

# Fizica și Arheometria (Physics and Archaeometry)

BOGDAN CONSTANTINESCU\*, PETRE T. FRANGOPOL

*Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară “Horia Hulubei”, Str. Reactorului 30, C.P. MG-6, 077125 Măgurele, Ilfov, România*

---

A short history of archaeometrical research in Romania, mainly focused of physics involvement – atomic elemental analysis methods and gamma-irradiation for disinfection, is presented. Some recent examples of studies performed by IFIN-HH specialists are described. A special attention is given to the authentication of the famous gold Dacian bracelets. Some aspects related to the perspectives of the archaeometry in Romania are discussed.

---

Spirala din ce în ce mai accelerată a progresului tehnico-științific are ca rezultat inclusiv transformarea radicală a unor profesii din domeniul cercetării. Astfel, arheologii secolului al XXI-lea sunt acum detectivi, care caută să rezolve misterele trecutului folosind, din ce în ce mai mult, “ustensilele” științelor exacte. Arheologul, în mentalul multora până acum, reprezenta imaginea unei persoane care se ocupă cu operațiunea dificilă de scoatere la lumina zilei a “urmelor” trecutului, de la ruinele construcțiilor până la diverse obiecte (arme, podoabe, ustensile, vase ceramice etc) realizate prin munca omului (artefacte). Pentru neavizați, noțiunea de arheologie poate să pară mai mult istorie, decât ceea ce este ea în fond, o știință distinctă. Arheologii își propun să reconstituie “universul” (habitatul, paleodieta, mijloacele de producție, dar și cele de luptă, credințele religioase etc.), în care au trăit oamenii din trecut, și, de asemenea, să înțeleagă creația lor materială, inclusiv cea artistică (istoria materialelor și a tehnologiilor pentru producerea obiectelor și monumentelor). Istoricii timpurilor mai recente se folosesc de documentele scrise, la care adaogă obiectele existente pentru a ilustra viața și istoria popoarelor din vremurile mai apropiate. Pentru un arheolog, documentele scrise sunt puține, dacă acestea există. În multe cazuri, artefactele fizice reprezintă tot ceea ce arheologii pot să aibă la îndemână pentru a încerca să reconstruiască trecutul din obiectele în sine și din starea mediului, care le-a păstrat până la scoaterea lor la lumină (solul, porțiunile de teren înconjurătoare). Interpretarea semnificației artefactelor găsite a devenit aproape imposibilă, fără ajutorul arheometriei.

Știința interdisciplinară a arheometriei, apărută la sfârșitul secolului al XIX-lea, devenită de sine stătătoare în jurul anului 1950, poate fi definită ca

aplicarea și folosirea științelor naturale (matematica, fizica, chimia, biologia, geologia) în studiile de arheologie și de istoria artei. Prin metodele și tehnicile de lucru de care dispune, ea este în măsură, astăzi, să dea răspunsuri precise la un număr de întrebări, care pot ajuta la reconstituirea istoriei unei descoperiri arheologice (artefacte, resturi umane și, în general, organice, urme de construcții) aflate în studiu. De exemplu: cât de vechi este artefactul sau scheletul? Din ce materiale (compoziție) este realizat obiectul? Care este originea și proveniența sa? Care este zoo-specia sau, în cazul resturilor umane, tipul de populație căreia îi aparține materialul biologic? Pentru a înțelege consensul ce există între arheometrie și arheologie, putem împărți arheometria în cinci subgrupe care implică: **1.** metode fizice de datare; **2.** analize fizice și chimice ale probelor, inclusiv pentru materialele biologice, provenite dintr-un context arheologic – cea mai spectaculoasă fiind cea a DNA-ului antic; **3.** reconstituirea mediului înconjurător, care poate fi gândită, în termenii unor studii de paleontologie ale mediului, fie dintr-o perspectivă biologică sau geologică a acestuia; **4.** prospectări geofizice; **5.** metode matematice de procesare a datelor arheologice, care includ, printre altele, modelări matematice, analize statistice și care înseamnă și analize de reconstituire de tip 3D.

