

# Inițiere în cercetarea științifică a elevilor de liceu (Initiation in research of the high school students)

MIRCEA IGNAT

*Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Inginerie Electrică - Cercetări Avansate*

The author presents the preoccupation to the initiation in scientific research of the high school students which constitutes a distinct objective for educational offices of the traditional communities as: USA; Germany; Holland. In paper is presented a case study of the initiation of the Alexandru Proca Centre, initiative of the National Institute for Research and Development in Electrical Engineering (13 september 2013). Alexandru Proca Centre include students of the important colleges and lyceums of Bucharest with distinct scientific results at the international competitions of the research projects as INESPO, INTEL, etc. Other aspects of the Centre are also presented: the organization; the structure; the initiation course; the scientific projects; the team; the members evaluation.

*Keywords:* Research initiation, High school, The scientific educational preoccupations

## 1. Introducere

Atunci când în toamna anului 2013, mai precis pe 13 septembrie, a fost înființat primul centru de excelență pentru inițierea tinerilor în cercetarea științifică de pe lângă INCDIE-CA (Institutul Național de Cercetare Dezvoltare în Ingineria Electrică-Cercetări Avansate), mulți din cei prezenți (majoritatea cercetători științifici) vedeau o mare utopie într-un astfel de demers, dacă nu cumva (așa cum am auzit în discuții pe la colțuri) - o mare prostie.

De amintit aici Thomas Kuhn [1], care punea o etichetă, care a produs o mare stare de tulburare la prima lectură a lucrării pentru autorul acestor rânduri. Comunitatea științifică și cercetătorii, în general, dau dovadă de o mare stare de conservatorism, când este vorba de schimbări esențiale, lucru confirmat de viața în lumea cercetării, mai ales a celei românești [2,3], încât părerea de mai sus a colegilor nu a contat aproape de loc. Oricum au fost puțini entuziaști, în cadrul acelei întâlniri, mare parte aparținând comunității profesorilor de liceu și membrilor fondatori de atunci, elevi în majoritate de la Colegiile „Tudor Vianu” și „Sfântul Sava”.

De mai mult de 10 ani, se poate vorbi de o nouă tendință în occident și anume de o nouă preocupare de inițiere în cercetarea științifică, la nivel de liceu. Olimpiadele de cercetare științifică pentru elevii de liceu reprezintă pentru mai multe țări, cum ar fi SUA, Olanda, China ș.a. o competiție cel puțin la fel de importantă cu olimpiadele de matematică, fizică, chimie, biologie, informatică etc. Astfel, sistemul

competițional mondial, la nivelul elevilor de liceu s-a îmbogățit cu sistemele de competiții de tip olimpiade de cercetare de marcă. Să enumerăm câteva:

- INESPO este poate cea mai importantă competiție de proiecte la nivel european, la care a participat cu succes o echipă românească în 2013, cucerind o medalie de argint;

- INTEL este cea mai importantă olimpiadă pe proiecte de cercetare inițiată de firma cu același nume, care adună, în fiecare an, în SUA, peste 1700 de elevi calificați în fazele naționale;

- INFOMATRIX este în Europa, printre inițiatori fiind și **Fundația Lumina**, care a inițiat și Liceul Internațional de Informatică. Mai este și Olimpiada de cercetare în energie, care are loc, în fiecare an, la Houston, Texas, SUA. De menționat că acest tip de olimpiadă, adică olimpiada pe proiecte de cercetare, nu este recunoscută în România. Desigur, este vorba de Ministerul Educației și Cercetării, principala autoritate în domeniu. Nu este un reproș, numai că, în foarte multe domenii, lăsăm ca defazajul față de Occident să se mărească mult prea mult, încât în timp devine insurmontabil.

Care ar fi motivația interesului privind inițierea în cercetarea științifică la vârste atât de fragede? De menționat, în acest sens, rapoartele ICSU (*International Council for Science*) privind educația științifică [4]. Aceste rapoarte indică o situație îngrijorătoare, chiar în țările cu o foarte bună tradiție în cercetarea științifică, mult amplificată în țările cu o mai slabă tradiție, ce alocă fonduri și investiții neglijabile privind educația și cercetarea științifică. A se vedea România în rapoartele europene din

perioada 2012-2014, dar și comparativ bugetele din țările din Europa cu cele ale SUA, referitor la demersurile și inițiativele privind publicațiile specifice și atragerea tineretului spre cercetarea științifică, inițierea spre carierele de cercetător pentru tinerii elevi și studenți. Mai jos sunt prezentate câteva considerații ale ICSU, deja un organism cu aderenți în majoritatea țărilor cu notorietate în cercetarea științifică și educație, valabile mai ales în perioada 2012 - 2017.

