceste metode (de regulă, metoda Sommerfeld (3), în anii de licență, și metoda Dirac - Fock (2), în anii următori, la masterat). În tratatele reprezentative de Mecanică cuantică (vezi referințele [1]-[11]) aceste metode sunt dezvoltate semnificativ și sunt prezentate numeroase aplicații ale concluziilor acestora.

În rândurile care urmează dorim să vă prezentăm o a patra metodă, diferită de cele trei metode menționate pe site-ul Wikipedia, care se bazează pe utilizarea unei transformate Fourier și pe invocarea proprietăților de paritate pentru funcțiile proprii. Metoda are o frumusețe aparte și merită să fie cunoscută de cât mai mulți fizicieni care lucrează în învățământul superior (cadre didactice și/sau studenți), respectiv în cercetare, ca teoreticieni. Ea a fost elaborată de un cercetător american și a fost publicată în urmă cu un deceniu în lucrarea [12]. Metoda conduce destul de simplu și de direct la aceleași concluzii ca oricare din cele trei metode de care am vorbit mai sus, să le spunem „clasice”. Ea ar putea fi utilizată, cu deplin succes, în cadrul unui curs de Mecanică cuantică, într-o prelegere la nivelul anului al treilea de licență, în locul metodei Sommerfeld sau al metodei Schrödinger.

În cazul de față, ecuația Schrödinger staționară  $\hat{H}\psi_n = E_n\psi_n$  are forma concretă

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi_n(x)}{dx^2} + \frac{m\omega_0^2}{2} x^2\psi_n(x) = E_n\psi_n(x), \quad (2)$$

în care  $m$  este masa punctului material oscilant, iar  $\omega_0 = 2\pi\nu_0$  este pulsația proprie corespunzătoare. După cum se știe, mecanica cuantică cere ca funcțiile proprii  $\psi_n(x)$  să fie funcții cu pătratul modulului lor integrabil în intervalul  $x \in (-\infty; +\infty)$ .

Este convenabil să transcriem ecuația (2) cu ajutorul următoarelor mărimi adimensionale:  $\xi \equiv x/\ell_0$  și  $\varepsilon_n \equiv E_n/\hbar\omega_0$ , în care  $\ell_0 \equiv (\hbar/m\omega_0)^{1/2}$  este o lungime caracteristică a oscilatorului investigat.

Pentru a nu îngreuna în mod inutil scrierea, vom abandona în mod voit indicele inferior  $n$  și ecuația (2) devine

$$\frac{d^2\psi(\xi)}{d\xi^2} + (2\varepsilon - \xi^2)\psi(\xi) = 0. \quad (3)$$

Se vede ușor că ecuația (3) nu își schimbă forma la trecerea de la variabila  $\xi$  la variabila  $-\xi$ . Aceasta înseamnă că dacă  $\psi(\xi)$  este o soluție a ecuației (3) atunci și  $\psi(-\xi)$  va fi o soluție a acestei ecuații. Cu alte cuvinte, funcțiile proprii pot fi alese fie ca funcții pare, fie ca funcții impare. În cele ce urmează vom considera că ele au o paritate bine-definită.

Acum, în locul funcției  $\psi(\xi)$  este convenabil să introducem o nouă funcție, anume

$$\phi(\xi) = \psi(\xi) \exp(-\xi^2/2). \quad (*)$$

Ținând cont de definiția (\*), din ecuația (3) rezultă ecuația

$$\frac{d^2\phi(\xi)}{d\xi^2} + 2\xi \frac{d\phi(\xi)}{d\xi} + (2\varepsilon + 1)\phi(\xi) = 0. \quad (4)$$

Fie  $F(k)$  transformata Fourier a funcției  $\phi(\xi)$ , definită prin relația

$$F(k) = \int_{-\infty}^{+\infty} \phi(\xi) e^{-ik\xi} d\xi. \quad (5)$$

Relația inversă are forma

$$\phi(\xi) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F(k) e^{+ik\xi} dk. \quad (6)$$

Derivatele prezente în ecuația (4) se pot calcula ușor, obținând

$$\frac{d\phi}{d\xi} = \frac{i}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} k F(k) e^{+ik\xi} dk, \quad \text{respectiv} \quad \frac{d^2\phi}{d\xi^2} = -\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} k^2 F(k) e^{+ik\xi} dk. \quad (7)$$

Prima expresie din relația (7) o introducem în ecuația (4). Termenul median al acestei ecuații (jumătate din el) poate fi scris sub forma

$$\xi \frac{d\phi}{d\xi} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \xi F(k) \frac{d}{d\xi} (e^{+ik\xi}) dk = \dots = -\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{+ik\xi}}{2\pi} \frac{d}{dk} (kF(k)) dk. \quad (8)$$

Forma finală a relației (8) s-a obținut în urma unei integrări prin părți, cu considerarea comportării asimptotice  $F(k) \rightarrow 0$  când  $k \rightarrow \pm\infty$ .

Revenim acum în ecuația (4), care se transformă într-o ecuație diferențială de ordinul întâi pentru transformata Fourier  $F(k)$ , anume

$$2k \frac{dF(k)}{dk} = -k^2 F(k) + (2\varepsilon - 1)F(k). \quad (9)$$

Având variabilele separabile, ecuația se poate integra foarte ușor. În final obținem

$$F(k) = C k^{\varepsilon-1/2} \cdot e^{-k^2/4}, \quad (10)$$

în care  $C$  este o constantă de integrare. Revenim în formula (6) și putem scrie

$$\phi(\xi) = C' \int_{-\infty}^{+\infty} e^{+ik\xi} k^{\varepsilon-1/2} \cdot e^{-k^2/4} dk, \quad \text{unde } C' = C / 2\pi \quad (11)$$

Inversând relația de definiție (\*) obținem funcțiile proprii

$$\psi(\xi) = e^{+\xi^2/2} \phi(\xi) = C' e^{+\xi^2/2} \int_{-\infty}^{+\infty} k^{\varepsilon-1/2} \cdot e^{+ik\xi - k^2/4} dk. \quad (12)$$

De aici,

$$\psi(-\xi) = e^{+\xi^2/2} \cdot \phi(-\xi) = C' e^{+\xi^2/2} \int_{-\infty}^{+\infty} k^{\varepsilon-1/2} \cdot e^{-ik\xi - k^2/4} dk = \dots = C' e^{+\xi^2/2} \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} dk (-k)^{\varepsilon-1/2} \cdot e^{+ik\xi - k^2/4}. \quad (13)$$

(forma finală a relației (13) s-a obținut cu schimbarea de variabilă  $k \rightarrow -k$ ).

Comparând expresiile (12) și (13) și având în vedere condiția “de paritate”  $\psi(-\xi) = \pm\psi(+\xi)$ , conchidem că este absolut necesară satisfacerea relației

$$(-1)^{\varepsilon-1/2} = \pm 1, \quad (14)$$

fapt posibil numai dacă „energia adimensională”  $\varepsilon$  este un semiîntreg pozitiv, adică numai dacă

$$\varepsilon_n = n + \frac{1}{2}, \text{ cu } n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (15)$$

Numărul cuantic (principal)  $n$  nu poate fi negativ deoarece astfel de valori ar conduce la funcții proprii  $\psi_n(\xi)$  nefizice (care nu au pătratul modulului lor integrabil).

Din relația (12) obținem imediat forma funcțiilor proprii fizice

$$\psi_n(\xi) = C'_n e^{+\xi^2/2} \int_{-\infty}^{+\infty} k^{\varepsilon_n-1/2} \cdot e^{+ik\xi-k^2/4} dk = C'_n e^{+\xi^2/2} \int_{-\infty}^{+\infty} k^n \cdot e^{ik\xi-k^2/4} dk, \quad (16)$$

ce pot fi reprezentate și sub forma

$$\psi_n(\xi) = C'_n e^{+\xi^2/2} \frac{d^n}{d(i\xi)^n} \left[ \int_{-\infty}^{+\infty} dke^{ik\xi-k^2/4} \right]. \quad (17)$$

Nu este greu de arătat (vezi Anexa) că  $\int_{-\infty}^{+\infty} dke^{ik\xi-k^2/4} = 2\sqrt{\pi} \cdot e^{-\xi^2}$ , astfel că relația (17), a funcțiilor proprii, devine

$$\psi_n(\xi) = C'_n (2\sqrt{\pi}) \cdot e^{+\xi^2/2} \frac{d^n}{d(i\xi)^n} [e^{-\xi^2}]. \quad (18)$$

Cunoscând formula (de tip Rodrigues) ce definește polinoamele lui Hermite-fizice

$$H_n(y) = (-1)^n e^{y^2} \frac{d^n}{dy^n} (e^{-y^2}), \text{ cu } n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (19)$$

și redefinind în mod adecvat constanta de normare, din compararea relațiilor (18) și (19) rezultă

$$\psi_n(\xi) = C''_n e^{-\xi^2/2} H_n(\xi). \quad (20)$$

Pentru determinarea constantei de normare  $C''_n$  se revine la variabila inițială ( $x$ ) scriind

$\xi \equiv x / \ell_0$  cu  $\ell_0 \equiv (\hbar / m\omega_0)^{1/2}$  și se impune condiția  $\int_{-\infty}^{+\infty} \psi_n^*(x) \psi_n(x) dx = 1$ . Cuantificarea energiei este

dată de relația  $E_n = (n + \frac{1}{2})\hbar\omega_0$  cu  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ . Este remarcabil faptul că, în starea fundamentală, cea cu  $n = 0$ , energia este diferită de zero ( $E_0 = \hbar\omega_0 / 2$ ) și că funcția de undă  $\psi_0(x)$  are formă gaussiană. Toate nivelele energetice ale oscilatorului sunt echidistante, adică  $E_{n+1} - E_n = \hbar\omega_0$ .

### Anexă. Calculul integralei din formula (17)

Fie  $Z(k) \equiv -\frac{k^2}{4} + ik\xi$  funcția din exponentul integrandului. Ea se poate scrie și sub forma  $Z(k) \equiv -(\frac{k^2}{4} - ik\xi + A^2 - A^2)$ . Dacă îl alegem pe  $A$  sub forma  $A = i\xi$ , putem forma un pătrat perfect, scriindu-l pe  $Z(k)$  astfel  $Z(k) = -\xi^2 - \left(\frac{k}{2} - (i\xi)\right)^2$ . În locul variabilei de integrare  $k$  vom introduce variabila de integrare  $\gamma \equiv k/2 - i\xi$  și astfel,  $dk = 2d\gamma$ . Acum, integrala din formula (17) are forma indicată mai sus, adică  $\int_{-\infty}^{+\infty} dke^{ik\xi-k^2/4} = 2e^{-\xi^2} \int_{-\infty}^{+\infty} d\gamma \cdot e^{-\gamma^2} = 2\sqrt{\pi} e^{-\xi^2}$ .

**Bibliografie**

0. Site-ul <http://ro.wikipedia.org/wiki/oscilator> armonic liniar(cuantic).
- 1.L.D. Landau, E.M. Lifșitz, *Mecanică cuantică*, Ed. Tehnică, București, 1967.
2. A. Messiah, *Mecanică cuantică*, vol. I, Ed. Științifică, București, 1973.
- 3.Șerban Țițeica, *Mecanică cuantică*, Ed. Academiei, București, 1981; *Curs de Fizică statistică și Teoria cuantelor*, Ed. All, București, 2000.
- 4.B.H. Bransden, C.J.Joachain, *Introducere în mecanica cuantică*, Ed. Tehnică, București, 1995.
5. V. Florescu, *Mecanică cuantică*, vol. 1, Reprografia Universității din București, 1979.
6. L.I. Schiff, *Quantum Mechanics*, McGraw-Hill, New York, 1968.
- 7.P.A.M. Dirac, *The Principles of Quantum Mechanics*, Clarendon Press, 1991.
- 8.I. Merzbacher, *Quantum Mechanics*, John Wiley&Sons, New York, 1974.
9. K. Gottfried, *Quantum Mechanics*, Benjamin, New York, 1966.
10. S. Gasiorowicz, *Quantum Mechanics*, John Wiley&Sons, New York, 1974.
11. H.J. Lipkin, *Quantum Mechanics*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam-London, 1973.
- 12.S.A. Ponomarenko, Am. J. Phys.,vol.72, nr.9, p.1259, (2004).

*Prezentată la redacție: 12 noiembrie 2014*

## REZOLVAREA PROBLEMELOR DE EXTREM LA MECANICĂ PRIN UTILIZAREA INEGALITĂȚII CAUCHY

Conf. univ., dr. POPA MIHAIL  
Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți

### INTRODUCERE

Din diversitatea problemelor de fizică, problemele de maxim și de minim se întâlnesc frecvent în fizică și în tehnică. Sînt binecunoscute și aplicate astfel de situații, cum ar fi energia potențială minimă a unui sistem fizic ce asigură echilibrul său stabil sau cazul minimului suprafeței libere a lichidului dat de tensiunea superficială, ori principiul drumului minim al razei de lumină, ca și principiul acțiunii minime din mecanică. În tehnică astfel de probleme sînt legate de optimizarea unor procese, de obținerea randamentului maxim al unor mașini sau al unor sisteme de transmisie a energiei etc. În fizica școlară, problemele de limită și extrem sînt relativ puțin utilizate, întrucît necesită rezolvări ingenioase, pentru a se suplini cunoștințele de calcul diferențial, pe care elevii le obțin doar în ultima clasă de liceu.

În această lucrare mi-am pus scopul să prezint metodică rezolvării problemelor de extrem de la compartimentul *Mecanica* prin utilizarea inegalității Cauchy și a consecințelor acestora. Pentru aceasta am studiat mai multe surse bibliografice și am rezolvat un număr important de astfel de probleme.

### INEGALITATEA CAUCHY ȘI CONSECINȚELE ACESTEIA

Elevii claselor de liceu trebuie să cunoască următoarea regula: *valoarea medie aritmetică a două numere pozitive a și b nu este mai mică decît valoarea medie geometrică ale acestora, adică*

$$\frac{a+b}{2} \geq \sqrt{ab}, \quad (1)$$

cunoscută în matematică sub denumirea de *inegalitatea Coși*.

În afară de aceasta, este cunoscut că egalitatea  $\frac{a+b}{2} = \sqrt{ab}$  se respectă numai pentru  $a = b$ , iar inegalitatea  $\frac{a+b}{2} > \sqrt{ab}$  se respectă pentru  $a \neq b$ .

De aici, rezultă *teorema despre produsul constant*: *suma a două numere pozitive variabile, al căror produs este constant, are valoare minimă atunci cînd cele două numere sunt egale.*

Din relația (1) rezultă că

$$ab \leq \left(\frac{a+b}{2}\right)^2. \quad (2)$$

Semnul „=” se respectă pentru  $a = b$ , iar semnul „<” – pentru  $a \neq b$ .

Rezultă *teorema despre suma constantă*: *produsul a două numere pozitive variabile, al căror sumă este constantă, are valoare maximă atunci cînd cele două numere sunt egale.*

Din teorema despre produsul constant rezultă *teorema despre suma a două numere reciproc inverse*: *suma a două numere reciproc inverse a și  $\frac{1}{a}$  nu este mai mică decît doi:*

$$a + \frac{1}{a} \geq 2. \quad (3)$$

Într-adevăr, produsul  $a \cdot \frac{1}{a} = 1$  este constant. Însă, dacă  $a = \frac{1}{a}$ , atunci  $a = 1$ , iar suma  $a + \frac{1}{a} = 2$ . Pentru  $a \neq \frac{1}{a}$ , în baza teoremei despre produsul constant, rezultă  $a + \frac{1}{a} > 2$ . De aceea, dacă avem funcția  $y = \frac{1}{x}$ , atunci  $(y + x)_{\min} = 2$ .

## REZOLVAREA PROBLEMELOR DE EXTREM

Problemele de extrem rezolvate prin utilizarea inegalității Cauchy și a consecințelor acesteia pot fi grupate în:

- probleme de extrem rezolvate prin utilizarea teoremei despre produsul constant;
- probleme de extrem rezolvate prin utilizarea teoremei despre suma constantă;
- probleme de extrem rezolvate prin utilizarea teoremei despre suma a două numere reciproc inverse.

În continuare, vom prezenta rezolvarea câtorva probleme de la compartimentul *Mecanică*.

**Problema 1.** Două autovehicule  $A_1$  și  $A_2$  pornesc simultan din același punct  $M$  și se deplasează în aceeași direcție și în același sens cu vitezele  $v_1$  și  $v_2$  ( $v_1 < v_2$ ), descriind un drum rectiliniu. După cât timp de la pornire, unghiul  $\alpha$  sub care se văd autovehiculele dintr-un punct  $P$ , situat la distanța  $PM = d$ , este maxim? (Fig. 1)

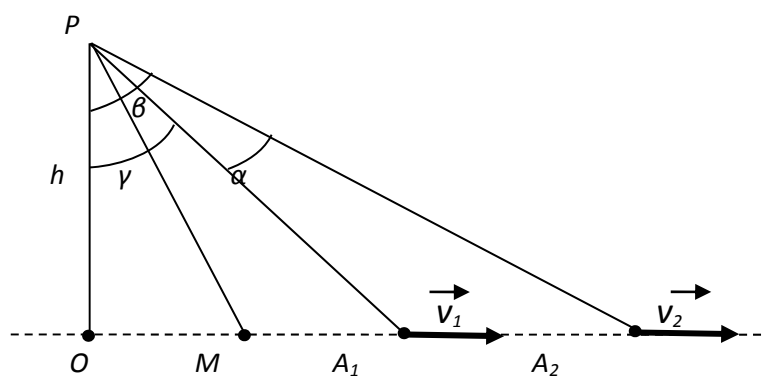


Fig. 1. Compararea a două mișcări rectilinii uniforme

**Rezolvare:** Notăm  $MO = d_1$  depărtarea punctului  $M$  față de piciorul perpendicularei duse din  $P$  în  $O$  și cu  $PO = h$  lungimea acestei perpendiculare.

După timpul  $t$  de la pornire, distanțele parcurse de cele două autovehicule în mișcarea uniformă și rectilinie vor fi:

$$MA_1 = v_1 \cdot t < MA_2 = v_2 \cdot t, \quad v_1 < v_2.$$

Din Fig. 1 rezultă că  $\alpha = \beta - \gamma$ , astfel că:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \gamma}{1 + \operatorname{tg} \beta \cdot \operatorname{tg} \gamma}. \quad (4)$$

Din  $\triangle POA_2$ , avem

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{OA_2}{PO} = \frac{OM + MA_2}{PO} = \frac{d_1 + v_2 t}{h}, \quad (5)$$

iar din  $\triangle POA_1$ , avem

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{OA_1}{PO} = \frac{OM + MA_1}{PO} = \frac{d_1 + v_1 t}{h}. \quad (6)$$

Substituind relațiile (5) și (6) în (4), obținem

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h(v_2 - v_1)}{\frac{h^2 + d_1^2}{t} + v_1 v_2 t + d_1(v_1 + v_2)}. \quad (7)$$

Dar, cum se vede din Fig. 1:

$$h^2 + d_1^2 = PM^2 = d^2, \quad (8)$$

și deci

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h(v_2 - v_1)}{\frac{d^2}{t} + v_1 v_2 t + d_1(v_1 + v_2)}. \quad (9)$$

Unghiul  $\alpha \rightarrow \max$  dacă  $\frac{d^2}{t} + v_1 v_2 t \rightarrow \min$ . Conform *teoremei despre produsul constant*, suma a două numere pozitive variabile, al căror produs este constant, are valoare minimă, atunci când cele două numere sunt egale. Rezultă că

$$\frac{d^2}{t} = v_1 v_2 t \Rightarrow t = \frac{d}{\sqrt{v_1 v_2}}. \quad (10)$$

**Problema 2.** Două corpuri A și B sunt lăsate să cadă liber de la înălțimea H. Corpul A cade liber pînă la sol, iar corpul B întâlnește la înălțimea h, față de sol, un plan înclinat cu unghiul  $\alpha = 45^\circ$  față de orizontală, cu care se ciocnește perfect elastic. Să se calculeze înălțimea  $h \in [0, H]$ , pentru care raportul dintre timpul  $t_B$  de cădere pînă la sol a corpului B și timpul  $t_A$  de cădere a corpului A este maxim. Se neglijează rezistența aerului.