Arheometria a apărut datorită laboratoarelor de la British Museum (Londra), Smithsonian Institute (Washington D.C.), Muzeul Louvre (Paris), care, în dorința de a înțelege și pătrunde în istoria marilor valori ce le dețineau în colecțiile lor, au sprijinit dezvoltarea acestei noi științe, inclusiv prin conferințe internaționale și prin înființarea unor reviste indexate și cotate în sistemul ISI (Web of Knowledge) de profil - de exemplu “Archaeometry”, înființată în 1958 sau mai recentul “Journal of

Archaeological Science”, care și-au câștigat o reputație binemeritată.

Una dintre cele mai popularizate – mai ales în mass-media - metode arheometrice este datarea-determinarea vârstei artefactelor, conținând materii organice (de la lemn și țesături până la oseminte), cu ajutorul Carbonului-14, radioactiv, spectaculos verificată pe probe de lemn de acacia din mormântul faraonului Zoser, a 3-a Dinastie (circa 2700-2600 î.Chr.), care au aparținut Egiptului preistoric. Metoda a fost descoperită de Willard Libby (SUA), pentru care a primit Premiul Nobel pentru chimie (1960). În prezentarea acordării premiului se afirmă: “Rareori o singură descoperire în chimie a avut un asemenea impact asupra gândirii, în atâtea domenii ale activității umane. Rareori o singură descoperire a generat un interes public atât de larg”. O altă metodă performantă este datarea prin luminiscentă, care se bazează pe faptul că aproape toate mineralele naturale sunt termoluminescente. Acest fenomen este folosit pentru datarea rocilor, materialelor litice și a ceramicii. Proba încălzită produce lumină. Cantitatea de lumină eliberată poate fi măsurată și este proporțională cu doza de radiații absorbită de probă, de-a lungul timpului; această doză acumulată variază cu vârsta probei și cu cantitatea de elemente radioactive-urmă, pe care proba o conține. De remarcat că, în ultimii ani, în România, au început, pentru ambele metode, diverse studii preliminare care aporie, cu siguranță, ziua în care și la noi se vor putea face astfel de analize-datări de mare interes.

În țara noastră, arheometria s-a născut după 1970, deși, se poate afirma că, disparat, de la sfârșitul secolului al XIX-lea au existat studii antropologice, paleozoologice, petrografice, metalografice, care au sprijinit cercetarea arheologică românească. Începuturile au fost modeste și s-au bucurat de entuziasmul și implicarea benevolă a unor cercetători din domeniul fizicii nucleare din cadrul Institutului de Fizică Atomică-IFA (Măgurele-București) și a filialei sale IFA de la Cluj-Napoca. Aceștia s-au raliat Seminarului de Arheometrie de la Muzeul Național de Istorie al Transilvaniei (MNIT) din Cluj-Napoca (Gh. Lazarovici ș.a.), care a organizat anual conferințe naționale, datorită cărora s-au pus bazele arheometriei moderne românești. Au apărut volumele 1 și 2 (în limba engleză) ale lucrărilor conferințelor clujene “Archaeometry in Romania-Physics methods in Archaeology” (editori P.T. Frangopol și V. V. Morariu), editate sub egida IFA –Măgurele și, recent, la Editura Mega-Cluj, volumul 3 (editori Z. Maxim, D. Bindea, L. Săsăran) realizat de MNIT, care face și un istoric detaliat al începuturilor arheometriei românești. Menționăm și cursurile de matematică și informatică aplicate în arheologie și cele de arheoastronomie, organizate de Florin Stănescu la Universitățile din Sibiu și Alba Iulia și volumul “Arheologie informatizată”, editat de Dorel

Micle la Timișoara. Toate aceste acțiuni, din ultimii 30 de ani, au coagulat colaborări, proiecte, mese rotunde, dezbateri, simpozioane, care au contribuit la maturizarea arheometriei românești, la sprijinirea ei materială de oficialități, cât și la afirmarea ei pe plan internațional.