1. ICSU dorește să încorporeze, ca scop explicit, îmbunătățirea educației științifice și a literaturii științifice în Planul Strategic 2012-2017, în rezonanță cu misiunea Consiliului central „Puterea științei în beneficiul societății”.

2. Sunt necesare alocări de resurse, cât și responsabilități specifice pentru coordonarea educației științifice de către ICSU, cât și a unor legături mai strânse cu oficiile și filialele regionale.

3. Promovarea educației și a unor programe interdisciplinare printre membrii ICSU sau organizațiile asociate, programe legate de educația științifică, cât și de componentele de comunicare aferente.

4. Panelul ad-hoc include multe portaluri existente, cu acces la domenii largi pe educația științifică, pe resurse și inițiative, ce trebuie exploatate eficient, pentru o utilizare a tuturor partenerilor afiliați. De remarcat prezența neglijabilă la marile olimpiade de cercetare științifică (INTEL, INESPO) pentru tinerii elevi, nesuținută oficial de autoritățile românești, în aceeași măsură de cea de educație și cea de cercetare științifică.

Propun ca măcar o delegație formată din câte un reprezentant al celor două autorități să participe cu rol de informare și cunoaștere la ediția din acest an a olimpiadei INTEL 2016, care se va desfășura la Pheonix (SUA), în luna mai.

Mai jos, redăm subiectele de competiție ale ediției din 2015 a olimpiadei INTEL, desfășurată la Pittsburgh. Devizele principale ale olimpiadei au fost:

- *Think Possible.*
- *Society for Science & the Public acknowledges with gratitude.*

De reținut că la INTEL 2015, România a avut trei echipe calificate în fazele preliminare, proiecte admise de o comisie stabilită de filiala INTEL România:

- Harvesting Cube din Centrul de inițiere în cercetarea științifică de pe lângă INCDIE-CA cu Andrei Corbeanu, Luca Florescu, ambii de la Colegiul Tudor Vianu, clasa a X-a;

- Daniel Coșovanu, Liceul „Alexandru Tomșa Vodă”, Solca, clasa a XII-a;

- Centrul de inițiere în cercetarea științifică de pe lângă INCDIE-CA cu Cristian Dragomir, Alexandru Glonțaru, amândoi de la Colegiul Tudor Vianu, clasa a XII-a, coordonați de Prof. Carmen Mincă.

Din păcate, din cauza lipsei finanțării, la Pittsburgh au ajuns numai Andrei Corbeanu și Daniel Coșovanu. Menționez că nu a existat o finanțare oficială, cheltuielile de transport trebuind să fie asigurate din resurse proprii, organizatorii asigurând cazarea. Ceilalți 4 elevi calificați au rămas la București, motiv pentru care echipa Harvesting Cube a primit o penalizare de echipă, iar neprezentarea celorlalte echipe a condus la un avertisment referitor la numărul de echipe, ce vor fi admise pe viitor din partea României.

Pentru o imagine mai bună, pentru acest tip de competiție, sunt redată în tabelul 1 cele 19 domenii la care au fost admisi 1700 de participanți, împărțiți pe echipe ale proiectelor. Se mai adaugă o topică: științele sociale.

*Tabelul 1. Situația proiectelor pe domenii la Olimpiada INTEL 2015*

1. Micobiology (MCRO)	53
2. Social science (BEHA)	50
3. Cellular and molecular biology (CEL)	48
4. Chemistry (CHEM)	64
5. Computational biology bioinformatics (CBIO)	47
6. Engineering chemical (EGCH)	35
7. Engineering physical (EGPH)	67
8. Engineering mechanical (EGMC)	58
9.Environment Engineering (ENEV)	75
10.Mathematics (MATH)	43
11.Physics and Astronomy (PHYS)	56
12.Animal Science (ANIM)	38
13.Biomedical Health Science (BMED)	67
14.Embedded Systems (EBED)	48
15.Robotics and Intelligent Systems (ROBO)	21
16.System Soft (SOFT)	55
17.Material Science (MATSO)	62
18.Plant Science (PLANT)	46
19. Earth and science of earth (EAEVO)	77

De menționat ca nu au existat proiecte bazate pe lego.