**Rezolvare:** Timpul de cădere liberă a corpului A (Fig. 2) se determină prin relația:

$$H = \frac{gt_A^2}{2} \Rightarrow t_A = \sqrt{\frac{2H}{g}}, \quad (11)$$

iar timpul de cădere a corpului B se compune din doi timpi de cădere pe porțiunile  $BB'$  și  $B'B''$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} t_B = t_{B1} + t_{B2} \\ H - h = \frac{gt_{B1}^2}{2} \Rightarrow t_{B1} = \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}} \\ h = \frac{gt_{B2}^2}{2} \Rightarrow t_{B2} = \sqrt{\frac{2h}{g}} \end{array} \right\} \Rightarrow t_B = \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}} + \sqrt{\frac{2h}{g}}. \quad (12)$$

Facem raportul celor doi timpi:

$$\frac{t_B}{t_A} = \frac{\sqrt{\frac{2(H-h)}{g}} + \sqrt{\frac{2h}{g}}}{\sqrt{\frac{2H}{g}}} = \sqrt{1 - \frac{h}{H}} + \sqrt{\frac{h}{H}}. \quad (13)$$

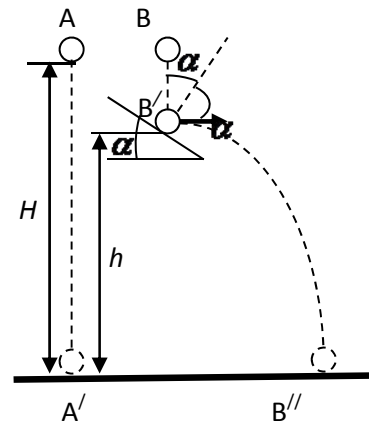


Fig. 2. Compararea a două mișcări



Notînd  $\frac{h}{H} = x$ , unde  $x \in [0,1]$ , obținem

$$\frac{t_B}{t_A} = \sqrt{1-x} + \sqrt{x} \Rightarrow \left(\frac{t_B}{t_A}\right)^2 = 1 + 2\sqrt{x(1-x)}. \quad (14)$$

Conform **teoremei despre suma constantă** produsul a două numere pozitive variabile, al căror sumă este constantă, are valoare maximă atunci cînd cele două numere sunt egale.

Rezultă că  $\frac{t_B}{t_A} \rightarrow \max$ , atunci cînd

$$x = 1-x \Rightarrow 2x = 1 \Rightarrow x = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{h}{H} = \frac{1}{2} \Rightarrow h = \frac{H}{2}. \quad (15)$$

Înlocuind valoarea lui  $x$  din relația (15) în (14) obținem:

$$\left(\frac{t_B}{t_A}\right)_{\max} = \sqrt{2}. \quad (16)$$

**Problema 3.** Două forțe concurente  $F_1$  și  $F_2$ , ale căror direcții fac un unghi  $\alpha$ , au mărimi variabile, însă suma acestor mărimi este constantă și este egală cu  $F$ . Să se determine mărimea fiecăruia din cele două forțe, astfel încît mărimea rezultantei lor  $R$  să fie minimă, precum și această valoare minimă. Să se analizeze rezultatul obținut în funcție de unghiul  $\alpha \in [0, \pi]$ , considerînd trei cazuri:  $\alpha < \frac{\pi}{2}$ ,  $\alpha > \frac{\pi}{2}$  și  $\alpha = \frac{\pi}{2}$ .

Aplicație numerică:  $\alpha = 60^\circ$  și  $F = 4N$ .

**Rezolvare:** Rezultanta  $R$  a celor două forțe se determină prin aplicarea teoremei cosinusului în triunghiul forțelor (Fig. 3):

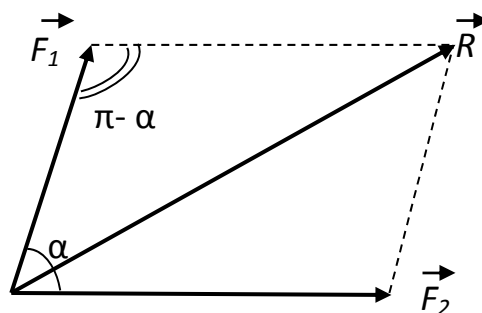


Fig. 3. Rezultanta a două forțe concurente

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos(\pi - \alpha). \quad (17)$$

de unde, obținem

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 \pm 2F_1F_2 \cos \alpha}. \quad (18)$$

Semnul “ + ” în relația (18) se pune dacă  $\alpha < \frac{\pi}{2}$ , iar semnul “ - ” se pune dacă

$\alpha > \frac{\pi}{2}$ . Dacă  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  este evident că produsul  $2F_1F_2 \cos \alpha$  este nul.

Luînd în considerare enunțul problemei, avem

$$F_1 + F_2 = F \Rightarrow F_1^2 + F_2^2 = F^2 - 2F_1F_2. \quad (19)$$

Substituind relația (19) în (18), obținem:

$$R = \sqrt{F^2 - 2F_1F_2(1 \mp \cos \alpha)}. \quad (20)$$

Conform **teoremei despre suma constantă** produsul a două numere pozitive variabile, al căror sumă este constantă, are valoare maximă atunci cînd cele două numere sunt egale.

Rezultă că  $R \rightarrow \max$ , atunci cînd  $2F_1F_2 \rightarrow \max$ , iar aceasta se îndeplinește dacă

$$F_1 = F_2 = \frac{F}{2}. \quad (21)$$

În acest caz

$$R = F \sqrt{\frac{1 \pm \cos \alpha}{2}}. \quad (22)$$

Consecințe:

- dacă  $\alpha < \frac{\pi}{2}$ ,  $R_{min} = F \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = 4N \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 2\sqrt{3}N$ ;
- dacă  $\alpha > \frac{\pi}{2}$ ,  $R_{min} = F \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 4N \cdot \frac{1}{2} = 2N$ ;
- dacă  $\alpha = \frac{\pi}{2}$ ,  $R_{min} = \frac{F\sqrt{2}}{2} = 2\sqrt{2}N$ .

**Problema 4 (problema lui Huygens)** Trei bile perfect elastice de mase  $m_1$ ,  $m_2$  și  $m_3$  sunt așezate în linie dreaptă pe un plan neted fără frecări. Se imprimă primei bile viteza  $v_1$ ; ea ciocnește bila a doua, iar aceasta ciocnește la rândul ei bila a treia. Să se calculeze pentru ce valoare a masei  $m_2$  bila a treia va avea viteza maximă și să se determine această viteză maximă.

**Rezolvare:** Scriem legea conservării impulsului și legea conservării energiei la ciocnirea bilelor de masă  $m_1$  și  $m_2$ :

$$m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2'; \quad (23)$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}. \quad (24)$$

Din relația (23) exprimăm  $v_1'$ , expresia căruia o înlocuim în relația (2.56) și făcând transformările de rigoare obținem:

$$v_2' = \frac{2m_1 v_1}{m_1 + m_2}. \quad (25)$$

Scriem legea conservării impulsului și legea conservării energiei la ciocnirea bilelor de masă  $m_2$  și  $m_3$ :

$$m_2 v_2' = m_2 v_2'' + m_3 v_3'; \quad (26)$$

$$\frac{m_2 v_2'^2}{2} = \frac{m_2 v_2''^2}{2} + \frac{m_3 v_3'^2}{2}. \quad (27)$$

Din relațiile (26) și (27), cu utilizarea relației (25), obținem:

$$v_3' = \frac{4m_1 v_1}{m_2 + \frac{m_1 m_3}{m_2} + m_1 + m_3}. \quad (28)$$

Condiția  $v_3' \rightarrow \max$  se îndeplinește dacă  $m_2 + \frac{m_1 m_3}{m_2} \rightarrow \min$ . Conform **teoremei**

**despre produsul constant**, suma a două numere pozitive variabile, al căror produs este constant, are valoare minimă, atunci când cele două numere sunt egale. Rezultă că

$$m_2 = \frac{m_1 m_3}{m_2} \Rightarrow m_2 = \sqrt{m_1 m_3} . \quad (29)$$

Substituind relația (2.61) în (2.60) obținem

$$v_3' = \frac{4m_1 v_1}{(\sqrt{m_1} + \sqrt{m_2})^2} . \quad (30)$$

Șirul problemelor de acest tip poate continua. Este important aplicarea corectă a algoritmilor descriși în problemele rezolvate.

## CONCLUZII

În concluzie, rezolvarea problemelor de maxim și minim contribuie eficient la realizarea competențelor transdisciplinare, formulate în Curriculumul național, realizează atât integrarea diferitor achiziții matematice cu cele dobândite în cadrul studierii altor discipline școlare, cât și utilizarea acestora în diverse domenii. Importanța acestor probleme este deosebită din punctul de vedere al aplicațiilor practice în tehnică, tehnologie, economie și de ce nu, chiar în societate.

Importanța acestui studiu rezultă din faptul că la tema respectivă este puțină informație în literatura de specialitate. Pe de altă parte această temă este destul de actuală, deoarece problemele de limită și extrem sunt prezente la diferite concursuri și olimpiade naționale și internaționale de fizică.

## BIBLIOGRAFIE

1. Sfichi, R., *Probleme de limită și extrem în fizică*, București, Editura did. și pedagogică, 1979.
2. *Всероссийские олимпиады по физике*, под ред. С.М.Козела, В.П.Слободянина, Москва, Вербум, 2005, 534с.
3. Hristev, A., *Olimpiadele Internaționale*, cap. *Fizica*, București, Editura Scorpion, 1995.
4. Sfichi, R., Rusu, C., *Cu privire la unele metode elementare de rezolvare a problemelor de extrem la fizică*, Revista de fizică EVRICA, 2002, Nr. 1 (137), p. 19-22.
5. Боровинский, Л.А., *Задачи на максимум и минимум*, Квант, 1973, Nr. 5, с. 43-46.
6. Кембровский, Г., *Экстремумы в задачах по физике*, Квант, 1993, Nr. ¾, с. 59-62.
7. Палей, А.М., *О решении задач по физике на максимум и минимум*, Физика в школе, 1970, Nr. 6, с. 84-85.
8. Ставчанский, Л.С., *Решение экстремальных физических задач методами элементарной математики*, Физика в школе, 1989, Nr. 4, с. 78-80.

**Pentru contact:** *e-mail:* miheugpopa@yahoo.com

**tel. fix:** 0-231-4245,

**tel. mobil:** 068020395

## OLIMPIADA INTERNAȚIONALĂ DE FIZICĂ

Ediția a 45-a

Astana, Kazakhstan, 13–21 iulie 2014

În perioada 13–21 iulie 2014, orașul Astana, capitala Republicii Kazakhstan, a găzduit cea de a 45-a Olimpiadă Internațională de Fizică, la care au participat elevi din 85 de țări. Republica Moldova a fost reprezentată de o echipă formată din cinci elevi, însoțită de doi conducători, în următoarea componență:

1. Calancea Laurențiu, clasa a X-a, Liceul Teoretic "Orizont" Durlești, Chișinău
2. Colibaba Nicoleta, clasa a XI-a, Liceul Teoretic "Orizont" Buiucani, Chișinău
3. Purice Dinu, clasa a XII-a, Liceul Teoretic "Orizont" Durlești, Chișinău
4. Teleșcu Cristian, clasa a XII-a, Liceul Teoretic "Orizont" Durlești, Chișinău
5. Vizitiv Gleb, clasa a X-a, Liceul Teoretic "Orizont" Durlești, Chișinău
6. Evtodiev Igor, profesor universitar, Universitatea de Stat din Moldova, conducător
7. Păgînu Victor, consultant principal, Ministerul Educației, conducător.

Elevii moldoveni au obținut o *medalie de argint* (Colibaba Nicoleta, elevă în clasa a XI-a la Liceul Teoretic "Orizont" Buiucani, Chișinău) și *două medalii de bronz* (Purice Dinu, clasa a XII-a, și Vizitiv Gleb, clasa a X-a, elevi la Liceul Teoretic "Orizont" Durlești, Chișinău).

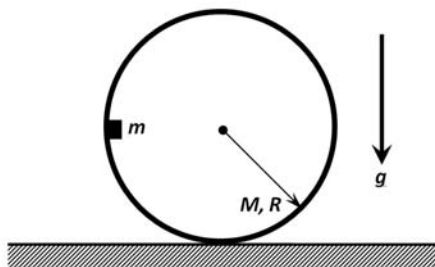


Echipa R. Moldova la cea de a 45-a Olimpiadă Internațională de Fizică, Astana, Kazakhstan, 2014 (de la stânga la dreapta): Victor Păgînu, Laurențiu Calancea, Dinu Purice, Nicoleta Colibaba, Gleb Vizitiv, Cristian Teleșcu, Igor Evtodiev.

**Problema 1 (9 puncte)**

Această problemă constă din trei probleme independente.

**Partea A (3 puncte)**



Un puc mic cu masa  $m$  este așezat cu atenție pe suprafața interioară a unui cilindru gol, cu perete subțire; cilindrul are masa  $M$  și raza  $R$ . Inițial, cilindrul este în repaus pe un plan orizontal și pucul se află în repaus la înălțimea  $R$  deasupra planului orizontal ca în figura din stânga. Găsește expresia modulului forței  $F$ , de interacțiune dintre puc și cilindru, în momentul în care pucul trece prin punctul cel mai de jos al traiectoriei sale. Presupune că nu există frecare între puc și suprafața interioară a cilindrului și că cilindrul se mișcă pe plan fără alunecare. Accelerația gravitațională este  $g$ .

**Partea B (3 puncte)**

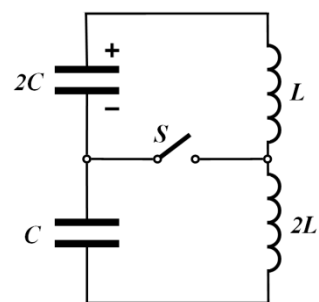
Un balon de săpun cu raza  $r = 5,00$  cm și cu grosimea peliculei  $h = 10,0$   $\mu\text{m}$ , conține un gaz ideal biatomic; balonul se află în vid. Pelicula de săpun are coeficientul de tensiune superficială  $\sigma = 4,00 \cdot 10^{-2} \frac{\text{N}}{\text{m}}$  și densitatea  $\rho = 1,10 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ . 1) Dedu formula căldurii specifice molare a gazului din balon dacă acesta suferă un proces de încălzire suficient de lent astfel încât balonul se află mereu în echilibru mecanic; evaluează valoarea numerică a acestei călduri specifice molare.

2) Dedu formula pulsației  $\omega$  a micilor oscilații radiale ale balonului sferic de săpun și evalueaz-o numeric; capacitatea calorică a peliculei de săpun este mult mai mare decât aceea a gazului din interiorul său. Presupune că echilibrul termic pentru gazul din balon se realizează într-un interval de timp mult mai scurt decât perioada de oscilație.

Indicație: Laplace a arătat că diferența de presiune datorată tensiunii superficiale între fețele unei suprafețe curbate cu raza de curbură  $r$  are expresia  $\Delta p = \frac{2\sigma}{r}$ .

**Partea C (3 puncte)**

Inițial, în circuitul din figura din dreapta, întrerupătorul  $S$  este deschis, condensatorul cu capacitatea  $2C$  este încărcat cu sarcina electrică  $q_0$ , condensatorul cu capacitatea  $C$  este descărcat, iar prin bobinele cu inductanțele  $L$  și  $2L$  curentul electric este nul. Condensatorul cu capacitatea  $2C$  începe să se descarce și în momentul în care curentul prin bobine atinge valoarea maximă, întrerupătorul  $S$  este închis instantaneu. Determină expresia curentului maxim  $I_{\text{max}}$  prin întrerupătorul  $S$  după închiderea acestuia.



**Problema 2. Ecuația de stare Van der Waals (11 puncte)**

În binecunoscutul model al gazului ideal a cărui ecuație de stare este dată de legea Clapeyron-Mendeleev, sunt neglijate unele aspecte fizice importante. În primul rând moleculele gazului real au dimensiuni finite și, în al doilea rând, moleculele interacționează. În toate părțile problemei pe care urmează s-o rezolvi vei studia comportamentul *unui mol de apă*.

**Partea A. Ecuația de stare a gazului neideal. (2 puncte)**

Luând în considerare dimensiunile finite ale moleculelor ecuația de stare a gazelor capătă forma

$$P(V - b) = RT, \tag{1}$$

unde  $P, V, T$  sunt simbolurile folosite respectiv pentru presiunea gazului, pentru volumul său molar și pentru temperatura sa,  $R$  este simbolul constantei universale a gazelor, iar  $b$  este o constantă specifică care se scade din volum.

<b>A1</b>	Estimează expresia constantei $b$ și exprim-o ca funcție de diametrul $d$ al moleculelor <b>(0,3 puncte)</b>
-----------	--

Pentru situația în care se iau în considerare forțele de atracție intermoleculare van der Waals propune o ecuație de stare care descrie corect atât starea lichidă cât și starea gazoasă a materiei. Expresia matematică a acestei ecuații de stare este

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT. \tag{2}$$

În expresie  $a$  este o altă constantă specifică.

La temperaturi  $T$  sub o anumită valoare critică  $T_c$  izoterma din ecuația (2) poate fi reprezentată grafic prin curba nemonotonă marcată cu 1 în Figura 1 – care este cunoscută sub numele de izotermă Van der Waals. Tot în Figura 1 curba marcată cu 2 reprezintă izoterma gazului ideal. O izotermă pentru un gaz real diferă de izoterma Van der Waals printr-o porțiune liniară reprezentată de segmentul  $AB$  trasat pentru o anumită presiune constantă  $P_{LG}$ . Acest segment de dreaptă este localizat între două volume  $V_L$  și  $V_G$ , și corespunde echilibrului dintre faza lichidă (marcată cu  $L$ ) și faza gazoasă (marcată cu  $G$ ). Folosind principiul doi al termodinamicii J. Maxwell a arătat că presiunea  $P_{LG}$  trebuie astfel aleasă încât ariile marcate cu **I** și respectiv cu **II** în Figura 1 să fie egale.

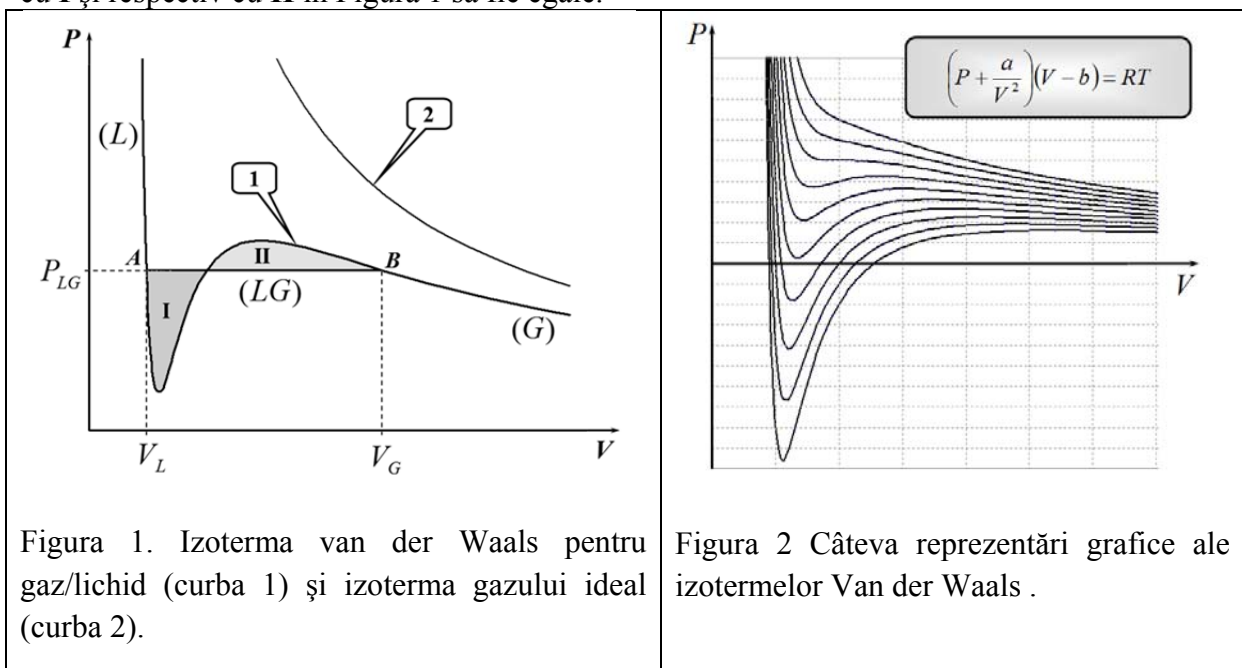


Figura 1. Izoterma van der Waals pentru gaz/lichid (curba 1) și izoterma gazului ideal (curba 2).

Figura 2 Câteva reprezentări grafice ale izotermelor Van der Waals .

La creșterea temperaturii lungimea segmentului de dreaptă  $AB$  din izoterma gazului real se micșorează până ajunge un singur punct pentru care temperatura și presiunea au valorile  $T_c$  și  $P_{LG} = P_c$ , respectiv. Valorile parametrilor  $P_c$  și  $T_c$  sunt numite „critice” și pot fi măsurate experimental cu mare precizie

<b>A2</b>	Exprimă constantele van der Waals $a$ și $b$ în funcție de $T_c$ și $P_c$ . <b>(1,3 puncte)</b>
<b>A3</b>	Pentru apă $T_c = 647$ K și $P_c = 2,2 \cdot 10^7$ Pa. Calculează valorile constantelor $a_w$ și $b_w$ pentru apă. <b>(0,2 puncte)</b>
<b>A4</b>	Estimează valoarea diametrului moleculei de apă, $d_w$ . <b>(0,2 puncte)</b>

### Partea B. Proprietățile gazului și lichidului (6 puncte)

Această parte a problemei tratează proprietățile apei în stare gazoasă și lichidă la temperatura  $T = 100$  °C. Presiunea vaporilor saturați la această temperatură este cunoscută a fi  $p_{LG} = p_0 = 1,0 \cdot 10^5$  Pa, iar masa molară a apei este  $\mu = 1,8 \cdot 10^{-2} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$ .

#### Starea gazoasă

Este rezonabilă presupunerea că inegalitatea  $V_G \gg b$  este validă pentru descrierea proprietăților apei în stare gazoasă.