Institutul Național de Fizică și Inginerie Nucleară “Horia Hulubei”-IFIN HH (“moștenitorul” fostei IFA-Măgurele) a luat inițiativa organizării, începând cu primăvara anului 2008, la București, în colaborare cu Muzeul Național de Istorie al României (MNIR) București și Muzeul Național de Istorie al Transilvaniei, a unor simpozioane de profil pentru un schimb de idei, care să ateste nu numai dezvoltarea arheometriei ca știință, dar și rolul acesteia tot mai important în studiul bogatului patrimoniu cultural din țara noastră. Sprijinul Autorității Naționale pentru Cercetarea Științifică (ANCS), prin finanțarea celor patru simpozioane desfășurate până acum (proiectele ARHEOMET și ROMARCHEOMET ale IFIN-HH), a fost semnificativ în recunoașterea rezultatelor de nivel internațional ale cercetărilor arheometrice din România. Participanții - fizicieni, chimiști, arheologi, geologi, specialiști în restaurare din majoritatea centrelor universitare din țară, dar și din Germania, Polonia, Franța, Bulgaria, Ungaria, Serbia, Moldova, Rusia, au abordat tematici specifice precum: arheometalurgia, aurul și argintul dacic în context european, metode de datare (Carbon-14, termoluminiscentă, dendrocronologie), geoarheologie, noi metode fizico-chimice de analiză compozițională-microfluorescența de raze X indusă de radiația sincrotronică, spectroscopia Raman, microgravimetria, microscopia electronică, spectroscopia vibrațională non-contact, difracția și tomografia de raze X, iradierea gama pentru conservarea pieselor de patrimoniu (lemn, hârtie, peliculă) etc.

Un pas organizatoric foarte important l-a constituit înființarea în 2011 a Societății Naționale de Arheometrie – SARC, care numără deja aproape o sută de membri cotizanți și care a preluat ștafeta organizării simpozioanelor de profil.

Cel mai spectaculos succes al cercetării arheometrice românești l-a constituit, fără îndoială, autentificarea celebrelor brățări de aur Dacice. Prestigioasa revistă “Antiquity” (Marea Britanie) [1], a publicat, în decembrie 2010, articolul “The Sarmizegetusa Bracelets” având ca autori pe Bogdan Constantinescu, Ernest Oberlander-Târnoveanu, Roxana Bugoi, Viorel Cojocaru și Martin Radtke, articol care prezintă autentificarea și analiza acestor splendide brățări Dacice din sec. I î.Chr. De remarcat că imaginile uneia dintre brățări a format coperta numărului respectiv al revistei. Informațiile din acest articol au fost preluate și de site-ul National Geographic în ianuarie 2011:

<http://news.nationalgeographic.com/news/2011/0/1/110113-transylvanians-gold-bracelets-treasure-dracula-vampires-science/?plickOnPage=1>

Brățările, aproximativ 24, găsite de căutătorii ilegali (hoții) de comori, au fost vândute peste hotare și recuperate (o parte) de statul român din Franța, Germania și SUA, datorită efortului autorităților din România, cu sprijinul Interpolului. Splendidele bijuterii au fost realizate, în principal, din aurul din albiile râurilor, la care s-a adăugat și aur extras din filoanele de suprafață ale minelor din Transilvania. Prelucrarea lor este în formă polispiralică, decorate cu capete stilizate de șerpi și palmete. Locurile de unde au fost dezgropate se află în proximitatea marelui centru sacru de la Sarmizegetusa Regia, sit aflat pe lista UNESCO a Patrimoniului Cultural Mondial. Un amănunt semnificativ al valorii unei brățări este punerea în vânzare a uneia dintre ele de către celebra casă de licitații Christie's din New York, în 8 decembrie 1999. Brățări similare din argint erau deja cunoscute, nu însă din aur. Metoda de analiză a compoziției materialului brățărilor a fost aceea a fluorescenței de raze X (XRF), efectuate cu spectrometre fixe și portabile, dar și cu ajutorul radiației sincrotrone (micro SR-XRF). Analizele indică procentajul elementelor din aliajul aurului, raportul dintre cele trei componente principale: aur, argint, cupru, dar și urme de elemente ca staniu și stibiu, care au fost găsite și în specimene de aur, provenind de la Muzeul Aurului Brad, ceea ce atestă folosirea surselor de aur din zonă. Au fost folosite și alte metode fizice extrem de precise - de exemplu, în SUA cele bazate pe laseri (LA-ICP-MS) - care au confirmat aceste date.

Modelul ales al șarpelui spiralat are o valoare deosebită, mai mare decât cea estetică, fiind legat de mediul social și religios al unei culturi specifice a populației autohtone, capul de șarpe fiind un totem al Dacilor, reprezentat pe steagul lor. Nu intrăm în interpretările semnificației culturale ale acestor brățări Dacice.