## 2. Studiu de caz. Centrul de inițiere în cercetarea științifică

Așa cum se menționa la începutul articolului, pe 13 septembrie 2013, a fost înființat un Centru de inițiere în cercetarea științifică pentru tinerii elevi, în cadrul INCDIE-CA.

De amintit un scurt istoric. În toamna lui 2012, am fost solicitat să ajut o echipă de cercetare formată din doi elevi de la Colegiul „Tudor Vianu”, atunci în clasa a X-a, Ștefan Iov și Alex Glonțaru, la un proiect privind adezivul de păianjeni, care a fost apoi înscris și acceptat la competiția de proiecte de cercetare INESPO 2012 din Olanda, unde cei doi elevi au primit medaliile de argint. Ei au fost, inițial, încurajați de profesoara de biologie Simona Dragomir, de la Colegiul „Tudor Vianu” și apoi îndrumați la Institutul de Biologie al Academiei, de către un generos cercetător Prof. Ioan Ardelean. Au apărut, apoi, unele probleme legate de construcția unei case pentru păianjeni, cu dotări și caracterizări în ceea ce privește firul de păianjen. Anterior, colaborasem cu Dl. Prof. Ardelean la câteva proiecte interdisciplinare și, cunoscându-ne, am fost rugat să-i ajut. Astfel, din octombrie 2012, a început o colaborare cu 2-3 ore întâlniri săptămânale, timp în care am construit partea inginerescă a proiectului, utilizând pe cât posibil o metodologie științifică, ce a inclus modul de abordare a temei: documentarea, un protocol teoretic, un protocol experimental etc.

Acest început a dus la ideea inițierii unui Centru de excelență. De performanța celor doi elevi, Ministerul Educației a aflat printr-un comunicat al Ambasadei României din Olanda, ambasadoarea fiind invitată la festivitatea de premiere fără să cunoască faptul că România avea o echipă, care va câștiga medaliile de argint. A fost o surpriză plăcută, dar mă gândesc oare de ce Ministerul Educației nu avea informații despre astfel de preocupări? Nici astăzi olimpiadele de proiecte de cercetare nu sunt oficial recunoscute.

Ideea a fost susținută, însă, de directorul INCDIE-CA, Prof. Wilhelm Kappel, astfel încât la câteva săptămâni de la eveniment, am organizat o conferință de presă cu Ștefan și Alex, la care au mai fost invitați profesori, reprezentanți ai MAE (primii care au descoperit performanța), ziariști. Trebuia să vină și câteva televiziuni, care nu au mai ajuns, deoarece, în aceeași zi, a fost și scandalul de corupție cu bacalaureatul de la Liceul „Bolintineanu”, desigur un eveniment mult mai „important”, cu mai mare impact mediatic. Atunci, a fost anunțat și demersul

institului de a crea acest centru. Astfel, pe 13 septembrie 2013, cu ocazia unei sesiuni de comunicări, a apărut, oficial, acest centru.

O fotografie cu prima generație de olimpici ai Centrului, la o cină de rămas bun, înaintea bacalaureatului din 2015, se poate vedea în Fig. 1. Din fotografie lipsește Tudor Vișan Miu de la Colegiul „Gheorghe Lazăr”.



*Fig.1 Imagine cu prima generație de olimpici pe proiecte de cercetare, toți elevii atunci la Colegiul „Tudor Vianu”. De la stânga la dreapta - în paranteză se indică actuala universitate unde sunt în prezent studenți -: Cristian Dragomir (MIT, Boston, SUA), Andrei Pangratie (UPB, Facultatea de Automatică Calculatoare), Alexandru Glonțaru (Politehnica din Bremen, Germania), Dr. Ing. Mircea Ignat - Coordonatorul centrului, Ștefan Iov (Universitatea din Heidelberg, Facultatea de Biochimie, Germania), Matei Sarivan (Universitatea Politehnică din Aalborg, Danemarca), Raluca Turcu (Universitatea de Arhitectură din Sheffield, Anglia).*

Este o imagine la care țin foarte mult, fiindcă am convingerea că, în scurt timp, vom auzi despre performanțele lor profesionale din domeniul cercetării științifice.

Se observă că aproape toți sunt înscriși la universități prestigioase, cinci dintre ei, din păcate pentru România, la universități din Occident. La înscriere la universitățile din Occident, unde au aplicat, a contat mult și CV-ul lor pe cercetare, fiind cooptați, deja, în echipe de cercetare pe proiecte, ce includ studenți și profesori.