<b>B1</b>	Dedu formula pentru volumul $V_G$ și exprim-o în funcție de $R, T, p_0$ și $a$ . <b>(0,8 puncte)</b>
-----------	---

Același volum  $V_{G0}$  poate fi evaluat aproximativ utilizând ecuația de stare a gazului ideal.

<b>B2</b>	Evaluează, în procente, scăderea relativă a volumului gazului datorată forțelor intermoleculare, $\frac{\Delta V_G}{V_{G0}} = \frac{V_{G0} - V_G}{V_{G0}}$ . <b>(0,3 puncte)</b>
-----------	--

Dacă volumul sistemului se micșorează sub  $V_G$ , gazul începe să condenseze. Cu toate acestea, un gaz pur poate rămâne într-o stare metastabilă (vapori suprarăciți) până când volumul său ajunge la o anumită valoare  $V_{G\min}$ .

Condiția de stabilitate a gazului suprarăcit la temperatură constantă se scrie:  $\frac{dP}{dV} < 0$ .

<b>B3</b>	Dedu o expresie a raportului $\frac{V_G}{V_{G\min}}$ și evaluează de câte ori poate fi redus volumul vaporilor de apă pentru ca aceștia să rămână încă în starea metastabilă, gazoasă. Scrie valoarea numerică evaluată a raportului $\frac{V_G}{V_{G\min}}$ . <b>(0,7 puncte)</b>
-----------	---

#### Starea lichidă

Pentru descrierea van der Waals a apei în stare lichidă este rezonabil să se presupună că este valabilă inegalitatea  $P \ll a/V^2$ .

<b>B4</b>	Exprimă volumul apei lichide $V_L$ în funcție de $a, b, R$ și $T$ . <b>(1 punct)</b>
-----------	---

## 40 Probleme, concursuri, olimpiade

Presupunând că  $bRT \ll a$ , găsește următoarele caracteristici ale apei. Nu fi surprins dacă unele rezultate numerice ale mărimilor evaluate nu coincid cu valorile bine cunoscute din tabele!

<b>B5</b>	Exprimă densitatea $\rho_L$ a apei lichide în funcție de unele dintre mărimile $\mu, a, b, R$ și evaluează-i valoarea numerică. <b>(0,3 puncte)</b>
<b>B6</b>	Exprimă coeficientul de dilatare volumică $\alpha = \frac{1}{V_L} \frac{\Delta V_L}{\Delta T}$ în funcție de $a, b, R$ și evaluează-i valoarea numerică. <b>(0,6 puncte)</b>
<b>B7</b>	Exprimă căldura specifică de evaporare a apei $L$ în funcție de $\mu, a, b, R$ și evaluează-i valoarea numerică. <b>(1,1 puncte)</b>
<b>B8</b>	Considerând un strat monomolecular de apă, estimează coeficientul de tensiune superficială $\sigma$ al apei. <b>(1,2 puncte)</b>

### Partea C. Sistemul lichid-gaz (3 puncte)

Din regula lui Maxwell (egalitatea ariilor, rezultată printr-o integrare evidentă) și ecuația de stare van der Waals împreună cu aproximația făcută în Partea B se poate arăta că presiunea  $p_{LG}$  depinde de temperatura  $T$  conform relației

$$\ln p_{LG} = A + \frac{B}{T}, \quad (3)$$

în care  $A$  și  $B$  sunt constante care pot fi exprimate în funcție de  $a$  și  $b$  sub forma  $A = \ln\left(\frac{a}{b^2}\right) - 1$ ;  $B = -\frac{a}{bR}$

W. Thomson a arătat că presiunea vaporilor saturați depinde de curbura suprafeței lichidului. Consideră un lichid care nu udă materialul capilarului (unghiul de racordare  $180^\circ$ ). Atunci când capilarul este imersat în lichid, lichidul din capilar coboară până la un anumit nivel datorită tensiunii superficiale (vezi Figura 3).

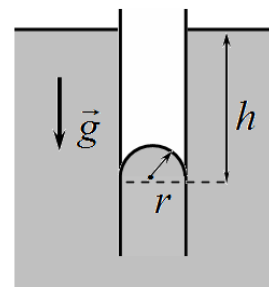


Figura 3. Tub capilar scufundat într-un lichid care nu-i udă pereții.

<b>C1</b>	Determină expresia miciei variații $\Delta p_T$ a presiunii vaporilor saturați deasupra suprafeței curbe a lichidului și exprim-o în funcție de densitatea vaporilor $\rho_s$ , densitatea lichidului $\rho_L$ , coeficientul de tensiune superficială $\sigma$ și raza de curbură $r$ a suprafeței lichidului. <b>(1,3 puncte)</b>
-----------	--

Stările metastabile considerate în partea B3 sunt larg utilizate în montaje experimentale reale - cum sunt camerele cu ceață proiectate pentru observarea particulelor elementare. Astfel de stări apar și în fenomene naturale observabile - cum ar fi apariția picăturilor de rouă matinală. Vaporii suprarăciți se pot condensa producând picături de lichid. Picăturile mici de lichid se evaporă rapid, dar picăturile destul de mari pot continua să crească.



<b>C2</b>	<p>Presupune că după amiază temperatura are valoarea <math>t_e = 20\text{ }^\circ\text{C}</math> și vaporii de apă din atmosferă sunt saturați, dar dimineața temperatura mediului a scăzut puțin, cu <math>\Delta t = 5,0\text{ }^\circ\text{C}</math>. Prsupunând că presiunea vaporilor a rămas neschimbată, estimează raza minimă a picăturilor care pot crește.</p> <p>Folosește valoarea tabelată, constantă, a coeficientului de tensiune superficială al apei <math>\sigma = 7.3 \cdot 10^{-2}\text{ N/m}</math>.</p> <p><b>(1,7 puncte)</b></p>
-----------	--

### Problema 3. Cel mai simplu model de descărcare în gaz (10 puncte)

O descărcare electrică într-un gaz constă în trecerea unui curent electric prin gaz. Există multe tipuri de descărcări în gaze incluzând descărcarea luminescentă în lămpile de iluminat, descărcarea în arc folosită la sudură și bine-cunoscuta descărcare în scânteie care are loc între nori și Pământ sub formă de trăsnet.

#### Partea A. Descărcarea în gaz ne-autoîntreținută (4,8 puncte)

În această parte a problemei se studiază așa-numita descărcare în gaz ne-autoîntreținută. Pentru a menține permanent descărcarea este nevoie de un factor ionizant extern, care creează  $Z_{\text{ext}}$  perechi de ioni simplu ionizați și electroni liberi pe unitate de volum și pe unitate de timp, uniform în volumul gazului.

Când un factor ionizant extern este pornit, numărul de electroni și ioni începe să crească. Creșterea nelimitată a densității numărului de electroni și ioni din gaz este prevenită de către procesul de recombinare în care un electron liber se recombina cu un ion, formând un atom neutru. Numărul de evenimente de recombinare  $Z_{\text{rec}}$ , ce au loc în gaz în unitatea de volum și în unitatea de timp, este dat de

$$Z_{\text{rec}} = r n_e n_i,$$

unde  $r$  este o constantă numită coeficient de recombinare, iar  $n_e$ ,  $n_i$  reprezintă densitatea numărului (concentrația) de electroni, respectiv de ioni.

Presupune că la momentul  $t = 0$  factorul ionizant extern este pornit și că electronii și ionii din gaz au concentrațiile inițiale egale cu zero. În aceste condiții, concentrația electronilor  $n_e(t)$  depinde de timpul  $t$  astfel:

$$n_e(t) = n_0 + a \tanh bt,$$

unde  $n_0$ ,  $a$  și  $b$  sunt constante, iar  $\tanh x$  este tangenta hiperbolică.

<b>A1</b>	<p>Determină <math>n_0, a, b</math> și exprimă-le în funcție de <math>Z_{\text{ext}}</math> și <math>r</math>.</p> <p><b>(1,8 puncte)</b></p>
-----------	---

Presupune că sunt disponibili doi factori ionizanți externi. Când primul este pornit, concentrația de electroni din gaz atinge valoarea de echilibru  $n_{e1} = 12 \cdot 10^{10}\text{ cm}^{-3}$ . Când al doilea factor ionizant extern este pornit, concentrația de electroni atinge valoarea de echilibru  $n_{e2} = 16 \cdot 10^{10}\text{ cm}^{-3}$ .

<b>A2</b>	<p>Determină concentrația de electroni <math>n_e</math> la echilibru când ambii factori ionizanți externi sunt porniți simultan. <b>(0,6 puncte)</b></p>
-----------	--

**Atenție!** În cele ce urmează se presupune ca factorul ionizant extern este pornit pentru o perioadă foarte lungă de timp astfel încât toate procesele au devenit staționare (nu depind de timp). Neglijază câmpul electric datorat purtătorilor de sarcină.

Presupune că gazul umple tubul dintre două plăci plan-paralele conductoare, cu aria suprafețelor  $S$ , separate la distanța  $L \ll \sqrt{S}$  una de alta. Pentru a crea un câmp electric în

## 42 Probleme, concursuri, olimpiade

spațiul dintre plăci, între ele se aplică diferența de potențial  $U$ . Presupune că ambele tipuri de purtători de sarcină au concentrațiile aproape constante de-a lungul tubului.

Presupune că atât electronii (notați cu indicele  $e$ ), cât și ionii (notați cu indicele  $i$ ) capătă aceeași viteză ordonată  $v$  datorită acțiunii câmpului electric cu intensitatea  $E$ ,

$$v = \beta E,$$

unde  $\beta$  este o constantă numită mobilitate a purtătorilor de sarcină.

<b>A3</b>	Exprimă intensitatea curentului electric $I$ în tub în funcție de $U, \beta, L, S, Z_{\text{ext}}, r$ și $e$ - sarcina elementară. <b>(1,7 puncte)</b>
<b>A4</b>	Dedu expresia rezistivității $\rho_{\text{gas}}$ a gazului pentru valori suficient de mici ale tensiunii aplicate și scrie-o în funcție de $\beta, L, Z_{\text{ext}}, r$ și $e$ . <b>(0,7 puncte)</b>

### Partea B. Descărcarea în gaz autoîntreținută (5,2 puncte)

În această parte a problemei, se analizează aprinderea descărcării autoîntreținute în gaz pentru a arăta cum se autoîntreține curentul electric prin gazul din tubul de descărcare.

**Atenție!** În cele ce urmează presupune că factorul ionizant extern continuă să opereze cu aceeași rată  $Z_{\text{ext}}$ , neglijează câmpul electric datorat purtătorilor de sarcină, astfel încât câmpul electric de-a lungul tubului să fie uniform. Recombinările pot fi complet ignorate.

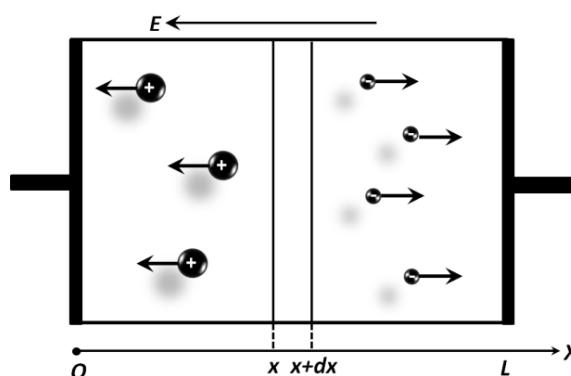
În descărcarea în gaz autoîntreținută există două procese importante care nu au fost luate în considerare mai sus. Primul proces este emisia electronică secundară, iar al doilea constă în formarea avalanșei electronilor. Emisia electronică secundară are loc atunci când ionii lovesc electrodul negativ, numit catod, și electronii sunt smulși din el, mișcându-se apoi spre electrodul pozitiv, numit anod. Raportul dintre numărul de electroni smulși în unitatea de timp  $\dot{N}_e$  și numărul de ioni  $\dot{N}_i$  care lovesc catodul în unitatea de timp este numit coeficient de emisie electronică secundară,  $\gamma = \dot{N}_e / \dot{N}_i$ . Formarea avalanșei electronilor se explică astfel. Câmpul electric accelerează electronii liberi care câștigă suficientă energie cinetică pentru a ioniza atomii gazului prin ciocnire. Ca rezultat, numărul electronilor liberi care se mișcă spre anod crește semnificativ. Acest proces este descris de către coeficientul  $\alpha$  al lui Townsend, ce caracterizează creșterea numărului de electroni cu  $dN_e$  datorită mișcării a  $N_e$  electroni pe distanța  $dl$ , adică

$$\frac{dN_e}{dl} = \alpha N_e.$$

Curentul total  $I$  în orice secțiune transversală a tubului cu gaz constă din curenții ionic  $I_i(x)$  și respectiv electronic  $I_e(x)$ , care, în starea staționară, depind de coordonata  $x$ , ilustrată în figura de mai sus. Curentul electronic  $I_e(x)$  variază de-a lungul axei  $x$  în acord cu formula

$$I_e(x) = C_1 e^{A_1 x} + A_2,$$

unde  $A_1, A_2, C_1$  sunt niște constante.



<b>B1</b>	Determină expresiile coeficienților $A_1, A_2$ și exprimă-le în funcție de $Z_{\text{ext}}, \alpha, e, L, S$ . <b>(2 puncte)</b>
-----------	--

Curentul ionic  $I_i(x)$  variază de-a lungul axei  $x$  în acord cu formula

$$I_i(x) = C_2 + B_1 e^{B_2 x},$$

unde  $B_1, B_2, C_2$  sunt niște constante.

<b>B2</b>	Determină expresiile coeficienților $B_1, B_2$ și exprimă-le în funcție de $Z_{\text{ext}}, \alpha, e, L, S, C_1$ . <b>(0,6 puncte)</b>
<b>B3</b>	Scrie condiția pentru $I_i(x)$ în $x = L$ . <b>(0,3 puncte)</b>
<b>B4</b>	Scrie condițiile pentru $I_i(x)$ și $I_e(x)$ în $x = 0$ . <b>(0,6 puncte)</b>
<b>B5</b>	Determină curentul total $I$ și exprimă-l în funcție de $Z_{\text{ext}}, \alpha, \gamma, e, L, S$ . Presupune că valoarea curentului rămâne finită. <b>(1,2 puncte)</b>

Presupune coeficientul  $\alpha$  al lui Townsend ca fiind constant. Când lungimea tubului este mai mare decât o valoare critică, adică  $L > L_{cr}$ , factorul ionizant extern poate fi oprit și descărcarea devine autoîntreținută.

<b>B6</b>	Dedu $L_{cr}$ și exprimă-l în funcție de $Z_{\text{ext}}, \alpha, \gamma, e, L, S$ . <b>(0,5 puncte)</b>
-----------	--

### Experiment. Să vezi invizibilul! (20 de puncte)

#### Introducere

Multe substanțe manifestă o anizotropie optică prin dependența indicelui de refracție de direcția de propagare a luminii și de polarizarea acesteia. Anizotropia optică poate apare chiar și în materiale izotrope în prezența tensiunilor mecanice, a unei încălziri neuniforme sau în cazul aplicării unui câmp electric extern. Direcția pe care lumina se propagă fără apariția birefringenței este numită axă optică a cristalului.

O schema tradițională a unui experiment pentru studiul anizotropiei optice este prezentată în figură (vezi Fig. 1). Această schemă va fi folosită în problema experimentală.

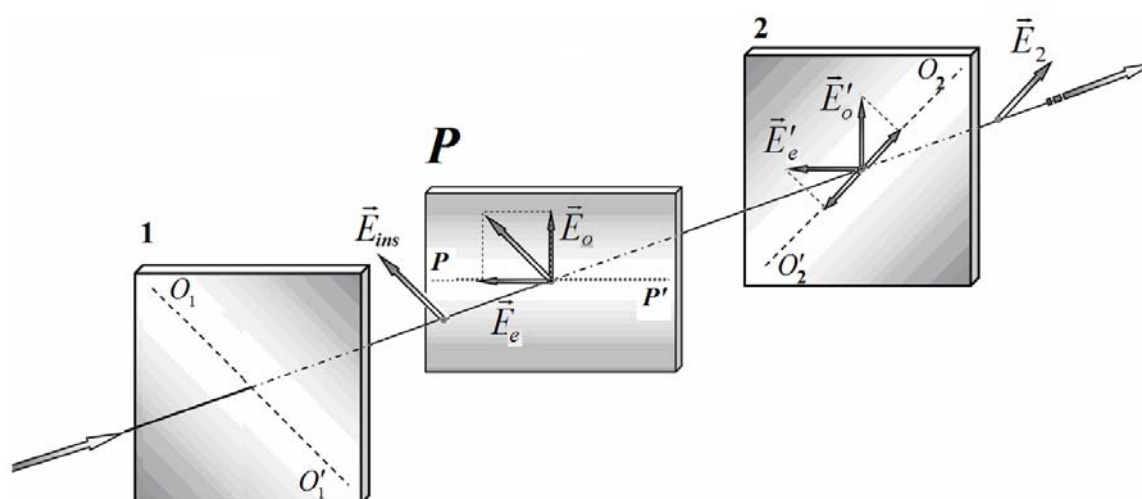


Fig. 1. Schema optică a unui experiment pentru studiul anizotropiei optice .

Lumina cade pe polarizorul 1, al cărui plan de transmisie îi intersectează propriul plan de-a lungul liniei  $O_1O'_1$ . După ce trece prin polarizorul 1 fasciculul de lumină devine polarizat liniar și intensitatea câmpului său electric  $\vec{E}_{ins}$  oscilează numai în planul de transmisie al polarizorului 1. Apoi, fasciculul de lumină polarizată cade pe placa din material optic anizotrop  $P$ . Placa  $P$  este astfel orientată încât axa sa optică  $PP'$ , aflată în planul plăcii face un unghi de  $45^\circ$  cu planul de transmisie al polarizorului 1. Ca urmare, în placa  $P$  sunt generate două unde: una numită ordinară, pentru care intensitatea câmpului electric este  $\vec{E}_o$  - polarizată perpendicular pe axa optică a plăcii, și alta numită extraordinară pentru care intensitatea câmpului electric este  $\vec{E}_e$  orientată de-a lungul axei optice; unda extraordinară este polarizată de-a lungul axei optice a plăcii. Indicii de refracție pentru cele două unde sunt diferiți. Diferența lor este notată cu  $\Delta n = n_o - n_e$ . Diferența indicilor de refracție conduce la apariția între cele două unde a unei diferențe de fază  $\Delta\varphi = 2\pi h\Delta n/\lambda$  – în momentul în care undele ies din placă. (În expresie  $h$  este grosimea plăcii, iar  $\lambda$  este lungimea de undă a luminii incidente în vid). Ca urmare, fasciculul de lumină care iese din placă va fi polarizat eliptic. După ieșirea din placa de material anizotrop optic lumina cade pe polarizorul 2, al cărui plan de transmisie  $O_2O'_2$  este perpendicular pe planul de transmisie al polarizorului 1.

Este ușor de arătat că intensitatea fasciculului de lumină transmis prin placa  $P$  și polarizorul 2 este data de

$$I_2 = kI_0 \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}, \quad (1)$$

unde  $I_0$  este notația folosită pentru intensitatea luminii care cade pe placă,  $k$  este notația pentru coeficientul de transmisie al plăcii  $P$  și polarizorului 2, iar  $\Delta\varphi$  este notația pentru diferența de fază între unda ordinară și unda extraordinară după trecerea prin placa  $P$ .

**În acest experiment nu trebuie să evaluezi erorile decât dacă acest lucru îți se cere în mod explicit!**

**Descrierea montajului experimental se află în Anexa A**

### Partea 1. Observații calitative (3,5 puncte)

#### Partea 1.1. Polarizori (0,8 puncte)

1.1	Determină orientarea planelor de transmisie pentru polarizorul 1 și pentru polarizorul 2 folosind montajul experimental pe care l-ai găsit pe masa de lucru. (Determină prin care dintre diagonalele polarizorilor trec planele de transmisie) Indică aceste plane în figura din Foaia de răspunsuri. (0,8 puncte)
-----	--

#### Partea 1.2. Rigle (1,0 puncte)

**În această parte a probei experimentale folosește ca sursă de lumină dioda luminescentă LED).**

Fixează dioda luminescentă LED ul pe călărețul pentru sursa de lumină și conectează-o la sursa de tensiune. Pe șinele corespunzătoare montează cei doi polarizori cu fețele (marcate cu cifrele 1 și 2) spre sursa de lumină. Asigură-te că polarizorii sunt încrucișați și că – datorită acestui fapt – fasciculul de lumină nu trece prin ansamblul celor doi polarizori). Așează în fața primului polarizor o foaie albă de hârtie plasată pe fața sa dinspre sursa de lumină așa cum este arătat în figura 1B din Anexa B.

Așează rigla de plastic între polarizori. Poți deplasa rigla cu mâna.