Datorită importanței lor științifice și artistice, dar și a cantității de aur înmagazinat, descoperirea brățărilor dacice nu poate fi comparată decât cu cea a tezaurului de la Pietroasele (descoperit în 1837). Până acum, s-au recuperat 11,7 kg de aur, dar cele 24 de exemplare depistate, probabil, că vor fi cântărit peste 20 kg de aur (cele 12 obiecte din tezaurul Pietroasele au 19 kg, dar, inițial, au fost 22 de piese inițial, cântărind, probabil, peste 30 kg de aur).

Amintim doar trei dintre articolele pe acest subiect, apărute în reviste de fizică de prestigiu:

- Elemental analysis through X-ray techniques applied in archaeological gold authentication – the case of Transylvanian gold and of the Dacian bracelets, B. Constantinescu, R. Bugoi, V. Cojocaru, R. Simon, D. Grambole, F. Munnik, E. Oberländer-

Târnoveanu, Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy [2].

- Micro-SR-XRF studies for archaeological gold identification - the case of Carpathian gold and Romanian museal objects, B. Constantinescu, A. Vasilescu, M. Radtke, U. Reinholz, Applied Physics [3].

- A study on gold and copper provenance for Romanian prehistoric objects using micro-SR-XRF, B. Constantinescu, A. Vasilescu, M. Radtke, U. Reinholz, Journal of Analytical Atomic Spectrometry, [4].

O altă activitate, prin care fizica nucleară susține patrimoniul cultural, este tratarea în câmpuri intense de radiații gama a diverselor obiecte din muzee, arhive, biserici, colecții aflate în pericol de degradare biologică.

Biodegradarea este datorată, mai ales insectelor (carii de exemplu), dar și mușcăiurilor, ciupercilor, bacteriilor. Celuloza, lignina, colagenul reprezintă hrana preferată a acestor vietăți și, totodată, sunt constituenții principali ai lemnului, hârtiei, textilelor sau pielii. Desigur, procesul de degradare este complex. Un rol important în distrugerea patrimoniului cultural îl joacă și factori fizico-chimici, precum umiditatea excesivă, gazele poluante din atmosferă, temperatura, lumina etc. Adesea aceștia favorizează atacul biologic

În lupta dificilă pentru conservarea patrimoniului, o metodă deosebit de avantajoasă este dezinfectia prin iradiere gamma. Menționăm, ca exemplu faimos, tratarea mumiei lui Ramses al II-lea, adusă în acest scop din Egipt în Franța, pentru iradiere.

Publicația "Nuclear Physics News" (Marea Britanie), vol 18, nr.1 (2008), precum și Serviciul de Presă al Agenției Internaționale de Energie Atomică de la Viena (în 2010) semnalează rezultatele deosebite obținute la IFIN-HH Măgurele, în cadrul Departamentului de iradiere tehnologice. Menționăm câteva exemple:

1. *stoparea unui puternic atac biologic activ de carii, apărut la biserica de obște din comuna Izvoarele, județul Prahova.*

Acțiunea a fost similară unei dezinfectii generale spitalicești și a implicat tratarea, în timp record, de 4 zile, a întregului inventar din lemn – aproximativ 10 m<sup>3</sup> (iconostas, balcon, scaune împărătești, restul mobilierului, strane etc; podeaua a fost înlocuită). Piesele de mari dimensiuni, precum iconostasul (6x8 m) au fost dezasamblate pentru a putea fi transportate și manipulate. După 8 ani de zile, nu există nici un semn de reinfecție.

2. *salvarea Arhivei Naționale de Filme*

Gelatina prezentă în compoziția filmului este sensibilă la umiditatea din aer; deci, constituie un mediu favorabil dezvoltării ciupercilor care amenințau filmele păstrate în condiții nefavorabile.

Iradieră peliculelor a zeci de filme vechi a stopat degradarea peliculei.

### 3. *tratarea inventarului Muzeului Aman din București.*

Pentru a fi salvată de igrasia care amenința să o năruiască, cocheta clădire de secol al XIX-lea a muzeului a suferit o restaurare capitală. S-au refăcut fundațiile și s-au hidroizolat și s-a refăcut tencuiala, în întregime. Toate obiectele din interior, ce ar fi putut fi infestate, inclusiv mobilierul, ușile, instrumentele artistului (~37 m<sup>3</sup>) și 110 m<sup>2</sup> de tapet au fost iradiate.