Menționez că am avut un chestionar, ce a fost distribuit elevilor. Acesta se referea la opțiunile lor, care, în principal, erau pentru universitățile unde au fost admiși ulterior. Unul din răspunsurile lor ferme a fost că, în principal, nu urmăresc neapărat, o situație financiară, care nu este de neglijat, dar în prima etapă, își doresc să se încadreze într-o comunitate normală, unde nu există pericolul de a se

pierde într-o mediocritate, care pune presiune din ce în ce mai mare pe România.

### 3. Structura Centrului „Alexandru Proca”

În structura Centrului „Alexandru Proca” din cadrul INCDIE-ICPE-CA intră 6 tipuri de echipe: Harvesting; Inginerie Medicală; Bionică; Istoria și filozofia științei; Știința materialelor și Acționări electromecanice și microrobotica.

Instrumentele de lucru, în cadrul Centrului, sunt următoarele:

- I. curs de inițiere în cercetarea științifică;
- II. ateliere pe teme și proiectele științifice cu echipele stabilite;
- III. participarea la competiții și evenimente științifice. Calendarul competițional anual;
- IV. întâlnirile și dialogurile centrului.

Cursul de inițiere în cercetarea științifică include următoarele capitole:

- I.1 definirea și ideea de cercetare științifică;
- I.2 o istorie succintă a cercetării științifice și câteva aspecte filozofice;
- I.3 tipuri de cercetare științifică și specificul lor. Studii de caz;
- I.4 profiluri de cercetători. Cine trebuie să facă cercetare științifică;
- I.5 identificarea temelor de cercetare. Nișele tematice, prognozele explorative și prognozele normative;
- I.6 formularea și reformularea temei de cercetare;
- I.7 metodologia cercetării științifice. Protocolul teoretic și protocolul experimental;
- I.8 teoria științifică. Prezentare și definiții generale;
- I.9 modelul teoretic, modelul experimental, prototipul și transferul tehnologic;
- I.10 cercetarea tehnologică;
- I.11 fazele unui proiect de cercetare;
- I.12 interdisciplinaritate și transdisciplinaritate. Cultura interdisciplinară. Echipele interdisciplinare;
- I.13 diseminarea rezultatelor cercetării. Seminarul științific, conferințele și atelierele științifice. Prezentarea unei lucrări științifice;
- I.14 critica în domeniul cercetării științifice. Principiile dogmatice ale criticii: principiul de judecare; principiul de clasificare și principiul de explicare;
- I.15 evaluarea cercetării științifice. Lumea bună și lumea mediocră;
- I.16 unele chestiuni despre avangardă în cercetarea științifică.

Încă din primele cursuri, elevii olimpici sunt îndrumați în modul în care se face abordarea unei teme de cercetare științifică și, apoi, se prezintă o listă de teme din care vor alege una, amiabil, în funcție de atractivitatea pe care o simte fiecare. Tot amiabil se formează și echipele, bazate, de cele mai multe ori pe prietenii existente, deja, în cadrul liceului sau colegiului. Elevilor li se prezintă modul în care se face abordarea unei teme de cercetare, mod expus în cadrul cursului și consolidat în cadrul laboratorului, când se lucrează la o temă dată.

În majoritatea cazurilor, intrarea în Centru, echipele și abordarea temei se fac în clasa a IX-a, desigur, cu arsenalul de matematică, fizică, chimie, biologie, informatică existent la acea oră. Cursul este predat în general, la sediul liceului sau colegiului, în cazul în care sunt mai mulți elevi, dar pentru cazul unor echipe singulare, acest lucru se efectuează în cadrul institutului.

De menționat că dintre cei care vin la Centrul de inițiere, cei rămași, care continuă să se inițieze, sunt în raportul 3/5 din următoarele motive:

- se preferă mai mult prezența la o olimpiadă de matematică, fizică, informatică etc. De multe ori, aici intervin părinții;
- după un timp, activitatea nu îi mai atrage, crezând că domeniul cercetării științifice este mult mai spectaculos, fiind controlat de magicieni;
- nu prezintă consecvența necesară, încât performanțele care apar nu îi mai stimulează.

De remarcat că totul se desfășoară în domeniul jocului [5,6,8,10]. Atenție, a jocului nu a divertismentului. Tot timpul se va avea în vedere că o metodă de învățământ este bună când au de învățat atât profesorul cât și elevul, lucru pe care îl știm de la Nicolae Iorga. Astfel, mai adaug că ar fi bine ca ambele părți să posede un bun simț al umorului și să nu se ia foarte în serios și cu orice preț. În cadrul Centrului ne întâlnim și plecăm cu zâmbetul pe buze, iar coordonatorul trebuie să intre în joc, la fiecare temă nu să păstreze o distanță, care să influențeze comunicarea. Adică, trebuie să se confunde, în majoritatea timpului, cu membrii echipei. Este o calitate intelectuală bine apreciată, de exemplu, de mulți laureați ai premiului Nobel, cum ar fi Bertrand Russel și Richard Feynman [8-10].