1.2.1	Determină direcțiile posibile ale axelor optice pentru riglele de plastic în zona lor centrală. Reprezintă aceste direcții în figura din Foaia de Răspunsuri. (0,4 puncte)
1.2.2	Determină aproximativ distanța de-a lungul riglei #1 și de-a lungul ansamblului de două rigle așezate una peste alta dintre punctele pentru care diferența de fază pentru albastru variază cu $2\pi$ . (0,6 puncte)

**Partea 1.3. Banda (0,8 puncte)**

1.3.1	Determină direcțiile posibile ale axelor optice pentru bandă. Reprezintă-le calitativ în figura corespunzătoare din Foaia de răspunsuri. (0,4 puncte)
-------	---

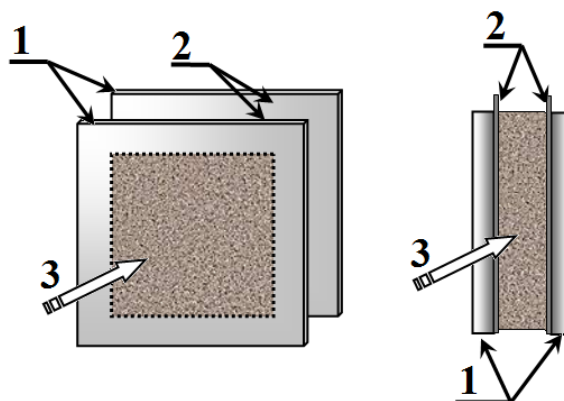
Folosind cleștii fixează banda lungă, flexibilă de plastic pe ecran astfel încât marginile benzii să coincidă cu marginile ecranului. Banda trebuie să fie curbată (vezi Figura 3B). Plasează ecranul cu banda atașată între polarizori. Deplasând lateral ecranul, observă schimbarea culorii benzii. Măsoară coordonatele  $x$  ale punctelor de pe bandă folosind rigla de pe ecran și considerând marginea suportului ecranului ca origine a riglei de pe ecran așa cum se arată în Figura 3B.

*De aici înainte coordonatele vor fi măsurate pe rigla marcată pe ecran. Ca reper utilizează marginea din dreapta a suportului ecranului care este marcată cu o săgeată în Figura 3B.*

1.3.2	Măsoară coordonatele centrelor celor două benzi întunecate vizibile pe banda de plastic: pentru cea din stânga $x_L$ iar pentru cea din dreapta $x_R$ . (0,4 puncte)
-------	--

**Partea 1.4. Celula cu cristale lichide (0,9 puncte)**

Cristele lichide (CL) sunt o stare a materiei intermediară între solidele cristaline și lichidele amorfe. Orientarea moleculelor cristalelor lichide poate fi aliniată cu ușurință prin aplicarea unui camp electric. Celulele cu cristale lichide CCL manifestă fenomenul de anizotropie optică având doi indici de refracție principali. Mărimea diferenței celor doi indici de refracție depinde de tensiunea alternativă (AC) aplicată. Celula cu cristale lichide CCL este compusă din două plăci de sticlă (marcate în desen cu 1) a căror suprafață dinspre interiorul celulei este placată cu un strat conductor transparent (marcat în figură cu 2). Între cele două plăci se află un strat foarte subțire (de aproximativ 10 microni) dintr-o soluție (marcată în figură cu 3) care este un cristal lichid. La plăcile conductoare sunt lipite fire care permit conectarea la sursa de putere AC.



Moleculele lungi ale cristalului lichid sunt orientate paralel cu plăcile atunci când pe celulă nu este aplicată nici o tensiune electrică. Direcția după care se orientează moleculele coincide cu axa optică a cristalului lichid.

Plasează celula cu cristale lichide (CCL) între polarizori. Cuplează-o la sursa sa de tensiune. Variaza tensiunea aplicată pe CCL și observă schimbarea de culoare a luminii transmise prin aceasta.

1.4.1	Determină direcțiile posibile ale axelor optice ale CCL la tensiune aplicată nulă și respectiv la tensiunea maximă posibilă. Desenează aceste direcții în figura din Foaia de Răspunsuri. Axa Z este orientată vertical. (0,6 puncte)
1.4.2	Măsoară tensiunea $U_{cr}$ care, aplicată pe celulă, produce o reorientare rapidă a moleculelor din cristalul lichid cu $90^\circ$ . Asigură-te că multimetrul se află în regimul de măsurare AC – măsoară tensiuni alternative (0,3 points)

**Partea 2. Măsoară! (16,5 puncte)**

*Decuplează dioda luminescentă (LED) de la sursa electrică și detașează-o din montajul experimental. Îndepărtează foaia de hârtie albă cu care ai „mascat” primul polarizor. În această parte a probei vei utiliza ca sursă de lumină laserul; asigură-te că l-ai conectat la sursa sa de energie electrică.*

Fixează laserul, polarizorul 1, ecranul cu fantă și fotodetectorul (o fotodiodă) în suporturile lor. Aliniază optic montajul astfel încât lumina care pleacă de la laser să treacă prin polarizor și prin fanta ecranului și apoi să cadă exact pe fotodiodă. Folosește șurubul 5c pentru a regla lărgimea fascicului, astfel încât lărgimea spotului pe fotodetector să fie de aproximativ 5-6 mm.

Laserul emite lumină polarizată liniar. Folosind inelul 5a care este destinat reorientării laserului, asigură-te că fasciculul laser trece aproape în întregime prin primul polarizor și că axa mare a spotului cu secțiune eliptică este orientată vertical. În cele ce urmează orientarea reciprocă a laserului și fotodetectorului trebuie fixată definitiv cu șuruburile 5d și 5c. Montează al doilea polarizor. Asigură-te că polarizorii sunt încrucișați. În Figura 4B este prezentat montajul experimental complet cu ecranul montat.

**Partea 2.1. Studiul fotodiodei (3,2 puncte)**

Pentru măsurarea intensității luminii este utilă determinarea tensiunii electromotoare a unei fotodiode care depinde într-un mod destul de complicat de intensitatea luminii. Pentru măsurarea intensității luminii în experimentele propuse, se folosește circuitul prezentat în Figura 2. Tensiunea continuă DC este măsurată cu un multimetru iar valoarea acestei tensiuni depinde de intensitatea luminii și de rezistența rezistorului din circuit.

**Obiectivul principal al măsurărilor este determinarea valorii optime a rezistenței rezistorului astfel încât tensiunea pe rezistor să fie proporțională cu intensitatea luminii care cade pe fotodiodă.**

*Pentru măsurările din această parte, îndepărtează de pe bancul optic al montajului experimental cel de-al doilea polarizor și ecranul cu fantă.*

*Filtrele folosite pentru atenuarea fascicului vor fi fixate cu cleștii pe spatele polarizorului așa cum se poate vedea în Figura 5B.*

**Valoarea maximă a tensiunii măsurate trebuie să fie de cel puțin 300 mV.**

Folosind multimetrul poți măsura rezistența rezistorului și tensiunea care se aplică acestuia (desigur, pentru măsurare, selectorul de funcții al multimetrului trebuie așezat în poziția corespunzătoare). Introdu în circuit întrerupătorul; plasează-l într-o poziție adecvată astfel încât să poți măsura cu un singur multimetru atât tensiunea cât și rezistența fără a trebui să modifici circuitul, adică asigură-te că poți face ambele măsurări numai prin re poziționarea selectorului de funcții al multimetrului și prin închiderea și deschiderea întrerupătorului.

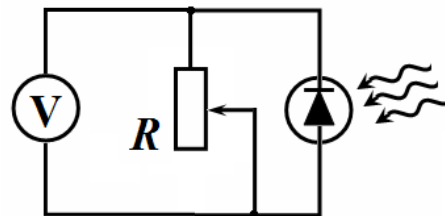


Fig. 2. Circuitul destinat măsurării tensiunii electromotoare a fotodiodei.

2.1.1	Desenează schema circuitului având instalat întrerupătorul astfel încât să fie posibilă măsurarea tensiunii pe rezistor și a rezistenței acestuia prin închiderea sau deschiderea întrerupătorului și re poziționarea selectorului de funcții al multimetrului. (0,2 puncte)
2.1.2	Măsoară tensiunea pe rezistor ca funcție de rezistența sa electrică pentru două valori ale intensității luminii incidente: valoarea maximă (pentru care numărul de filtre folosite este $n = 0$ ) valoarea minimă (pentru care numărul de filtre este $n = 5$ ). Trasează graficele corespunzătoare într-o singură figură. Specifică domeniul de

	rezistențe pentru care diferența de potențial este maximă. (1,0 puncte)
2.1.3	Măsoară tensiunea pe rezistor ca funcție de numărul de filtre $n = 0,1,2,3,4,5$ , care scad intensitatea luminii ce cade pe fotodiodă. Măsurările trebuie făcute pentru trei valori fixate ale rezistenței, având valorile aproximative $R = 30 \text{ k}\Omega$ , $R = 20 \text{ k}\Omega$ și $R = 10 \text{ k}\Omega$ . Trasează graficele corespunzătoare pe o aceeași figură alegând scalele axelor figurii astfel încât să se poată verifica faptul că tensiunea pe rezistor depinde liniar de intensitatea luminii incidente pe fotodiodă, așa cum o înregistrează aceasta. Dintre cele trei valori ale rezistenței menționate mai sus alege-o pe cea mai potrivită, $R_{opt}$ la care vei face în cele ce urmează măsurările asupra luminii. (1,0 puncte)
2.1.4	Folosind datele măsurate, calculează transmitanța filtrului $\gamma = I_{tr}/I_{inc}$ și evaluează-i eroarea, $I_{tr}$ fiind intensitatea luminii transmise și $I_{inc}$ intensitatea luminii incidente. Dacă îți este necesar poți face măsurări suplimentare. (1,0 puncte)

*În continuare, vei face toate măsurările folosind valoarea rezistenței rezistorului pe care ai ales-o ca fiind optimă.*

*Vei presupune în cele ce urmează că intensitatea luminii în unități relative este egală cu tensiunea pe rezistor măsurată în mV.*

**Partea 2.2 Transmisia luminii prin rigle de plastic (5,4 puncte)**

Plasează rigla de plastic între polarizori. Poți mișca rigla cu mâna. Apoi, prinde-o de ecranul cu fantă folosind clamele ca în Figura 2B. Partea de jos a riglei ar trebui să coincidă cu linia desenată pe ecran, iar scale ei ar trebui să fie la partea superioară. Asigură-te că ambele rigle pe care le ai la dispoziție prezintă fenomenul de birefrință. Observă imaginea care apare când pui riglele una peste alta astfel încât lumina să treacă prin ambele.

În această parte utilizează schema optică descrisă în Partea 1.2 și ilustrată în Fig. 4B. Asigură-te ca riglele sunt fixate pe ecran în poziția descrisă în Partea 1.2.

2.2.1	Măsoară intensitatea luminii transmise (în mV) ca o funcție de coordonata $x$ a punctului de incidență al luminii pe riglă, în domeniul $0 \div 10 \text{ cm}$ . Măsurătorile trebuie efectuate pentru fiecare riglă furnizată și pentru cele două rigle suprapuse. În fiecare caz, măsoară valoarea maximă a tensiunii. Reprezintă dependențele corespunzătoare pe același grafic. (2,0 puncte)
2.2.2	Calculează diferența de fază $\Delta\varphi$ dintre undele ordinară și extraordinară pentru fiecare dintre cele două rigle, în intervalul $0 \div 7 \text{ cm}$ . Reprezintă graficul corespunzător, $\Delta\varphi(x)$ . Scrie formula pe care ai utilizat-o pentru a efectua calculele. (1,2 puncte) <i>De notat că diferența de fază nu poate fi univoc determinată din formula (1); pentru a o determina corect este necesară aplicarea unor presupuneri fizice suplimentare.</i>
2.2.3	Presupunând că $\Delta\varphi(x)$ este liniară pentru fiecare riglă $\Delta\varphi_1 = a_1x + b_1,$ $\Delta\varphi_2 = a_2x + b_2,$ calculează valorile numerice ale coeficienților de mai sus pentru riglele 1 și 2. (1,0 puncte)
2.2.4	Utilizând acele date obținute în părțile 2.2.1-2.2.3, calculează valoarea teoretică a

	intensității luminii ce trece prin cele două rigle suprapuse. Scrie formula pe care ai utilizat-o pentru calcule. Reprezintă grafic dependența teoretică pe aceeași figură pe care ai făcut-o în partea 2.2.1.
	<b>(1,2 puncte)</b>

## Part 2.3 Celula cu cristal lichid (CCL) (4,5 puncte)

### Transmisia luminii prin CCL

Plasează CCL între polarizori, așa cum este indicat în Fig. 6B.

*Dependența grafică experimentală care trebuie obținută este puternic nemonotonă, cu domenii de variații destul de abrupte. Ia în considerare acest fapt atunci când efectuezi măsurătorile.*

*Pentru a măsura tensiunea alternativă a sursei de alimentare a celulei și tensiunea continuă de alimentare a fotodetectorului, conectează firele de legătură potrivite direct la multimetru.*

2.3.1	Măsoară intensitatea luminii transmise ca o funcție de tensiunea pe CCL. Reprezintă grafic corespunzător.
	<b>(2,0 puncte)</b>
2.3.2	Calculează diferența de fază dintre undele ordinară și extraordinară $\Delta\varphi_0$ când CCL este deconectat de la sursa de tensiune.
	<b>(1,5 puncte)</b>
2.3.3	Într-un interval suficient de larg de valori ale tensiunii aplicate pe CCL, diferența de fază dintre undele ordinară și extraordinară depinde de tensiunea aplicată după legea putere $\Delta\varphi = CU^\beta.$ Utilizând datele obținute, reprezintă graficul care permite determinarea domeniului de aplicabilitate a legii de mai sus și calcularea exponentului $\beta$ . Specifică acel domeniu de aplicabilitate și evaluează numeric valoarea parametrului $\beta$ .
	<b>(1,0 puncte)</b>

## Partea 2.4 Transmisia luminii prin banda curbată (3,4 puncte)

Prindeți banda din plastic pe ecran, așa cum este descris în partea 1.3.

2.4.1	Măsoară intensitatea luminii transmisă prin sistemul optic ca funcție de coordonata $x$ a punctului în care lumina intră în banda din plastic transparent în intervalul de $\pm 20$ mm de centrul ei. Reprezintă grafic rezultatele obținute.
	<b>(1,2 puncte)</b>
2.4.2	Calculează diferența de fază dintre undele ordinară și extraordinară $\Delta\varphi_0$ , ce trec prin bandă necurbată. Se cunoaște că $\Delta\varphi_0$ se află în intervalul dintre $10\pi$ și $12\pi$ .
	<b>(1,2 puncte)</b>

În vecinătatea mijlocului benzii, forma sa poate fi aproximată ca un arc de cerc cu raza  $R$ . Dependența teoretică a diferenței de fază  $\Delta\varphi$  de distanța  $x$  de la mijlocul benzii,  $x \ll R$ , are forma:

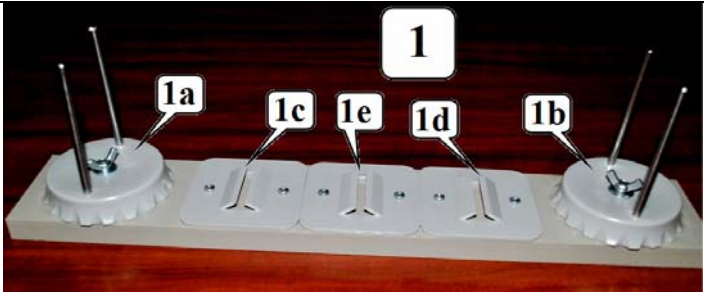
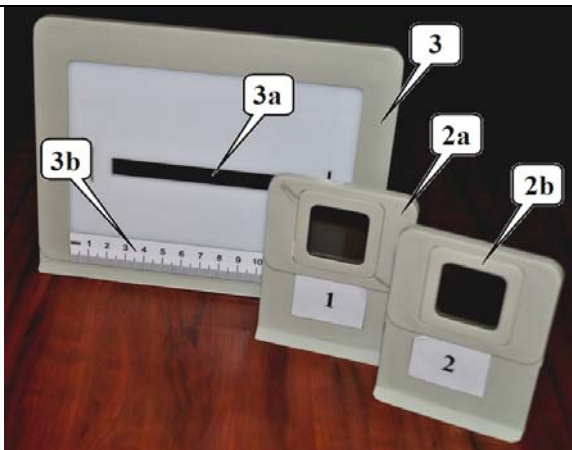
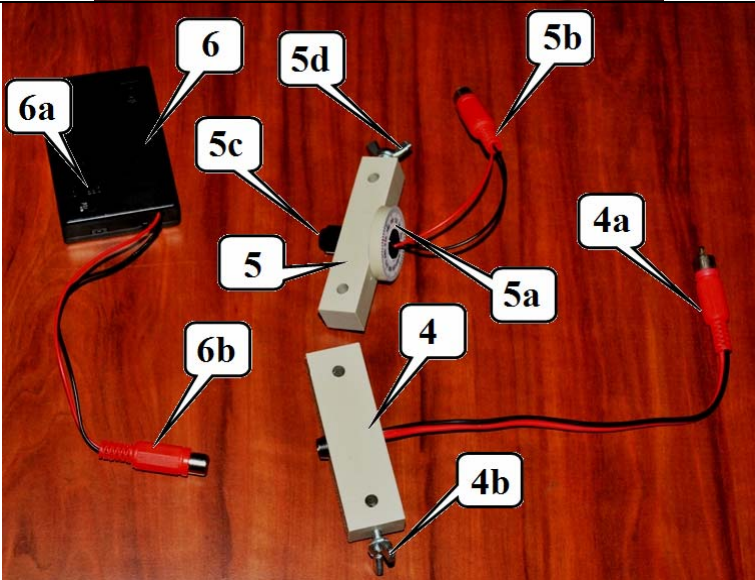
$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_0 \left( 1 + \frac{x^2}{2n^2 R^2} \right),$$

unde  $n = 1.4$ , este indicele de refracție al materialului benzii de plastic.



2.4.3	Utilizând datele obținute în părțile anterioare, calculați raza de curbură $R$ a benzii, în vecinătatea mijlocului ei. <b>(1,0 puncte)</b>
-------	---

**Anexa A. Echipament experimental**

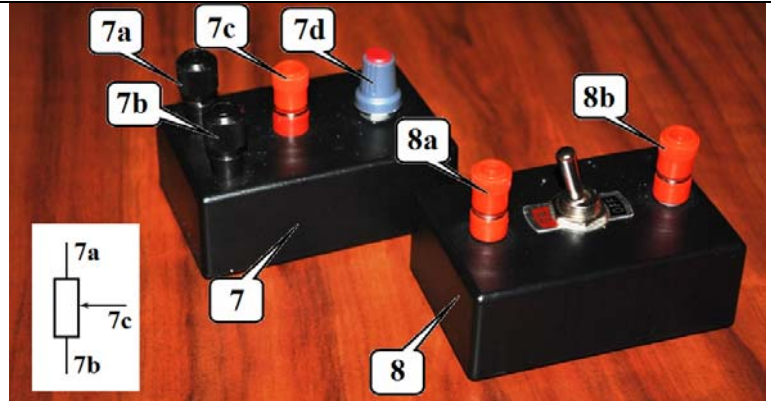
<p><b>Banc optic 1 cu suporturi:</b>                  1a – suport cu piuliță pentru sursa de lumină;                  1b – suport cu piuliță pentru fotodetector;                  1c, 1d – suporturi pentru polarizori;                  1e – suport pentru ecran și pentru celula cu cristal lichid (CCL).</p>	
<p>2a, 2b – polarizori pe suporturi. Sunt marcați cu numerele 1 și 2 pe câte una dintre fețele suporturilor.  <b><i>Polarizorii trebuie instalați cu fețele marcate spre sursa de lumină!</i></b>                  Planele de transmisie ale polarizorilor fac un unghi de <math>45^\circ</math> cu orizontala.                  3 – ecran cu o fantă (3a) și scală gradată (3b)</p>	
<p><b>Surse de lumină:</b>  <b>4 – Diodă luminescentă (LED):</b>                  4a – fire pentru conectare la sursa de alimentare;                  4b – piuliță de fixare;  <b>5 – laser:</b>                  5a – disc cu scală pentru rotirea laserului (scala nu este utilizată);                  5b – fire pentru conectare la sursa de alimentare;                  5c – șurub pentru ajustarea lărgimii fasciculului;                  5d – piuliță de fixare;  <b>6 – sursă de alimentare pentru sursele de lumină:</b>                  6a – comutator;                  6b – fire pentru sursa de lumină.  <b><i>Mențineți sursa pornită numai în timpul efectuării măsurărilor!</i></b>  <b><i>Nu îndreptați fasciculul laser spre ochii nimănui, este foarte periculos!</i></b></p>	

**7 – rezistor variabil:**

7a, 7b, 7c – terminale pentru conectarea la circuit;  
7d – buton pentru modificarea rezistenței.

**8 – comutator:**

8a, 8b – terminale pentru conectarea în circuit.

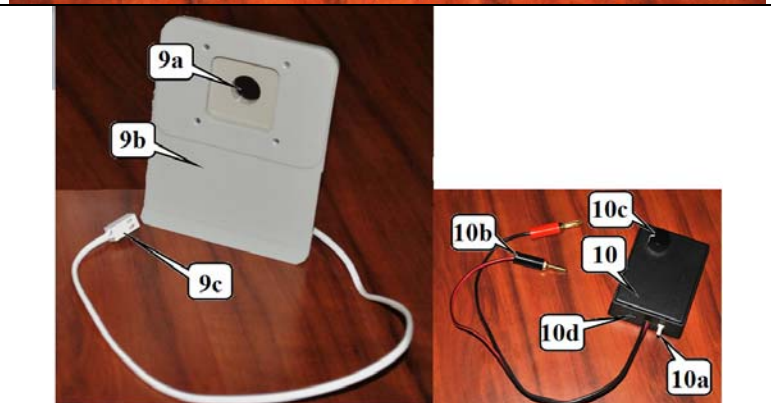


9a – celula cu cristal lichid (CCL) 9a în suport (9b), 9c – fir pentru conectarea la sursa de tensiune;

**10 – sursa de tensiune pentru CCL:**

10a – conector pentru CCL;  
10b – fire pentru măsurarea tensiunii de ieșire;  
10c – șurub pentru ajustarea tensiunii de ieșire;  
10d – întrerupător on/off.