Evident că inițierea nu va epuiza toate aspectele pe care le implică cercetarea științifică. O ultimă chestiune procedurală: nimeni dintre cei care participă la acest curs nu va trebui să învețe ceva pe dinafară, cum se face de multe ori în învățământul convențional.

În prezent, lucrăm cu 12 elevi de la Colegiul „Tudor Vianu”, Colegiul „George Coșbuc” și Liceul

Internațional de Informatică la 5 teme, cum ar fi: Giant Energy; Medical Rehabilitation Monitoring; Magnetic Bacteria; Elastomer Applications si Eyes. Scopul constă în calificarea la INTEL 2016 din SUA sau INESPO 2016 din Olanda. Întâlnirea cu echipele are loc în condiții normale, o dată pe săptămână 2 ore pentru lucrări și experimente specifice fiecărui proiect (fără orele de curs), dar în apropierea competițiilor pot fi chiar 2 sau 3 întâlniri. Întâlnirile pe proiect iau în considerație programul școlar, care are prioritate sau pregătirea olimpiadelor pe materii.

În cadrul Centrului de inițiere în cercetarea științifică se va înființa un Consiliu Științific, corespunzător organizării institutelor de cercetare, ce va include Șeful sau Coordonatorul Centrului și 4 membri ai echipelor de cercetare, aleși după activitatea științifică depusă în cadrul Centrului, după următoarele criterii.

Începând cu 2015, se va efectua în cadrul Centrului o evaluare anuală cu următoarele punctaje:

- participare la competiții naționale; 1 p
- participare la competiții internaționale; 2 p
- premii obținute la competiții naționale (INFOMATRIX fază națională, ROSEF, etc.); 3 p
- premii la competiții internaționale (INFOMATRIX internațional, INESPO, etc.); 4p
- premii la competiția INTEL +ISEF; 6p
- articole în reviste necotate ISI; 5 p
- articole în în reviste cotate ISI; 8p
- comunicări la evenimente științifice interne; 3p
- comunicări la evenimente științifice internaționale;

7p.

#### 4. Concluzii

Se poate aprecia că în țările occidentale se acordă o foarte mare atenție inițierii în cercetarea științifică a elevilor de liceu. Astfel, programele de învățământ mai flexibile și cu diviziuni sau module specifice fiecărui domeniu pot fi auxiliare deosebite în acest proces de inițiere. Sunt implicate și marile institute, cum ar fi Max Plank în Germania, sau marile universități în cazul echipelor americane de inițiere, care au beneficiat de ajutorul unor universități cum sunt: Harvard, Caltech, New York etc. și desigur, lista poate continua.

În mod evident, elevii ajunși în echipele pentru competiția ISEF-INTEL sunt selecționați în faze progresive, inițiați în metodică cercetării, familiarizați cu protocolurile teoretice sau experimentale.

În mod sigur, rețeta privind inițierea tinerilor elevi de liceu în cercetarea științifică (care nu este

aplicată de mult timp, deci este vorba de un defazaj mic față de România), va da rezultatele scontate.

Desigur, pentru multe din țările occidentale simbioza liceelor cu institutele de cercetări se face după un program bine stabilit de autoritățile naționale cu sume serioase implicate. Nu este cazul nostru, când rezultatele obținute sunt datorită atât dedicației profesorilor și elevilor, cât și voinței părinților, care contribuie cu sumele necesare deplasărilor la olimpiadele internaționale, Ministerul Educației și Cercetării neimplincându-se în niciun fel. Totuși, rezultatele sunt bune, atunci când se fac bilanțurile anuale ministeriale sau pe liceu.

În final, prezint, două devize după care se ghidează membrii Centrului: 1. „Știința este putere (Fr. Bacon, *Meditationes sacrae*, 1598) și citez 2. „Vă doresc un singur lucru - să aveți norocul de a ajunge într-un loc unde să vă bucurați de libertatea de a vă păstra integritatea, unde nevoia de a rămâne în instituție, de a primi sprijin financiar etc., să nu vă oblige să vă pierdeți integritatea. Vă doresc să aveți parte de această libertate. (Richard Feynman)”.