***Mențineți sursa în funcție numai atunci când efectuați măsurători!***



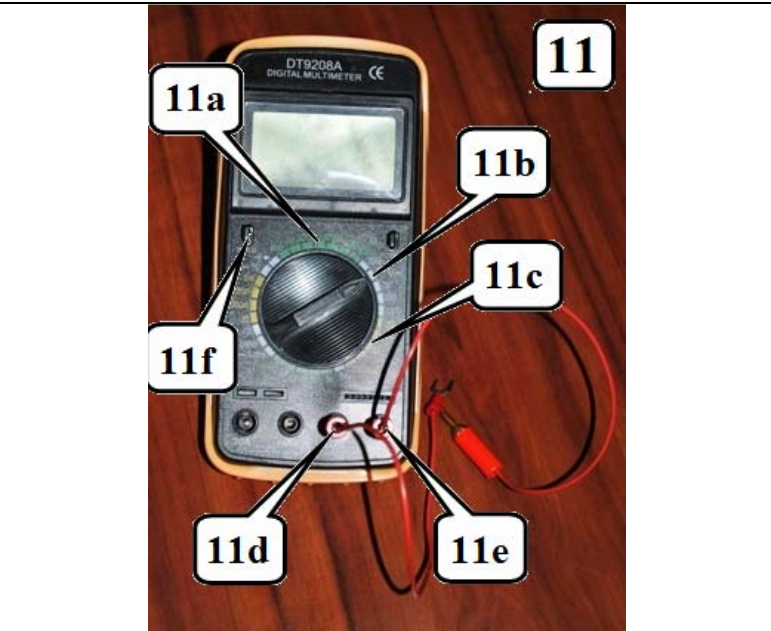
**11 – multimetru;**

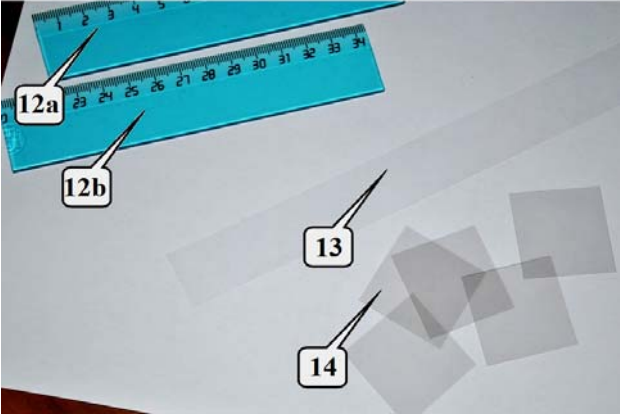
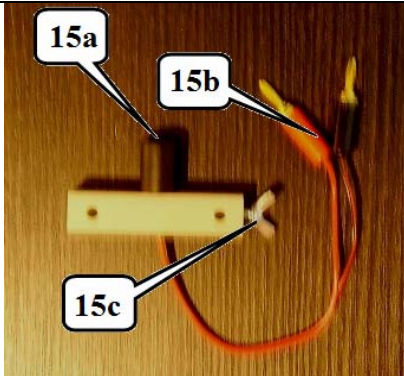
***Nu apăsați butonul HOLD!***

11a – zonă pentru măsurarea rezistenței (200 kOhm);  
11b – zonă pentru măsurarea tensiunii continue (DC) (2 V);  
11c – zonă pentru măsurarea tensiunii alternative (AC) (20 V);  
11d, 11e – conectori pentru firele de legătură;  
11f – întrerupător on/off.

***Dacă afișajul multimetrului este în modul "sleep" – apasă de două ori butonul on/off!***

***Atunci când se măsoară o rezistență cu multimetrul, aceasta trebuie deconectată de la sursa de tensiune!***



<p><b>Elemente optice care urmează a fi investigate</b>                  12 – rigle din plastic:                  12a – No. 1 (cu scala de la 0 la 14 cm)                  12b – Nr. 2 (cu scala de la 20 la 34 cm)                  13 – bandă transparentă flexibilă;                  14 – set de filtre identice;  <i>Filtrele și banda vă sunt furnizate într-un plic separat!</i>                  Riglele de plastic și banda manifestă birefrință, axele lor optice aflându-se în planul lor.</p>	
<p><b>15 Fotodetector (fotodiodă)</b>                  15a – fereastră de intrare;                  15b – fire pentru măsurarea tensiunii de ieșire;                  15c – piuliță de fixare.</p>	
<p><b>Fire de conexiune, clame, șervețel de hârtie, foaie de hârtie.</b></p>	

Atunci când pe CCL nu se aplică o tensiune electrică, moleculele lungi ale cristalului lichid sunt orientate paralel cu plăcile. Direcția orientării moleculare coincide cu axa optică a cristalului.

*Încearcă să nu atingi acele părți ale elementelor optice prin care trece lumina! Dacă este necesar, șterge-le cu un șervețel din hârtie!*

**Anexa B. Fotografii ale aranjamentelor experimentale**



Fig. 1B Aranjament pentru observarea birefrinței în riglă



Fig. 2B Riglă montată pe ecran



Fig. 3B Fixarea unei benzi flexibile din plastic pe ecran.

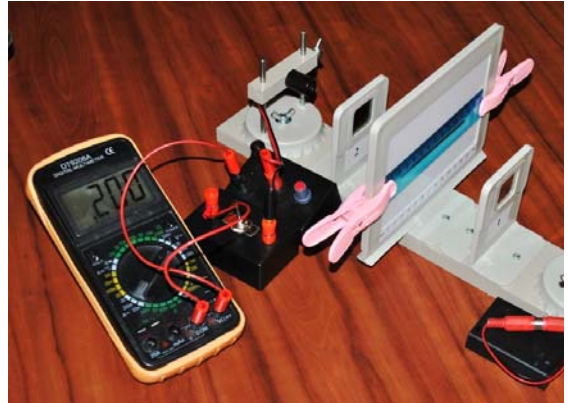


Fig. 4B Aranjament pentru măsurări asupra luminii transmise prin rigla de plastic



Fig. 5B Filtre montate pe polarizor



Fig. 6B Aranjament pentru măsurarea caracteristicilor CCL

## REZOLVAREA DE PROBLEME ÎN ACCEPȚIE MODERNĂ

Tatiana Iacubițchi

Liceul teoretic „Mircea Eliade”, Chișinău

*Rezumat.* În articol se arată că rezolvarea de probleme în școală trebuie să fie cu totul altceva decât un simplu exercițiu de aplicare a unor achiziții anterioare. Expresia „rezolvare de probleme” înseamnă un efort de gândire consacrat descoperirii unor noi combinații de reguli învățate anterior, cu ajutorul cărora se poate ajunge la o regulă nouă, de ordin superior, la o soluție adecvată unor noi situații.

În prezent, asimilarea de cunoștințe deși este importantă, nu mai este decisivă. Esențial pentru elevi este să învețe a învăța eficient și a gândi critic. Cu alte cuvinte, elevii trebuie să fie receptivi la informațiile noi, capabili să le examineze atent și critic, să poată reflecta asupra acestora în mod independent și să acționeze astfel încât informațiile respective să le fie utile; ei trebuie să poată examina ideile noi din mai multe perspective, raționând asupra veridicității și valorii acestora, determinându-le ponderea raportată la propriile necesități și scopuri.

Formarea unei personalități capabile să se adapteze la condițiile în schimbare ale vieții se poate realiza într-un proces didactic, în care alături de procesul de instruire să persiste și demersul de cercetare științifică. Procesul de instruire și demersul de cercetare științifică au particularități similare. Scopurile celor două genuri de activitate sînt asemănătoare: cercetătorul și elevul urmăresc să înțeleagă un fenomen sau un proces, să stabilească relații cauzale, să-și îmbogățească cunoștințele. Și într-un caz și în altul, subiectul intră în raporturi active cu obiectul de studiu, de cercetare.

Într-un asemenea demers, cel mai important lucru este crearea de situații-problemă, alegerea, la lecție, a celui mai potrivit moment pentru rezolvarea unei probleme, stimularea unui interes real pentru rezolvarea ei. În acest caz, profesorul nu se limitează la a transmite elevilor cunoștințe de-a gata elaborate, ci le creează o situație de cercetare pentru a rezolva problema cu care se confruntă. Prin "problemă didactică" înțelegem o dificultate pe care elevul nu o poate soluționa decât prin implicare și căutare, în cadrul unei activități proprii de cercetare. Mai exact, este vorba de o situație special organizată de către profesor, în care elevii caută să depășească dificultățile întâlnite, dobândind noi cunoștințe și experiență, consolidându-și priceperile și deprinderile.

Creând o situație-problemă, oferim elevului posibilitatea să caute prin efort propriu soluția, orientându-se după anumite repere, depășind astfel acea practică școlară care presupune asimilarea mecanică a unor cunoștințe nu întotdeauna înțelese de el. În acest fel, învățarea nu mai constituie o imitare pasivă, ci un proces intelectual activ, asemănător cu cercetarea științifică.

Metodele explicativ-exemplificative, bazate pe comunicarea de cunoștințe contribuie, mai curând, la dezvoltarea gândirii reproductive și a memoriei. Rezolvarea de situații-problemă vizează dezvoltarea gândirii independente, productive. Din punct de vedere psihologic se postulează că prin rezolvare de situații-problemă se dezvoltă schemele operatorii ale gândirii divergente, se antrenează aptitudinile creative, asigurând în același timp și o motivare intrinsecă a învățării. Firește, sarcinile școlare necesită și memorie, gândire reproductivă, deci transmiterea unui ansamblu de cunoștințe gata elaborate și operarea după anumite modele. Însa achiziția de cunoștințe, operarea după un anumit algoritm/ model pot fi realizate în contextul unei sarcini cognitive mai largi, cum este rezolvarea de situații-problemă.

Datorită potențialului activizator al situațiilor-problemă (subiectul cunoscător se raportează activ la materialul de studiat), prin rezolvarea de situații – problemă:

- se dezvoltă schemele operatorii ale gândirii;
- se antrenează aptitudini creatoare;
- se asigură motivarea intrinsecă a învățării;
- se captează atenția și se mobilizează pentru efort;
- se trezește interesul cognitiv;
- se stimulează gândirea independentă a elevului.

Căutarea de soluții presupune capacitatea de a raționa, suplețe în gândire, imaginație și inventivitate, toate acestea jucând un rol deosebit de important în procesul de lansare a noilor idei. Încercând să soluționeze o situație – problemă, elevii își vor mobiliza toate forțele intelectuale, ingeniozitatea și capacitatea de muncă independentă. Cu cât elevul se va implica mai mult în activitate, demonstrându-și aptitudinile, cu atât mai bune rezultate va obține.

Vom face o distincție între conceptul de problemă, așa cum este el cunoscut și folosit în mod obișnuit în activitatea didactică, și conceptul de problemă sau „situație – problemă”, așa cum este el văzut și implicat în această nouă modalitate de instruire. În tabelul 1 este arătată deosebirea dintre problemele clasice și situațiile–problemă.

Tabelul 1

<i>Problemele clasice</i>	<i>Situațiile – problemă</i>
Exercițiile de aplicare	Activitățile de cercetare
Problemele științifice	Probleme specifice oricărei discipline
Problemele în care se utilizează operații, legi, teoreme.	Probleme în relație cu un obstacol legat, de exemplu, de unul sau mai multe concepte eronate, percepute ca o contradicție (inducând un conflict cognitiv sau socio-cognitiv). Sunt purtătoare de sens. Situațiile care nu conțin întrebări (probleme fără întrebări), însă îndeamnă a le formula. Situații care orientează spre un „a ști” de ordin general Probleme ce corespund unei situații complexe, legate cu realitatea, care permit obținerea diferitelor răspunsuri și aplicarea diferitelor strategii. Aceasta este o adevărată situație – problemă.

Iată câteva criterii de recunoaștere a unei situații– problemă (după Gerard de Vecchi, Nicole Garmona – Magnaldi):

- paradoxuri, contradicții aparente, diferite opinii care permit o adevărată confruntare;
- fapte care miră sau care implică forțat elevii în căutarea unei explicații;
- o formulă care generează, care cere explicații;
- o dificultate care este întâlnită într-un proiect de grup sau proiect individual;
- utilizarea unui model explicativ eronat într-o situație practică care le este propusă;
- totul ce poate avea sens (pentru elevi) și care se prezintă ca o problemă de rezolvat.

Privită în această accepție, rezolvarea de probleme este cu totul altceva decât un simplu exercițiu de aplicare a unor achiziții anterioare. Expresia „rezolvare de probleme” înseamnă un efort de gândire consacrat descoperirii unor noi combinații de reguli învățate anterior, cu ajutorul cărora se poate ajunge la o regulă nouă, de ordin superior, la o soluție adecvată noilor situații-problemă care s-au ivit.

Pentru a se declanșa acțiunea de cercetare și pentru ca actul descoperirii să poată avea loc situația – problemă trebuie să satisfacă anumite cerințe:

- să se înscrie în sistemul de operații concrete și mentale de care sunt capabili elevii;
- cererea de cunoștințe și abilități să nu fie nici prea săracă, nici prea complicată, pentru a putea angaja elevii în rezolvarea eficientă a situațiilor– problemă;

- elevii să perceapă și să memoreze date, fapte, informații etc.
  - elevii să învețe și să asimileze rațional materialul acumulat;
  - elevii să formuleze generalizări și să asimileze rațional materialul acumulat;
  - elevii să formuleze generalizări și să le integreze în sisteme, în ipoteze operatorii.
- În tabelul 2 sunt prezentate etapele posibile în rezolvarea unei situații – problemă.

Tabelul 2

Nr. crt.	Modelul Goguelin	Modelul Parnes	Modelul Shallcross
1.	Definirea punctului de plecare și a scopului urmărit	Formularea obiectivului - se identifică „provocările”, „posibilitățile” și ambițiile	Orientarea - se stabilește de ce se dorește rezolvarea problemei respective sau atingerea obiectivului propus
2.	Punerea problemei – prin cunoașterea profundă a situației de plecare și selectarea informației	Colectarea datelor - se colectează date și se elaborează un tablou mai clar al întregii situații	Pregătirea - se clarifică ce este cunoscut și ce mai rămâne de aflat despre problema discutată
3.	Organizarea informației	Formularea problemei - se extinde problema prin segmentarea ei într-o serie de subprobleme, fiecare începând cu întrebarea „pe ce cale aș putea ...?”, „de ce trebuie să ...?”, „cum se poate...?” pentru a da impresia că schimbarea e posibilă.	Pregătirea - se generează idei pentru rezolvarea problemei
4.	Transformarea informației – pe calea raționamentului, inducției și deducției, a intuiției și analogiei, inclusiv a utilizării și a altor procedee paralogice, în vederea identificării soluțiilor posibile	Descoperirea ideii - se caută soluții posibile prin stimularea ideilor, inclusiv folosirea analogiilor. Este bine ca gândirea participanților să meargă dincolo de meditație și discuții, care sunt doar practici de expunere a ideilor. La nivelul următor cineva „trece dincolo de cadrul problemei și spune: nu există altă opțiune decât să „combinăm în mod deliberat sau să rearanjăm ideile ... într-un alt mod”. Apoi urmează nivelul care se caracterizează ca lipsit de efort, ca atunci când scrisul pune stăpânire pe scriitor.	Evaluarea - se examinează inițial intuitiv (dacă au fost generate multe idei), pentru a reduce numărul lor. În același timp, ideile nu se resping complet, în caz că unele din ele vor fi utile mai târziu. E important ca în același timp să se evite precauția excesivă, ea sugerând că una sau două idei „extreme” să fie reținute „pentru echilibru”.
5.	Luarea deciziei – optarea pentru soluția cea mai bună.	Stabilirea soluției - se stabilesc criterii adecvate pentru evaluarea soluțiilor apărute care solicită atât gândirea productivă cât și pe cea critică.	Implementarea - se examinează o serie de chestiuni, cum ar fi: - Ce trebuie de făcut mai întâi? - Va mai fi implicat cineva? - Pe cine trebuie să-l conving de justetea ideilor mele? etc.

6.	Verificarea soluției alese și a rezultatelor, demers care trebuie realizat înainte de a purcede la o acțiune.	Realizarea ideilor - se determină modul în care ideile evaluate vor fi realizate. Și la această etapă se solicită atât gândire productivă cât și critică.	-
----	---	---	---

În linii mari, se poate face distincție între *treapta extragerii problemei* și *treapta rezolvării problemei*.

Rezolvarea problemelor este cu mult mai prezentă în învățare și în gândire decât în general ne dăm seama. În permanență, luăm decizii și tragem concluzii, fără să acordăm în deplină măsură atenție faptului că e vorba de rezolvarea unor probleme.

Curriculum-ul de fizică sugerează o mulțime de piste pentru dezvoltarea gândirii creative prin rezolvarea de probleme. De exemplu, studiul mișcării, în clasa a VII-a, poate avea ca punct de plecare următoarea problemă: "Pe un râu înoată o rață în sens opus curentului de apă, rămânând mereu lângă un vas cu grăunțe de pe un mal. Este rața în mișcare sau nu?". Determinarea poziției unui corp în spațiu (clasa a VII-a) poate începe cu următoarea situație-problemă: "Un grup de elevi care s-a rătăcit în pădure și cere ajutor prin telefon, trebuie să indice locul aflării sale. Cum se poate determina poziția unui punct pe globul pământesc?". Determinarea volumului unui corp de formă neregulată, în clasa a VI-a, poate fi extinsă prin următoarea problemă: "Cum se poate determina volumul unui corp de formă neregulată cu ajutorul unui pahar gradat, dacă corpul nu încapă în acest pahar?".

Pot fi formulate și astfel de probleme:

1. Cum s-ar putea moderniza un mecanism simplu (la alegere), utilizat într-o gospodărie agricolă? (clasa a VII-a).

2. Inventează o instalație pentru irigarea plantelor de cameră care ar funcționa o perioadă îndelungată de timp în care toți sunt plecați de acasă (clasa a VII-a).

3. Imaginează-ți că ești un electron într-un circuit electric. Propune soluții pentru îmbunătățirea acestui circuit (clasa a VIII-a).

Problema poluării mediului cauzată de motoarele termice poate fi propusă elevilor spre rezolvare în clasele a VIII-a și a XI-a, iar poluarea mediului de către sursele radioactive – în clasa a 12-a. Problema asigurării cu resurse energetice se va studia în clasele a VIII-a, a XI-a și a XII-a.

Sarcina de a căuta soluții revine elevilor, această activitate fiind una de cercetare, de descoperire, de organizare a datelor, de alegere a celei mai reușite soluții. Procesul de învățare prin cercetare poate continua cu verificarea în practică a cunoștințelor, soluțiilor, răspunsurilor obținute. Profesorului, la rândul său, îi revine sarcina de a încuraja elevii să emită cât mai multe ipoteze. În cele din urmă, elevii urmează să demonstreze însușirea de noi conținuturi, capacitatea de a rezolva noi tipuri de probleme.

## BIBLIOGRAFIE

1. Ioan Cerghit. Metode de învățămînt, EDP, București, 1980.
2. Valeriu Dulgheru, Lorin Cantemir, Maria Carcea. Manual de creativitate, „Tehnica-Info”, Chișinău, 2000.
3. Gerard de Vecchi, Nicole Garmana-Magnaldi. Faire construire des savoirs, Hachette Education, 1996, Paris.
4. Marilyn Fryer. Predarea și învățarea creativă, Editura Uniunii Scriitorilor, 2004, Chișinău.

Primit la redacție: 4 decembrie 2014



## Dr. Mirel BIRLAN - un nou membru al Colegiului de redacție al revistei "Fizica și Tehnologiile Moderne"

Stimați cititori, în numărul de față vă prezentăm un nou membru al Colegiului de redacție al revistei FTM, pe dl Mirel BIRLAN, doctor în astronomie fundamentală, mecanică cerească și geodezie, titlu științific conferit de renumitul Observator Astronomic din Paris în 1998. În prezent, Domnia sa este cercetător științific la Institutul de Mecanică Cerească și de Calcul al Efemeridelor din cadrul Observatorului Astronomic din Paris și, prin cumul, cercetător la Institutul Astronomic al Academiei Române. Din 2005 a fost abilitat cu dreptul de a conduce lucrări de doctorat la Observatorul din Paris, în care a activat cândva și ilustrul astrofizician basarabean Nicolae Donici (1874 – 1960).



Domeniul de cercetare al dlui Birlan cuprinde corpurile fără atmosferă din Sistemul solar – asteroizii și cometele. Este responsabil de Centrul de observații astronomice la distanță al Observatorului din Paris, centru care în ultimii zece ani a descoperit în Sistemul solar peste o mie de noi corpuri cerești. Pentru contribuțiile valoroase aduse științei astronomice, Uniunea Astronomică Internațională a atribuit numele Birlan asteroidului cu numărul 10034. Continuator fidel al ideilor celebrului astronom și popularizator francez Camille Flammarion (1842 – 1925), dl Mirel Birlan este și un bun prieten al științei din Basarabia. Colegiul de redacție al revistei FTM este onorat să prezinte în cele ce urmează cititorilor un articol semnat de distinsul astronom francez și român din domeniul său de cercetare.

Ion Holban, redactor-șef al revistei FTM

## ASTEROIZII, CORPURI ALE SISTEMULUI SOLAR -DESCRIPTIV ȘI IMPORTANȚA ȘTIINȚIFICĂ-

**Dr. Mirel BIRLAN**

IMCCE, Observatoire de Paris, 77 av. Denfert Rochereau, 75014 Paris cedex,  
France

email: [birlan@imcce.fr](mailto:birlan@imcce.fr)

**Rezumat:** În prezenta lucrare ne propunem să facem o succintă trecere în revistă a conceptelor și elementelor care vor permite ulterior o abordare a problemelor științifice legate de studiul asteroizilor. Asteroizii, sau micile planete, sunt corpuri ale Sistemului solar, fără lumină proprie, în majoritatea lor localizate în centura asteroidală principală, între planetele Marte și Jupiter. Peste 600 000 de astfel de corpuri au fost catalogate și orbitele lor sunt bine cunoscute. Aproximativ 10 000 dintre ele sunt clasificate în categoria asteroizilor geointersectori. Observațiile de la sol efectuate pentru studiul asteroizilor sunt organizate în funcție de interesul științific în programe de observații pentru descoperirea și calcularea orbitelor lor, observații pentru caracterizarea proprietăților lor fizice, observații pentru caracterizarea lor mineralogică.

**Cuvinte cheie:** asteroizi, centură asteroidală principală, observații, Sistemul solar.

### Scurtă introducere despre asteroizi

Asteroizii sunt corpuri mici ale Sistemului solar. Prima descoperire a unui asteroid a fost făcută în anul 1801, în Sicilia, de către Giuseppe Piazzi. Până în zilele noastre s-au descoperit și catalogat peste 600 000 de asteroizi, iar numărul lor continuă să crească.

După Adunarea Generală a Uniunii Astronomice Internaționale (UAI) de la Praga din august 2006, asteroizii sunt plasați într-o categorie mai largă de corpuri, alături de comete și obiectele trans-neptuniene. UAI recomandă utilizarea conceptului de *corp mic* al Sistemului solar atunci când se vorbește despre toate aceste categorii de corpuri [CDT2014]. Vom accepta în acest articol să utilizăm termenul consacrat/istoric de asteroid.

Denumirea de *asteroid* este în fapt propusă de William Herschell care a combinat două concepte: *astru*, întrucât obiectele erau asemănătoare stelelor și *asemănarea* lor cu planetele în sens de mișcare relativă printre stelele fixe ale sferei cerești [Cunningham1988].

### Denumirea și localizarea asteroizilor

Pentru a se evita confuzia în evidența asteroizilor s-au impus reguli de nomenclatură unanim acceptate de comunitatea astronomică mondială. Astfel, fiecare asteroid are un număr de ordine și un nume propriu, de exemplu: 1 Ceres, 2 Pallas, 3 Juno, 4 Vesta,..., 2419 Moldova, 7986 Romania, etc.

Noile descoperiri sunt raportate la Minor Planet Center în Centrul UAI de la Centrul de Astrofizică Smithsonian. O parte din noii asteroizi descoperiți – asteroizii geointersectorii (ale căror orbite se intersectează cu cea a Pământului) - sunt publicați de Biroul Internațional al UAI aflat la Observatorul Astronomic Smithsonian – SUA, în *Circularele electronice ale planetelor minore (Minor Planets Electronic Circulars)*. La anunțarea unei noi descoperiri, noului asteroid  $i$  se atribuie un indicativ provizoriu până la confirmarea lui definitivă și includerea pe lista de obiecte a căror efemeridă este calculată la Sankt-Petersburg. Indicativul conține anul descoperirii urmat de un grup de două litere. Prima literă specifică perioada din an (exprimată în jumătăți de lună calendaristică) în care s-a făcut descoperirea (în care litera A înseamnă intervalul 1-15 ianuarie, litera B - intervalul 16-31 ianuarie, etc); cea de-a doua literă indică numărul descoperirii din intervalul de timp delimitat de prima literă (prima descoperire este notată cu A, a doua descoperire cu B, etc.). De exemplu, asteroidul 1979 DA este descoperit în anul 1979, în a doua jumătate a lunii februarie (litera D) și este prima descoperire în intervalul menționat (litera A).

Numele definitiv pentru un asteroid este acordat doar după ce orbita acestuia este bine cunoscută, adică după ce asteroidul a trecut de două, trei sau mai multe ori la opoziție. *Opoziția* este definită ca fiind configurația geometrică în care Soarele, Pământul și asteroidul se află aproximativ pe aceeași dreaptă, iar Pământul se situează între Soare și asteroid. Bineînțeles, se extrapolează această definiție, deoarece planele de revoluție al Pământului și respectiv al asteroidului sunt de cele mai multe ori distincte.

Numele unui asteroid este acordat în cadrul Comisiei de Nomenclatură a UAI și aceste nume sunt alese dintre propunerile făcute în prealabil de cercetătorii în domeniu.

Pentru a descrie orbita unui corp ceresc din Sistemul Solar, este necesară cunoașterea celor șase parametri dinamici: semiaxa mare a orbitei  $a$ , excentricitatea  $e$ , înclinarea  $i$ , longitudinea nodului ascendent  $\Omega$  și argumentul periheliului  $\omega$  precizează mărimea și poziția orbitei în spațiu. Cel de-al șaselea element este un moment de referință,  $t_0$ , sau echivalentul lui, anomalia medie sau anomalia adevărată la momentul  $t_0$ . Aceste elemente sunt prezentate în Figura 1.

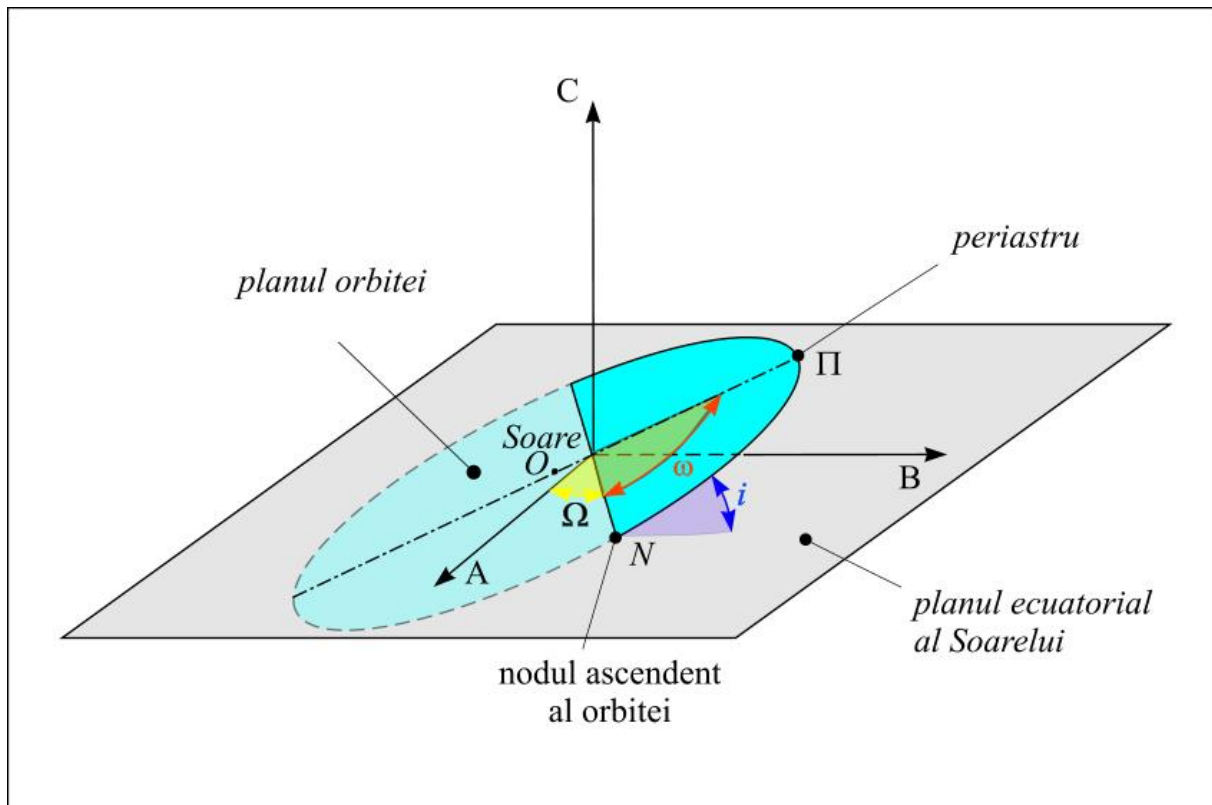


Figura 1: Elementele dinamice ale unei orbite de asteroid. În această figură sunt evidențiate înclinarea  $i$  a orbitei, longitudinea nodului ascendent  $\Omega$  și argumentul periheliului  $\omega$

Clasificarea dinamică a acestei populații se face în funcție de elementele orbitale așa cum se poate vedea în Figura 2. Cu abrevierea u.a. s-a notat *unitatea astronomică*, această valoare a fost stabilită de Uniunea Astronomică Internațională în cadrul Adunării Generale din 2012, în Rezoluția B2. O unitate astronomică a fost stabilită la valoarea 1 u.a. = 149 597 870,700 kilometri [CDT2014].

- cea mai mare parte a asteroizilor își au orbitele între Marte și Jupiter, unde își execută mișcarea de revoluție în ceea ce numim «centura asteroidală principală»;
- *asteroizii troieni* (în literatura mai sunt desemnați ca grupul asteroizilor troieni și greci), reprezintă grupul asteroizilor ce au orbita identică cu cea a lui Jupiter, la 60 grade de o parte și de alta a acestuia, în punctele Lagrange L4 și L5 ale lui Jupiter;
- *asteroizii de tip Amor* sunt asteroizii ce au semiaxa mare a orbitei cuprinsă în intervalul 1,017-1,300 u.a. (orbitele lor intersectează orbita planetei Marte); această categorie poartă numele asteroidului 1221 Amor, primul descoperit din această categorie.;
- *asteroizii de tip Apollo* au semiaxa mare a orbitei superioară 1 u.a. dar cu o distanță la periheliu inferioară valorii de 1,017 u.a. Ei intersectează orbita Pământului. Prima descoperire din aceasta categorie a fost asteroidul 1862 Apollo.
- *asteroizii de tip Atena* sunt asteroizii cu semiaxa mare superioară valorii de 1 u.a. și o distanță a afeliului superioară valorii de 0,983 u.a. Numele acestui grup este dat de asteroidul 2062 Atena.
- *asteroizii de tip Atira* sunt asteroizii cu distanța afeliului inferioară valorii de 0,983 u.a. Asteroidul 163693 Atira este primul descoperit **dintre** asteroizii care au orbite interioare orbitei Pământului.

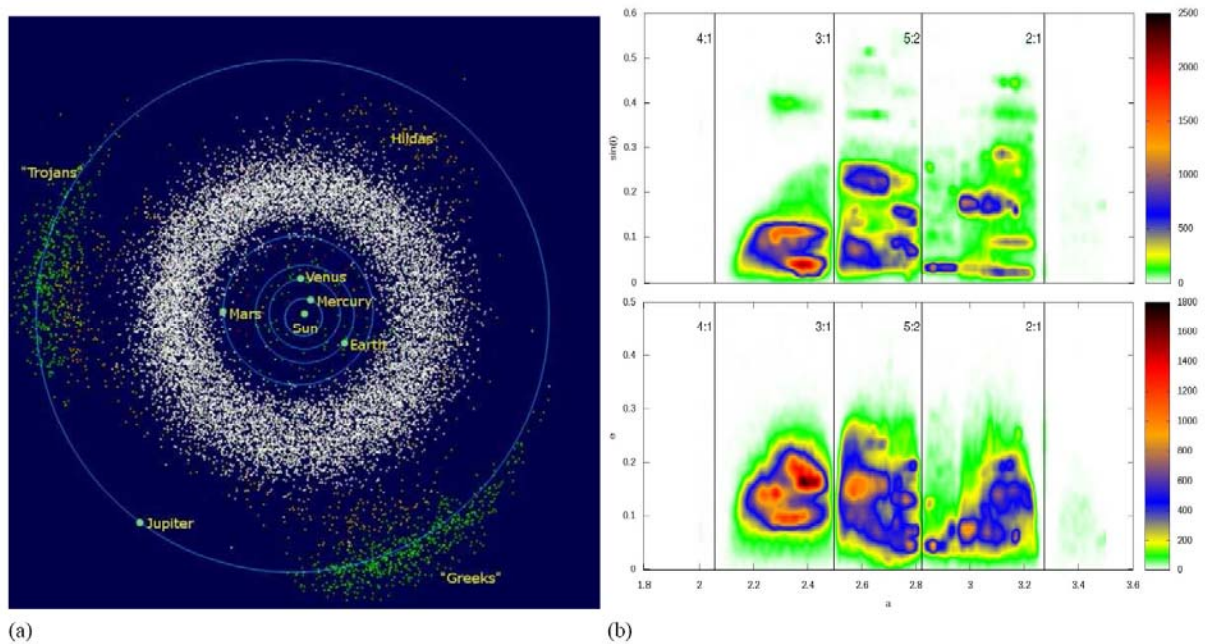


Figura 2: a) Sistemul solar în reprezentare polară. Sunt reprezentate orbitele planetelor telurice Mercur, Venus, Pământ, Marte împreună cu orbita planetei Jupiter. Asteroizii troieni sunt reprezentați la  $60^\circ$  față de planeta Jupiter. Punctele albe reprezintă asteroizii din centura principală și cei interiori acestei centuri. b) reprezentarea centurii principale în elementele orbitale  $a$ ,  $e$  și  $\sin(i)$ . Codul de culori reprezintă densitatea obiectelor în regiunea centurii principale așa cum este indicat în bara verticală alăturată [Nedelcu, 2010].

Catalogul de asteroizi conține 664 036 obiecte, statistica de la 1 decembrie 2014, iar numărul lor este în continuă creștere. Cel mai mare obiect din catalog are diametrul de aproximativ 1000 km (asteroidul 1 Ceres). Cel mai mic obiect repertoriat are diametrul de aproximativ 10 metri (aceste obiecte sunt în categoria asteroizilor geointersectorii și pot fi descoperiți și observați doar când trec suficient de aproape de Pământ).

## De ce studiem asteroizii?

Importanța studiului acestor corpuri este reflectată de mai multe întrebări și argumente. Vom enumera aici câteva din aceste elemente de interes:

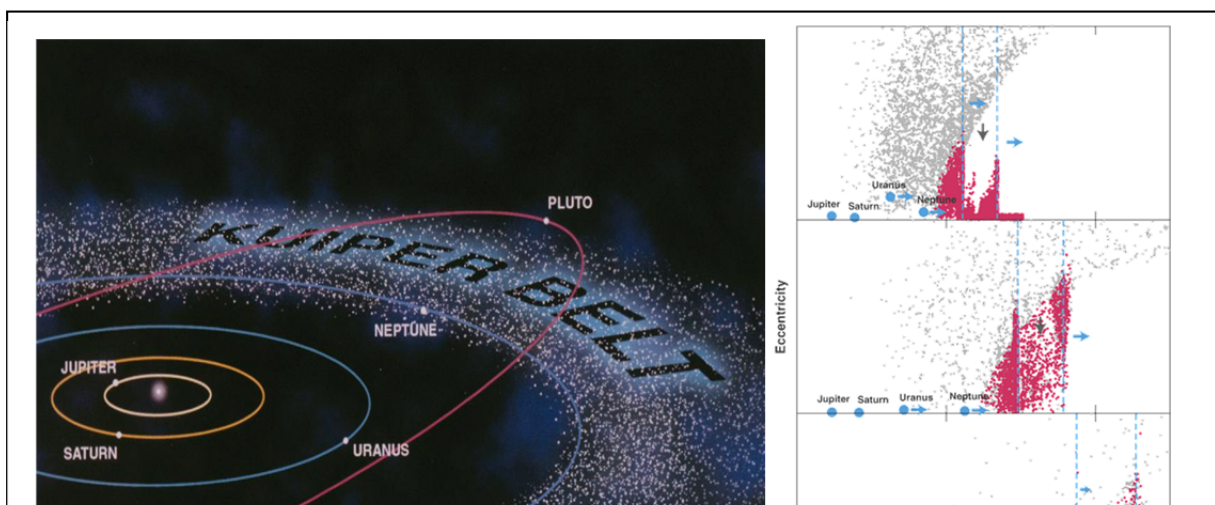
**1. Condițiile de formare și evoluție a Sistemului solar.** Ipoteza unanim acceptată de comunitatea științifică este aceea că Sistemul solar s-a format dintr-o nebuloasă de praf și gaz care a început să colapseze în urma unei instabilități gravitaționale. Această ipoteză științifică este doar un cadru ce nu oferă detalii despre evoluția acestui proces de acreție în formarea Soarelui și a sistemului planetar, densitatea sau segregarea elementelor chimice ale nebuloasei planetare, precum și evoluția planetelor și sateliților precum și prezența centurii asteroidale principale. Pentru a sonda condițiile formării planetelor și a asteroizilor, trebuie să dispunem de date de observație și analiză pentru acele obiecte care nu au fost afectate de procesele exogene și endogene. În cazul planetelor mari, masa lor importantă face ca să avem o analiză a elementelor chimice și a mineralelor care au suferit modificări majore. Într-adevăr, materialul constituent primordial al planetelor mari a suferit modificări semnificative, marea majoritate a rocilor fiind în fapt topite și apoi răcite, ele în fapt fiind rezultatul activităților

magmatice. Pentru a putea reconstitui condițiile inițiale ale formării Sistemului solar va trebui să căutăm corpuri cerești ce pot păstra încă intactă compoziția mineralogică din locul nebuloasei planetare în care s-au format. În acest context, asteroizii devin corpuri privilegiate, întrucât locul unde s-au format, majoritar la distanțe mai mari de 2 u.a., este suficient de îndepărtat de Soare pentru ca aceste corpuri să nu sufere modificări structurale majore datorate energiei solare produse după declanșarea reacțiilor termionucleare. Putem asocia asteroizii drept eșantioane de materie ale locului formării lor; ne putem imagina astfel un mare laborator, sferic, de aproximativ 1 an-lumina ( $1 \text{ a.l.} = 9\,460\,730\,472\,580,8 \text{ km}$ ), în care putem analiza peste 600 000 recipiente ce conțin materialul constituent inițial al nebuloasei planetare.

**2. Condițiile de apariție a vieții pe Pământ.** Problema științifică a apariției vieții pe Pământ este în continuare subiect de studiu pentru științe într-un context interdisciplinar. Pământul este în continuare o enigmă privit prin prisma excesului a doi constituenți majori ai vieții și anume excesul de apă (comparativ cu celelalte planete telurice) și excesul în carbon și compuși bazați pe legături ale carbonului. Suplimentul acestor compuși chimici este explicat printr-un scenariu de evoluție haotică și cataclismică a Sistemului solar, în care excesul de apă și carbon sunt rezultatul ciocnirilor dintre asteroizi și comete cu Pământul. Din statistica observațiilor de parametri mineralogici efectuată asupra asteroizilor, aproximativ 60% dintre aceștia au o compoziție similară cu cea a mineralelor bogate în carbon [Birlan 1996, Barucci 1987]. În plus de aceasta compoziție bogată în carbon, o parte din asteroizii observați de la sol prezintă caracteristici de minerale care sunt alterate de prezența apei, semnături ale filosilicaților care nu pot fi creați decât prin dizolvarea compușilor de siliciu în apă. O categorie binecunoscută a acestor filosilicați pe Pământ o reprezintă compușii minerali din categoria celor compuse din argilă. Excesul de apă și elemente bogate în carbon, prezența oceanelor, de exemplu pe Pământ, sunt asociate unei perioade temporale situate acum 4,2 – 3,8 miliarde de ani și care sunt asociate unei instabilități gravitaționale datorate migrației planetelor mari – Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun [Gomes2005, Morbidelli2010]. Teoria acestei migrații planetare duce la perturbarea corpurilor din centura principală și la un exces de ciocniri ale acestora cu planetele telurice. Efectul acestui bombardament major tardiv (LHB theory este abreviația de la sintagma Late Heavy Bombardment) este măsurabil în numărul de cratere pe suprafața Lunii și prin vârsta acestora. De o manieră similară, această creștere a numărului de ciocniri contabilizate pentru Lună și vârsta acestora este în concordanță cu numărul de cratere contabilizat pentru alte corpuri din Sistemul solar intern pentru perioada temporală a LHB.