Adaug în anexă și Manifestul centrului.

Mulțumim, pe această cale Prof. Dr. Dorin N. Poenaru, distins cercetător în cadrul IFIN-HH (Institutul National de Fizică și Inginerie Nucleară „Horia Hulubei”, Măgurele-București), care a stabilit contactul cu nepoata marelui fizician român Alexandru Proca pentru ca numele acestui remarcabil savant român să fie purtat de Centrul de Inițiere în Cercetare Științifică! Nu suntem numere, suntem nume, după cum spunea Nicolae Noica.

#### ANEXA: MANIFESTUL CENTRULUI PENTRU INIȚIEREA TINERILOR ÎN CERCETAREA ȘTIINȚIFICĂ

Cercetarea științifică include trei vectori importanți:

- erudiție
- imaginație
- implicare

Fiecare comunitate și fiecare cercetător este caracterizat de evoluția celor trei vectori:

- cercetarea științifică este joc (nu divertisment);
- cercetarea științifică este un domeniu de excelență ce nu poate include mediocritatea. Este un domeniu de avangardă și nu unul de rutină;
- cercetarea științifică nu include, în mod direct, salariați, ci numai cercetători; adică membri ai acestei comunități, dedicați și preocupați de creație, utilizând tot timpul un demers intelectual ;
- nu există decât un singur teritoriu al cercetării științifice pentru toate comunitățile; nu există un tip

de cercetare în Congo, unul în Insulele Capului Verde, unul în SUA și unul în România. Din acest punct de vedere, și evaluarea are aceleași criterii pe întreg teritoriul cercetării științifice;

- scopul principal al cercetării științifice este lupta pentru idei și mai sigur pentru generarea de noi idei și exploatarea ideilor. Din acest punct de vedere, este desigur un domeniu strategic pentru o țară civilizată. Astfel, se impune ca domeniul să fie făcut de elite nu de mediocrități. Dacă se întâmplă altfel, este clar că avem o pierdere de investiții și de timp;

- cercetarea științifică este o paradigmă (vezi noțiunea introdusă de Thomas Kuhn), care nu se poate desfășura fără metodologie. O abordare rudimentară a cercetării științifice, fără o metodologie asimilată este un eșec!

- așa cum te formezi și asimilezi metodologia, așa vei aborda și temele de cercetare științifică.

- cercetarea științifică nu se desfășoară între ore fixe; de la 7:30 la 16 sau de la 9 la 17:30 cu recuperări, ea este un proces continuu, și, din acest punct de vedere, nu au loc decât persoanele dedicate pentru care generarea, construcția și aplicațiile de idei reprezintă adevărata satisfacție;

- compilația și furtul de idei sunt cele mai grave acuzații, care se pot aduce unui cercetător științific. Dacă aceste acuzații sunt întemeiate, acest cercetător trebuie eliminat din comunitatea științifică. Nu există proceduri etice de negociere în aceste cazuri! Din acest punct de vedere, este bine să ne bazăm pe caractere!

## Bibliografie

- [1] Kuhn S. Thomas, The structure of Scientific revolutions, University of Chicago Press, 1970. (Structura revoluțiilor științifice), Ed. Humanitas., 1999. (Ed. Științifică și Enciclopedică, Buc. 1976).
- [2] Frangopol Petre T., Învățământul superior între mediocritate și competitivitate, în Mediocritate și Excelență - O radiografie a științei și învățământului din România, Editura Cartea Cărții de Știință, Cluj-Napoca, pag. 99 – 118.
- [3] Singer F.M., Cercetarea științifică românească în educație; încotro? Revista de Politica Științei și Scientometrie, vol.2, no.4, dec. 2013, pp. 286-302.
- [4] \*\*\* Report of the ICSU Ad Hoc Review Panel on Science Education, Alexis Foundation 2013.
- [5] Wagner T., Formarea inovatorilor. Cum crești tinerii care vor schimba lumea de mâine, Editura. Trei, București, 2014.
- [6] Beveridge W.I., Arta cercetării științifice, Editura. Științifică, București, 1968.
- [7] Bacon Francisc, Noul organon, Editura Academiei, 1957.
- [8] Russell Bertrand, Cunoașterea lumii exterioare, Editura Humanitas, București, 2013.
- [9] Ortega y Gasset, Misiunea universității, Editura. Univers, București, 1999.
- [10] Feynman R., De ce râdeți Domnule Feynman, Editura Humanitas, 2013.

---

Autor corespondent: mircea.ignat@icpe-ca.ro