**3. Studiul proceselor haotice în Sistemul solar.** În cadrul unui sistem în care interacția gravitațională se produce între sute de mii de obiecte de diverse mărimi (Soare, planete mari, sateliți, asteroizi, comete) una dintre problemele științifice majore o constituie studiul stabilității acestor corpuri. Așa cum se poate remarca în Figura 2(b), centura principală are anumite regiuni care sunt complet depopulate de obiecte. Aceste zone corespund întocmai cu rezonanțele în semi-axa mare (rezonanțe de mișcare medie sau rezonanțe seculare) dintre acei asteroizi absenți și planetele Jupiter, Saturn sau Marte. Aceste zone poartă numele descoperitorului, astronomul și fizicianul Daniel Kirkwood. Lacunele lui Kirkwood pun problema stabilității asteroizilor din momentul formării lor și până în zilele noastre. De asemenea, ele permit discutarea haosului determinist în sistemul dinamic reprezentând Sistemul solar. În același timp studiul stabilității asteroizilor permite stabilirea timpilor de viață pentru grupuri particulare de asteroizi (asteroizii troieni, asteroizii geointersectorii) și a mecanismelor de alimentare cu noi corpuri a grupurilor de asteroizi, a caror indivizi sunt supuși unei haoticități importante. Vom evidenția aici analiza haosului în Sistemul solar prin două exemple. Un prim exemplu evident este acela legat de poziția și mecanismele prin care asteroizii din centura principală alimentează grupul asteroizilor geointersectorii. În fapt, timpul

mediu de viață al asteroizilor geointersectori este de aproximativ 10-14 milioane de ani [Morbidelli2002], un timp extrem de scurt în comparație cu vârsta Sistemului solar estimată la aproximativ 4,5 miliarde de ani. După acest timp mediu de viață, asteroizii geointersectori sfârșesc prin a fi expulzați din Sistemul solar sau își sfârșesc viața căzând pe Soare sau ciocnindu-se cu planetele telurice (Pământul, Marte, Venus sau Mercur). Faptul că grupul de asteroizi conține peste 10 000 de obiecte catalogate se explică doar prin existența unui rezervor care înprospătează aceasta populație. Problema științifică legată de alimentarea acestei populații cu noi obiecte care să întrețină un număr rezonabil este un subiect intim legat de haosul determinist ce afectează populația asteroidală din centura principală. Rezolvarea acestei probleme implică aflarea rezervorului care permite injectarea pe orbite geointersectoare a obiectelor din centura principală concomitent cu aflarea mecanismelor ce permit pompajul și excitarea unor obiecte situate pe orbite aproape circulare spre orbite cu excentricități și înclinări semnificativ mai importante. Un al doilea exemplu este cel legat de familiile tinere de asteroizi. Prin familie tânără de asteroizi înțelegem un grup de obiecte care sunt genetic relaționate. Aceste familii sunt produse urmare a ciocnirilor distructive între doi asteroizi. Un exemplu de familie tânără îl constituie cea observată pentru asteroidul 832 Karin. Analiza parametrilor orbitali ai familiei prin integrarea numerică în trecut a orbitelor acestora a dus la concluzia că obiectul care stă la originea familiei Karin a fost ciocnit și fragmentat acum 5,8 milioane de ani (în general familiile de asteroizi din centura principală au vârste estimate între 500 milioane ani și 3,8 miliarde ani). Analiza dinamică a evoluției orbitale (implicit calculele de evaluare a haosului) coroborate cu studiile fizice ale membrilor familiei Karin permite obținerea de concluzii robuste legate de formarea și evoluția membrilor ei [Birlan2010].



*Figura 3.* Ilustrație a centurii Edgeworth-Kuiper, reprezentată împreună cu orbitele planetelor mari Jupiter, Saturn, Uranus și Neptun. Planeta pitică Pluton este reprezentată pentru a se sublinia înclinarea importantă a orbitei ei față de planul ecliptic. Graficul ce însoțește această imagine reprezintă o secvență de trei momente ale evoluției planetezimalelor care sunt expulzate din Sistemul solar urmare a migrației planetelor mari. Ultimul dintre momentele acestei simulări numerice arată cum majoritatea planetezimalelor rămase în sistem sunt concentrate în zone de rezonanță [Morbidelli2004].

**4. Noi frontiere ale cunoașterii în Sistemul solar.** Studiile legate de stabilitatea și statistica asteroizilor – studii dinamice și fizice - din centura principală a fost un subiect incitant pentru demararea de noi proiecte de cercetări. De exemplu, căutarea ipoteticei centuri

a lui Kuiper-Edgeworth a fost un subiect demarat în anii 1990, odată cu descoperirea obiectului 1992 QB1 [Jewitt 2003]. Acest obiect este primul dintre obiectele situate la peste 40 u.a. și care creionează prezența rezervorului de obiecte aflate la originea cometelor ce sunt puternic influențate de câmpul gravitațional al planetei Jupiter (în literatură se amintește despre cometele din familia Jupiter pentru a sublinia că gravitația lui Jupiter este cea care modelează evoluția dinamică a acestor comete). În zilele noastre, după aproape doua decenii de studii ale Sistemului solar extern, s-au descoperit peste 1 000 de obiecte ce aparțin centurii Edgeworth-Kuiper (Figura 3).

Studiile statistice pe acest eșantion de obiecte coroborate cu evoluția dinamică pe perioadă lungă într-un sistem dinamic simplist (Soarele și planetele mari) au demonstrat că în centura Kuiper putem identifica deopotrivă familii de obiecte transneptuniene asemanatoare celor din centura principală, dar și grupuri de obiecte confinate pe orbite similare din cauza rezonanțelor, corpuri cu traiectorii înclinate, asemănătoare celor din categoria asteroizilor geointersectorii. Metodele de observație pentru descoperirea obiectelor trans-neptuniene au fost inspirate în egală măsură din cele utilizate pentru observarea și descoperirea asteroizilor.

**5. Protecția Pământului și a civilizației de riscurile naturale legate de asteroizii geointersectorii.** În istoria recentă și îndepărtată a Pământului se pot remarca diverse consemnări istorice și geografice sau forme de relief particulare ce atestă ciocnirea între asteroizi sau comete cu planeta noastră. Efectele acestor interacții pot fi evaluate în funcție de energia impactului până la efecte pe tot globul, la efecte regionale (la nivelul unui continent) și la efecte locale (efecte pe o zonă circulară de 10-100 km) [Chapman2004]. Un exemplu de eveniment global este legat de istoria evoluției speciilor pe Pământ. Dispariția dinozaurilor este legată intim de producerea unei ciocniri între un corp ceresc și Pământ [Alvarez1980, Keller2004]. Impactul a fost identificat cu un crater în Mexic în Chicxulub, produs în perioada Cretacic Terțiar și coincide cu perioada extincției dinozaurilor. Probele acestei perioade geologice se regăsesc în concentrațiile straturilor sedimentare datate pentru această epocă. Astfel, concentrațiile de iridiu, element rar pe Pământ, sunt de 100-1000 ori mai mari decât în alte ere geologice. Faptul ca acest strat bogat în iridiu se regăsește în mai multe locuri analizate pe suprafața Pământului ne duce la concluzia că evenimentul a afectat întreaga planetă, ducând între altele la dispariția dinozaurilor și a multor specii vegetale. La scară locală, putem să menționăm asteroidul care a căzut în apropierea orașului Celeabinsk în Rusia, la 15 februarie 2013. Modelarea matematică a datelor de observație a dus la estimarea asteroidului ca având 15-17 metri diametru și o masă estimată la 7-10 000 tone [Brown2013]. 95% din materialul asteroidului s-a transformat în energie urmare a procesului de ablație și rupere a impactorului la interacția cu atmosfera terestră. Viteza lui de intrare în atmosferă a fost estimată la 20 km/s [Borovicka 2013]. Resturile de material recuperate de la sol și de pe fundul lacului Chebarkul [Popova 2013] dovedesc faptul că materialul din care a fost compus asteroidul face parte din categoria condritelor ordinare. Mineralogia condritelor ordinare este cea mai comună între meteoriții recuperați până în zilele noastre, mai mult de 80% din acești meteoriți având această structură. Studiile dovedesc o mare similitudine între această mineralogie și cea a asteroidului 25143 Itokawa, vizitat de sonda spațială japoneza Haiabusha [Popova 2013]. Peste 1000 de persoane au fost rănite urmare a evenimentului. Pagubele materiale datorate în mare parte unde de șoc a impactului au fost estimate la peste 20 milioane de euro. În ultimul deceniu, programele de observație dedicate asteroizilor geointersectorii au fost densificate deopotrivă în Europa, în Statele Unite și în țările din Asia. Aceste programe vizează nu doar detecția și determinările de elemente dinamice ale acestor obiecte, dar și studii complexe de obținere a datelor lor fizice (structură, compoziție, parametri interni) pentru eventuale optimizări ale scenariilor de deviere de pe orbită a acestor obiecte în cazul în care ele amenință civilizația noastră.

**6. Industriile spațiale.** Cu fiecare nouă lansare în spațiul extraterestru civilizația noastră învață cum să utilizeze spațiul pentru dezvoltarea noilor tehnologii și a noilor facilități pentru viața modernă. În zilele noastre este aproape de neconceput o zi de lucru într-o societate modernă fără facilitățile propuse de tehnologiile spațiale: deplasarea în autovehicul utilizând navigația prin satelit, telefonia mobilă, televiziunea satelitară, cumpărăturile prin internet, gestionarea situațiilor de urgență ale mediului înconjurător sau în tehnicile medicale etc., sunt reflexii ale unei vieți cotidiene între tehnologiile terestre și cele spațiale. Tehnologiile spațiale sunt supuse constrângerilor asemănătoare celor de pe suprafața Pământului. În plus, ele trebuie să răspundă normelor de lucru în condiții extreme în spațiul extraatmosferic, ținând cont că depanarea/repararea lor este foarte improbabilă. În schimb, putem să extrapolăm situația actuală a sateliților artificiali și în proiecția noastră pentru un viitor apropiat, să ne imaginăm rezolvarea dificultăților și reparațiile sateliților cu instrumente și cu materii prime confecționate în spațiu. Trimiterea pe orbită a componentelor de înlocuit pentru sateliți fiind extrem de oneroasă ne putem imagina industrii care să fie dezvoltate în spațiu pentru aceste scopuri. De asemenea, industriile care necesită condiții de lucru extreme (gravitație scăzută, vid, etc.), sau industriile necesare investigării/instalării oamenilor în spațiu sunt preconizate în viitorul apropiat [Kowal1996]. Odată cu instalarea unor astfel de industrii, unul din scenariile de recoltare/rafinare a materiilor prime obținute din asteroizi este foarte plauzibil în contextul în care acest tip de minerit se dovedește mai avantajos comparativ cu transportul materiilor prime de pe Pământ în spațiu. De exemplu, studiile cantitative ale diverselor metale dintr-un asteroid (cu anumite ipoteze de lucru) sunt prezente în literatura științifică de mai bine de două decenii [Kargel1994].

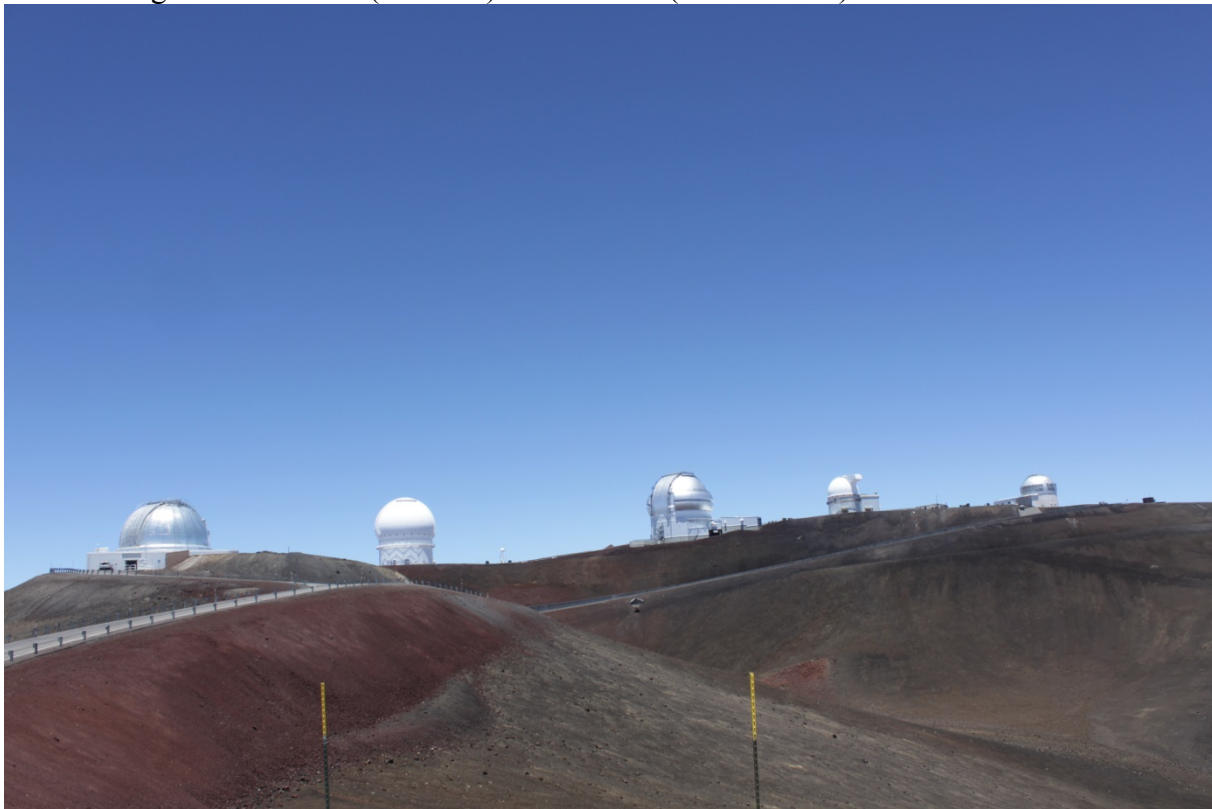
**7. Zborurile interplanetare.** În zilele noastre acestea sunt foarte bine statuate în programele științifice ale mai multor agenții spațiale de pe mapamond: NASA are un plan pe termen mediu și lung de trimitere a navetelor spațiale cu echipaj uman spre Marte, Agenția Spațială Chineză și Agenția Spațială Indiană au programe de explorare a Lunii cu opțiunea echipajului uman. În plus, Stația Spațială Internațională este un proiect ce se află în orbită de mulți ani și funcționează în permanență cu echipaj uman. Cu titlu de curiozitate, chiar și societăți comerciale stimulează visul oamenilor propunând dezvoltarea în paralel de viitoare misiuni fără întoarcere (one-way) de la Pământ la Marte celor ce ar fi viitorii coloniști ai planetei roșii. Progresele făcute spre cunoașterea altor orizonturi, migrarea speciei umane spre alte planete reprezintă elemente necesare evoluției societății umane. În toate aceste scenarii de populare a Lunii, a planetei Marte, de populare a sateliților lui Jupiter, etc. trebuie luate în considerare deopotrivă caracteristica intrinsecă a călătoriei de la Pământ la acele corpuri. Timpul unei călătorii reprezintă o variabilă imuabilă ce presupune crearea unei strategii și dezvoltarea unor tehnologii novatoare pentru realizarea acestor deziderate. Una din etapele necesare și indispensabile va fi indisociabil realizarea de prototipuri și misiuni-test cu echipaj uman spre asteroizii ce vor permite antrenamentul în spațiul interplanetar [Abell2012, Reddy2012].

### Observarea asteroizilor

Prima cale de acces la descifrarea enigmelor legate de asteroizi este cea observațională. Aceste observații se pot face în zilele noastre deopotrivă cu instrumentația instalată la sol (observatoarele astronomice – telescoapele și instrumentele deservite de acestea), dar și cu instrumentația situată în spațiu (telescopul spațial Hubble, misiunile GAIA, Rosetta, New Horizon, etc). În funcție de scopul științific propus pentru asteroizii studiați, observațiile pot fi făcute pentru caracterizarea elementelor lor orbitale și al calculului de efemeridă (observații astrometrice pentru caracterizarea lor dinamică) sau pentru studiul proprietăților lor fizice și de structură internă (observații fizice și mineralogice).



Asteroizii sunt corpuri fără lumină proprie. Ceea ce se poate observa sunt radiațiile electromagnetice emise de Soare și reflectate de fiecare din aceste corpuri. Dar Pământul și asteroizii efectuează mișcarea de revoluție conform celor trei legi ale lui Kepler. Prin urmare, un asteroid nu este în permanență vizibil observatoarelor de la sol. Pentru a putea observa un asteroid trebuie să calculăm momentele în care Soarele, Pământul și asteroidul se află, în această ordine, situați pe o dreaptă. Evident, aceasta este situația ideală, deoarece conform Figurii 1 planele lor de revoluție nu sunt identice, o multitudine de asteroizi au înclinări mai mult sau mai puțin importante față de planul ecliptic (planul de revoluție al Pământului). În această geometrie spunem că un asteroid se poate observa în apropierea opoziției. Observația la opoziție este cea mai oportună pentru obiectele din centura principală asteroidală. În această situație se pot observa majoritatea asteroizilor, iar în funcție de dimensiunea lor și de proprietățile de reflectivitate ale suprafețelor lor vom avea nevoie de telescoape (Figura 4) cu diametrul oglinzii mai mare (8 - 12 m) sau mai mic (20 cm - 2 m).



*Figura 4.* Un grup de telescoape la Observatorul de la Mauna Kea - Hawaii. De la stânga la dreapta se pot identifica cupolele telescoapelor IRTF (proprietatea NASA), telescopul CFHT, telescopul Gemini Nord, telescopul Universității din Hawaii și UKIRT. Fotografia a fost făcută din fața telescopului Keck 1. În fața telescoapelor se poate vedea o parte din caldera vulcanului (Copyright M. Birlan).

Excepție de la regula observațiilor la opoziție fac asteroizii geointersectorii. În această categorie sunt puține obiecte care au diametrul mai mare de 1 km. Prin urmare, situația cea mai favorabilă se declină diferit: unele dintre acestea sunt optim de observat atunci când trec prin apropierea Pământului, la distanța minimă de acesta, altele sunt accesibile observatoarelor atunci când se găsesc la o elongație (distanță unghiulară aparentă pe cer) suficient de importantă față de Soare (40 - 60 grade de arc) pentru a putea fi detectate și măsurate. Problematika observațiilor asteroizilor este foarte complexă, deoarece în medie trecerile acestora prin vecinătatea Pământului sunt relativ rare, dacă le raportăm la viața unui om. În medie, aceste treceri se petrec de 5-6 ori pe secol. În plus, aceste apropieri se produc între

două corpuri cu viteze de ordinul kilometrilor/secundă. Aceasta presupune o mișcare relativă aparentă pe cer a unui asteroid observat de pe Pământ foarte mare, în unități de viteză unghiulară de ordinul 10-500 arcminute/minut. Cu cât asteroidul geointersează trece mai aproape de Pământ cu atât mișcarea lui aparentă printre stele este mai importantă. Această situație presupune mijloace tehnice importante (nu toate telescoapele au capacitatea să urmărească o mișcare diferențială atât de rapidă) și un timp de observație optimal foarte mic (un astfel de obiect poate fi observat doar 10-400 ore și doar de pe anumite regiuni/zona ale Pământului).

În funcție de domeniile spectrale investigate de la sol, observațiile se pot desfășura în domeniul optic, infraroșu apropiat sau mediu și în domeniul radio. În fapt, aceste intervale spectrale corespund domeniilor de transmisie pe care atmosfera terestră le permite. Alte domenii, cum ar fi domeniile gamma, X, sau ultraviolet îndepărtat și mediu, sunt absorbite de atmosfera terestră. Spunem că atmosfera terestră este opacă la aceste lungimi de undă. Pentru aceste domenii la care atmosfera nu permite observații de la sol, observații complementare pentru asteroizi se pot obține prin utilizarea instrumentelor din spațiul extraatmosferic.

Observațiile de la sol sunt deopotrivă afectate de moleculele atmosferei terestre chiar și pe domeniile spectrale sus-menționate, în care atmosfera este transparentă. Compușii moleculari pot absorbi total sau parțial, în anumite lungimi de undă, radiația electromagnetică ce are energia comensurabilă cu diverse moduri de rotație sau vibrație ale moleculelor. De exemplu, în infraroșu apropiat, în domeniul spectral 2,5-2,9 micrometri atmosfera este opacă în proporție de 100% din cauza absorbției moleculelor de apă din atmosferă. Această bandă de absorbție se numește bandă telurică și trebuie disociată de rezultatele intrinseci obținute de la observația unui asteroid.

În zilele noastre, cel mai uzitat detector pentru observațiile asteroizilor (și a stelelor în general) este camera CCD. Acronimul vine de la Charge Coupled Device (detector cu transfer de sarcină electrică), iar supremația lui s-a instaurat de aproximativ 25 de ani. Imaginile obținute sunt digitale și au marele avantaj că se pot procesa rapid și de o manieră automată prin intermediul tehnicii de calcul moderne. CCD-ul cu tehnologie pe bază de semiconductori de siliciu permite acoperirea intervalului spectral 0,4-1,0 micrometri. Pentru alte domenii spectrale se folosesc alte tehnologii pentru semiconductori, cum ar fi tehnologia elementelor chimice Indiu-Stibiu.

În funcție de interesul științific, observațiile asteroizilor pot fi filtrate prin utilizarea unor domenii spectrale specifice. Cel mai cunoscut filtraj în domeniul filtrelor de bandă largă este cel propus de Johnson. Astfel, în zilele noastre, filtrele propuse de acesta în ultraviolet, albastru și verde (filtrele U, B, V) au fost completate cu alte filtre centrate pe lungimi de undă între 0,7 și 2,3 micrometri (filtrele R, I, J, H, K). Alte sisteme de filtre au fost propuse pentru asteroizi ca fiind mai adaptate științei acestora. Odată cu avansul tehnologic pentru detectori cercetătorii au evoluat în știința asteroizilor spre observațiile spectroscopice ale acestora și caracterizarea lor spectrală.

### Concluzie

Asteroizii au devenit o categorie de obiecte foarte studiată în ultimele trei decenii. Această scurtă introducere va permite cititorilor revistei un scurt survol al domeniului și referințele actuale necesare fundamentării studiului lor. Categoria corpurilor mici din Sistemul solar, prin numărul de obiecte și localizarea lor între planete, reprezintă un laborator în mărime naturală pentru studierea și aplicarea metodelor științifice moderne în astronomie. Prezentarea acestor obiecte prin prisma unei prime aproximații pur observaționale va permite dezvoltarea ulterioară în revista Fizica și Tehnologiile Moderne a mai multor subiecte

științifice de actualitate vizând aceste obiecte. Acest articol va fi luat în considerare ca punct de referință la viitoarele articole.

## Referințe

- [CDT2014] *Connaissance des Temps Ephémérides astronomiques- 2014* ISBN 2759810496
- [Cunningham1988] Cunningham, Clifford, "Introduction to Asteroids: The Next Frontier", 1988, ISBN 0-943396-16-6
- [Nedelcu2010] Nedelcu, Alin, "Modélisation dynamique et spectroscopique des astéroïdes; Applications aux géocroiseurs et aux cibles de missions spatiales", Teza de doctorat, iunie 2010.
- [Birlan1996] Birlan M., Fulchignoni M., Barucci M.A. – "Effects of IRAS albedo corrections on Barucci's asteroid taxonomy", *Icarus*, 124, pp 352-354, 1996.
- [Barucci1987] Barucci M.A., Capria M.T., Coradini A., Fulchignoni M. 1987. *Icarus* 72, 304.
- [Gomes2005] Gomes, R.; Levison, H. F.; Tsiganis, K.; Morbidelli, A. (2005). "Origin of the cataclysmic Late Heavy Bombardment period of the terrestrial planets". *Nature* **435** (7041): 466–469.
- [Morbidelli2010] Morbidelli, A. Brasser, R., Gomes, R. Levison, H.F.; Tsiganis, K. (2010). "Evidence from the Asteroid Belt for a Violent Past Evolution of Jupiter's Orbit". *The Astronomical Journal* **140** (5): 1391–1401.
- [Morbidelli2002] Morbidelli, A.; Bottke, W. F., Jr.; Froeschlé, Ch.; Michel, P. (2002)- Origin and Evolution of Near-Earth Objects, în *Asteroids III*, W. F. Bottke Jr., A. Cellino, P. Paolicchi, and R. P. Binzel (eds), University of Arizona Press, Tucson, p.409-422
- [Birlan2010] Birlan, M.; Nedelcu, A. (2010) - The Physics of Asteroids and Their Junction with Dynamics, în *Dynamics of Small Solar System Bodies and Exoplanets* by J. Souchay and R. Dvorak (Eds.), *Lecture Notes in Physics* Vol. 790 Springer Berlin / Heidelberg ISSN 1616-6361; ISBN 978-3-642-04457-1, pp.229-250
- [Jewitt2003] Jewitt, D.; Luu, J. (2003) Discovery of the candidate Kuiper belt object 1992 QB1, *Nature* (ISSN 0028-0836), vol. 362, no. 6422, p. 730-732
- [Morbidelli2004] Morbidelli, A. (2004) How Neptune Pushed the Boundaries of Our Solar System, *Science* Vol 306, Issue 5700, 1302-1304**
- [Chapman2004] Chapman, C. (2004) The hazard of near-Earth asteroid impacts on earth, *Earth and Planetary Science Letters*, Volume 222, Issue 1, p. 1-15
- [Alvarez1980] Alvarez L. W., Alvarez W., Asaro F., and Michel H. V. (1980). Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science* 208:1095–1108.
- [Keller2004] Keller, G. Adatte, T., Stinnesbeck, W., Stüben, D., Berner, Z., Kramar, U., Harting, M. (2004) More evidence that the Chicxulub impact predates the K/T mass extinction, *Meteoritics & Planetary Science*, Vol. 39, No. 7, p.1127-1144
- [Brown2013] Brown, P. G., Assink, J. D., Astiz, L., Blaauw, R., Boslough, M. B., Borovička, J.; Brachet, N., et al (2013) A 500-kiloton airburst over Chelyabinsk and an enhanced hazard from small impactors, *Nature*, Volume 503, Issue 7475, pp. 238-241
- [Borovička2013] Borovička, J., Spurný, P., Brown, P., Wiegert, P., Kalenda, P., Clark, D., Shrubený, L. (2013) The trajectory, structure and origin of the Chelyabinsk asteroidal impactor, *Nature*, Volume 503, Issue 7475, pp. 235-237
- [Popova2013] Popova, O.P., Jenniskens, P., Emel'yanenko, V., Kartashova, A., Biryukov, E., Khaibrakhmanov, S., Shuvalov, V., Rybnov, Y., Dudorov, A. et al (2013) Chelyabinsk Airburst, Damage Assessment, Meteorite Recovery, and Characterization, *Science*, Volume 342, Issue 6162, pp. 1069-1073
- [Kowal1996] *Asteroids: Their Nature and Utilization*, Kowal, C. T.. Wiley, Chichester (UK), 1996, XVII + 153 p., ISBN 0-471-96039-X

[Kargel1994] Metalliferous asteroids as potential sources of precious metals (1994) Journal of Geophysical Research (ISSN 0148-0227), vol. 99, no. E10, p. 21,129-21,141

[Abell2012] Abell, P. Barbee, B.W., Mink, R.G.; Adamo, D. R.; Alberding, C. M.; Mazanek, D. D.; Johnson, L. N.; Yeomans, D. K.; Chodas, P. W. et al. (2012) - The Near-Earth Object Human Space Flight Accessible Targets Study (NHATS) List of Near-Earth Asteroids: Identifying Potential Targets for Future Exploration, American Astronomical Society, DPS meeting #44, #111.01

[Reddy2012] Reddy, Vishnu; Corre, Lucille Le; Hicks, Michael; Lawrence, Kenneth; Buratti, Bonnie J.; Abell, Paul A.; Gaffey, Michael J.; Hardersen, Paul S. (2012) - Composition of near-Earth Asteroid 2008 EV5: Potential target for robotic and human exploration, Icarus, Volume 221, Issue 2, p. 678-681

### **Muțumiri:**

Autorul articolului este profund recunoscător lui Patrick Rocher, astronom la Institutul de Mecanică Cerească și de Calcul al Efemeridelor, pentru acordul în utilizarea elementelor grafice necesare Figurii 1.

*Recepționat pentru publicare la 24 decembrie 2014.*

## MISIUNEA ROSETTA (Rendez-vous după 10 ani de călătorie)

Ștefan D. Tiron

După o călătorie de zece ani, sonda spațială *Rosetta*, lansată de Agenția Spațială Europeană (ASE) la 2 martie 2004, a ajuns pe 6 august 2014 la cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko la aproximativ 400 de milioane de kilometri de Pământ. *Rosetta* va însoți și studia cometa timp de peste un an în calea ei spre periheliul orbitei sale - punctul de pe orbită cel mai apropiat de Soare.

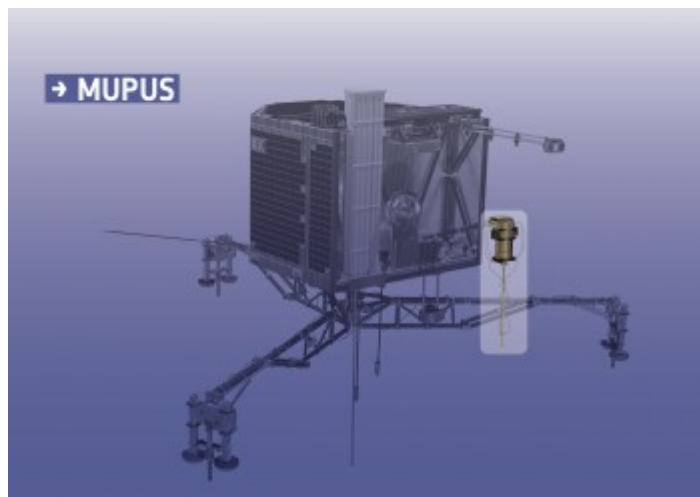
Ideea misiunii *Rosetta* a fost concepută la începutul anilor 1980, chiar înainte ca un alt aparat cosmic

al ASE, cu numele *Giotto*, să se apropie de o altă cometă, faimoasa cometă 1P/Halley, și să realizeze prima imagine detaliată a nucleului văzut vreodată al unei comete. Succesul misiunii *Giotto* din 1986 i-a încurajat pe cercetători să proiecteze o nouă misiune și mai îndrăzneță.

Misiunea *Rosetta* a avut ca scop întâlnirea cu cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, coborârea pe cometă a unui aparat robotizat care să cerceteze structura și fracțiunile izotopice ale nucleului cometar și escortarea cometei în mișcarea ei orbitală în jurul Soarelui până după periheliu.

Călătoria a fost una complexă, pentru că nava nu poate să ajungă direct la cometă. Ea a trebuit să facă o serie de manevre orbitale în jurul Soarelui spre a se apropia de trei ori de Pământ și o dată de Marte (în februarie 2007) pentru a-și schimba de fiecare dată viteza și traiectoria pe seama energiei câmpului gravitațional al Pământului și al planetei Marte. În drum spre cometă 67P, *Rosetta* a trecut pe lângă doi asteroizi: la distanța de 800 km de asteroidul *Steins*, de numai 5 km în diametru (5 septembrie 2008) și la distanța de 3162 km de asteroidul *Lutetia*, cu diametrul de 130 km (în iulie 2010). După ce trecuse de *Lutetia*, *Rosetta* avea viteza de 54000 km/oră și încă patru ani de zbor până la cometă. Deși nava este echipată cu panouri solare de mari dimensiuni extrem de eficiente, bazate pe cele mai noi tehnologii, ea era atât de departe de Soare, încât energia generată de bateriile solare nu ar fi fost suficientă pentru a menține toate sistemele navei în stare operațională. În aceste condiții, unica soluție a fost de a trece nava în regim de hibernare pentru o perioadă de patru ani, prin deconectarea tuturor sistemelor, cu excepția computerului de bord și a cronometrului pornit în regim de numărătoare inversă până la 20 ianuarie 2014, ora 10:00 UTC. La această dată *Rosetta* s-a "trezit", a reactivat comunicațiile și „a telefonat acasă”, la Centrul European de Operațiuni Spațiale din Darmstadt, Germania.

La 12 noiembrie 2014, semnalul recepționat la Centrul Spațial de pe Terra a confirmat aterizarea (asolizarea) cu succes pe suprafața cometei 67P a robotului *Philae*. Este pentru prima dată în istorie când un aparat robotizat a atins suprafața unei comete. În următoarea fază a misiunii, *Rosetta* va însoți cometa ca un satelit al ei în calea spre periheliu (punctul de pe orbita sa cel mai apropiat de Soare) unde va ajunge la 13 august 2015.



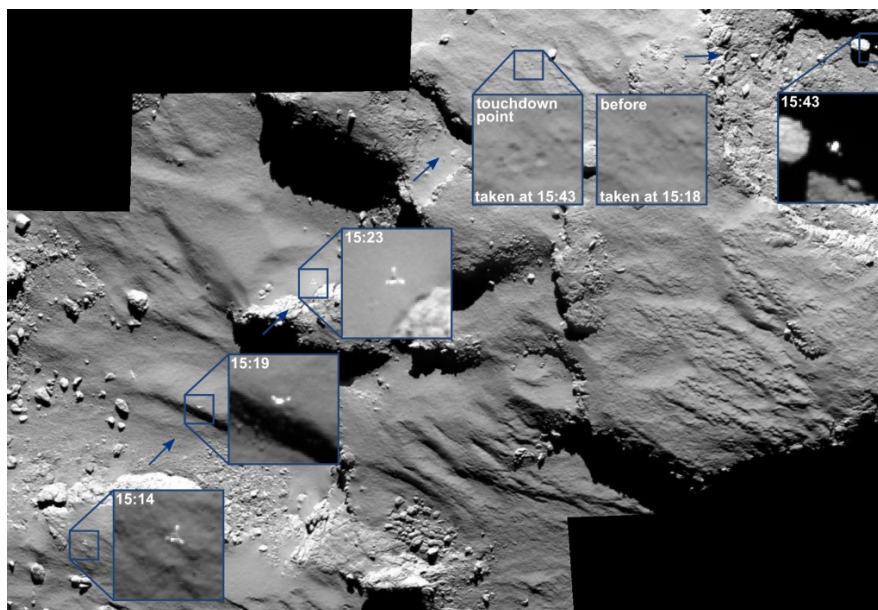
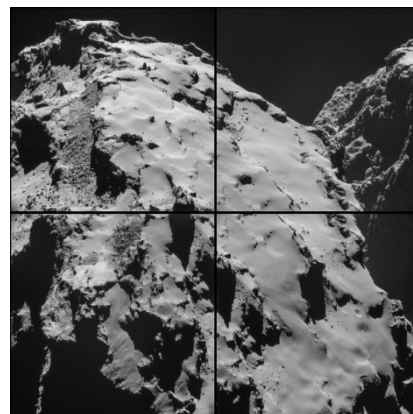
Locul de aterizare a aparatului Philae a fost ales de către sonda Rosetta, care orbitează în jurul cometei, în baza imaginilor colectate de la distanța de 30-100 km de la cometă. Primele date recepționate după aterizarea robotului au arătat o situație cu totul neașteptată – Philae a atins solul cometei nu o singură dată cum era programat, ci de trei ori! Aceasta s-a întâmplat din cauza unei defecțiuni la harpunul de prindere de sol al unuia din picioarele robotului. În consecință, după două salturi robotul a aterizat definitiv la aproximativ 1 km de locul ales inițial. În timpul coborârii, camera fotografică a robotului a pus în evidență că suprafața cometei este acoperită cu praf și bolovani de până la un metru mărime. Din datele telemetrice obținute se estimează că stratul de praf are 10–20 cm grosime, sub care se află gheață.

Temperatura înregistrată de instrumentul MUPUS în locul de aterizare era de  $-153^{\circ}\text{C}$ .

Cometele se consideră a fi elementele constitutive primare ale Sistemului solar, care au putut să “furnizeze” apă pe Pământ, dar poate chiar și ingredientele necesare pentru viață. Însă au rămas încă multe întrebări fundamentale despre aceste obiecte enigmatice nedelegate și misiunea *Rosetta* are ca scop să răspundă la ele prin cercetarea comprehensivă, la fața locului, a cometei.

Cometa 67P, la fel ca și celelalte comete, poartă numele celor care au descoperit-o. Ea fost observată pentru prima oară la 20 septembrie 1969, când astronomii Klim Churyumov și Svetlana Gerasimenko din Kiev au vizitat Institutul de Astrofizică din Alma-Ata, Kazakhstan, pentru a efectua un studiu al cometelor. Cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko este una din numeroasele comete cu perioade orbitale mai mici de 20 de ani, numite comete scurtperiodice. Deoarece orbitele lor sunt influențate de gravitația planetei gigante Jupiter, ele mai sunt numite comete din familia lui Jupiter. Se consideră că aceste comete își au originea în Centura Kuiper, o regiune situată dincolo de orbita planetei Neptun, populată de corpuri mici de gheață. În urma ciocnirilor sau perturbațiilor gravitaționale, unele din aceste corpuri sunt aruncate din Centura Kuiper spre Soare.

Atunci când cometele intersectează orbita planetei Jupiter, ele interacționează gravitațional cu planeta gigantă și ca rezultat orbitele lor se modifică treptat până când cometele sunt aruncate în afara Sistemului solar ori se ciocnesc cu vreo planetă sau cu Soarele. Astfel, la fiecare apropiere de Jupiter, cometa 67P era adusă mai aproape de regiunea interioară a Sistemului solar. Analiza evoluției orbitei cometei arată că până în 1840 periheliul orbitei ei era la distanța de 4 UA (în jur de 600 de milioane km) de Soare (1 UA este distanța medie de la Pământ la Soare). Distanța fiind prea mare, căldura solară nu era suficientă pentru a vaporiza nucleul bogat în gheață al cometei și a-i forma coada. Din această cauză cometa nu era observabilă de pe Pământ. Trecherile ulterioare în apropiere de Jupiter au redus



treptat distanța la periheliu, care în 1959 a ajuns la 1,29 UA. În 2015, distanța cometei de la Soare la periheliu va fi de 1,243 UA sau 186 milioane de km. În prezent, cometa Cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko orbitează în jurul Soarelui pe o traiectorie eliptică având perioada de revoluție de 6,45 ani, cu afeliul (punctul cel mai îndepărtat de Soare) dincolo de Jupiter și periheliul între orbita Pământului și orbita planetei Marte. Cometa a fost observată de pe Pământ de 7 ori, ultima data în 2009. Imaginile obținute în martie 2003 cu camera de la bordul telescopului spațial Hubble arată că nucleul ei are dimensiunile de aproximativ 5x3 km. În imaginile de înaltă rezoluție obținute de *Rosetta*, cometa apare ca o structură cu doi lobi. Nu se știe deocamdată dacă această structură s-a format prin contopirea a două comete separate în trecutul Sistemului solar sau aceasta este o singură cometă care s-a erodat asimetric cu timpul.

Din observații rezultă că nucleul cometei face o rotație în aproximativ 12 ore. Dacă cometa se va comporta ca în 2003 și în 2009, jeturile principale de gaz urmează să devină vizibile cu o lună înainte de periheliu, adică la mijlocul lunii iulie 2015. Pe măsură ce cometa se apropie de Soare, gheața din nucleu sublimază și cometa începe să ejecteze cantități crescânde de praf. Aceasta duce la dezvoltarea în jurul nucleului solid a unui nor difuz de praf și gaz numit *coma* – și ulterior a unei *cozi* îndreptate în direcție opusă Soarelui. La apariția din 2009, cometa nu era prea strălucitoare, având magnitudinea vizuală de aproximativ  $12^m$ , chiar și la maximum său de activitate, la aproximativ o lună după trecerea prin periheliu, ceea ce înseamnă că pentru a o observa de pe Pământ este nevoie de un telescop.

*Rosetta* deschide un nou capitol în explorarea Sistemului solar. Datele colectate de către sonda Rosetta în imediata apropiere de nucleul cometei 67P vor permite cercetătorilor să urmărească schimbările de scurtă și lungă durată care au loc pe cometă, ajutându-i să răspundă la un șir de întrebări foarte importante privind structura și compoziția cometelor, cosmogonia Sistemului Solar, rolul jucat de comete în evoluția planetelor, în apariția apei pe Pământ și poate chiar a vieții pe planeta noastră.

Rosetta este o misiune a Agenției Spațiale Europene cu contribuția statelor membre și a Agenției Spațiale americane NASA.

*Prezentată la redacție: 12 noiembrie 2014*

**Agencia Spațială Europeană (ASE)** este o organizație interguvernamentală, înființată în 1975 cu misiunea de a contribui la dezvoltarea capacităților spațiale ale Europei și a asigura ca investiția în spațiu să aducă beneficii cetățenilor Europei și lumii. ASE are 20 de state membre: Austria, Belgia, Republica Cehă, Danemarca, Finlanda, Franța, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburg, Olanda, Norvegia, Polonia, Portugalia, România, Spania, Suedia, Elveția și Marea Britanie, dintre care 18 sunt state membre ale UE.

ASE dezvoltă lansatoare de rachete, nave spațiale, echipamente la sol, necesare pentru a menține Europa pe linia întâi a activităților spațiale globale. În prezent, ASE lansează sateliți de cercetare a Pământului, de navigație, telecomunicații și astronomie, precum și sonde spațiale spre regiunile îndepărtate ale Sistemului solar. ASE cooperează și cu alte agenții spațiale în explorarea spațiului cosmic.

F	E	C	E	W	D	C	A	L	O	R	I	E
C	I	I	T	O	J	I	C	C	D	K	U	Y
I	D	T	E	L	U	O	J	N	X	R	E	L
N	I	S	M	O	T	A	E	A	B	M	C	A
E	N	A	P	K	I	M	S	I	O	C	M	O
M	A	L	D	J	O	T	L	L	I	E	U	E
A	M	P	N	N	A	I	E	T	C	R	R	G
T	I	V	E	T	H	C	A	A	C	A	H	M
I	C	F	I	C	U	T	N	U	T	C	Y	E
C	A	C	E	L	S	I	L	S	O	S	R	F
A	A	W	A	K	C	I	N	E	T	I	C	A
S	A	E	L	A	S	T	I	C	D	M	O	Q
T	Q	O	P	Y	G	A	K	Q	T	F	H	T

Identificați termenii de mai jos în careul cu litere.

FENOMEN  
 MECANICA  
 CINEMATICA  
 DINAMICA  
 STATICA  
 ATOM  
 MOLECULA  
 ECHILIBRU  
 STATIC  
 PLASTIC  
 ELASTIC  
 CINETIC  
 STARE  
 LUCRU  
 JOULE  
 WATT  
 CALORIE  
 MISCARE