În ultimul timp, două noi investiții de maximă importanță pentru arheometrie sunt în curs de punere în funcțiune la IFIN-HH: acceleratorul dedicat spectrometriei atomice de masă (AMS), unde datarea cu Carbon-14 (determinarea raportului izotopic C-14/C-12) este „regina” cercetărilor și acceleratorul de 3 MV, dotat cu sistem de micro-fascicul, dedicat analizelor de materiale, inclusiv a celor de interes arheologic (aur, argint, bronz, ceramici, sticlă, pigmenți minerali, etc). Sperăm cu toții că intrarea în funcțiune a acestor două noi mari instalații de cercetare va însemna un pas important în ridicarea nivelului cercetării interdisciplinare, folosind metode atomice și nucleare în România.

Ca o concluzie, putem afirma că arheometria românească a demonstrat maturitatea sa științifică, prin prezența în paginile revistelor internaționale de profil, din ultimii ani. Exemplele oferite în acest articol sunt doar câteva mărturii din numeroasele existente, care atestă competența recunoscută profesională a cercetătorilor români, dar și dragostea lor pentru abordarea problemelor fundamentale ale culturii naționale. Identificarea, punerea în valoare, conservarea și restaurarea inestimabilelor valori ale Patrimoniului Cultural reprezintă o datorie de interes național a echipelor de arheometriști și arheologi care colaborează, putem afirma, într-o manieră interdisciplinară, colegială, făcând să dispară granițele dintre științe.

Există, totuși, și umbre în tabloul arheometriei românești. Prima este general valabilă pentru toată lumea cercetării științifice de la noi – resursa umană din ce în ce mai puțină și de calitate tot mai slabă pe care o produce sistemul universitar, sistem aflat el însuși într-o degradare ce pare de neoprit, prin proliferarea mediocrității și a imposturii, însoțită de respingerea criteriilor de performanță de tip occidental de către majoritatea celor din sistem. Contrareforma, la care tocmai am început să asistăm, este un semn rău pentru cei care mai speră într-o normalizare în sens vest-european a învățământului universitar românesc. În cazul arheometriei, este ilustrativ totalul dezinteres al facultăților de istorie, lucru “explicabil” și prin deteriorarea accentuată a calității cadrelor lor didactice, din ultimii câțiva ani. Datoria de interes național ar trebui să fie mai

pregnantă și la nivelul Ministerului Culturii și Cultelor, care ar trebui să-și îmbunătățească prestația în domeniu, de exemplu, în colaborare cu Consiliile Județene pentru protejarea siturilor arheologice de pe teritoriul acestora, dar și cu Ministerul de Interne pentru stoparea traficului cu obiecte de patrimoniu.

Ne aflăm, astăzi, în 2012, în situația ciudată că eforturile arheometriei românești, izvorâte dezinteresat din dragostea pentru istoria națională în anii '70, din secolul trecut, nu pot rămâne singulare fără sprijinul financiar extrem de important al ANCS și al Ministerului Culturii, dar și al Legislativului, care trebuie să elaboreze, în sfârșit, o legislație de tip european în ceea ce privește protecția Patrimoniului Cultural Național.

Dar speranța moare ultima.



### Bibliografie

- [1] B. Constantinescu, E. Oberlander-Târnoveanu, R. Bugoi, V. Cojocaru, M. Radtke, *The Sarmizegetusa Bracelets*, *Antiquity*, **84**, 1028 (2010).
- [2] B. Constantinescu, R. Bugoi, V. Cojocaru, R. Simon, D. Grambole, F. Munnik, E. Oberländer-Târnoveanu, *Elemental analysis through X-ray*

- techniques applied in archaeological gold authentication – the case of Transylvanian gold and of the Dacian bracelets*, *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* **64**(11), 1198 (2009).
- [3] B. Constantinescu, A. Vasilescu, M. Radtke, U. Reinholz, *Micro-SR-XRF studies for archaeological gold identification - the case of Carpathian gold and Romanian museal objects*, *Applied Physics A* **99**(2), 383 (2010).
- [4] B. Constantinescu, A. Vasilescu, M. Radtke, U. Reinholz, *A study on gold and copper provenance for Romanian prehistoric objects using micro--SR-XRF*, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, Vol. **26**(5), 917 (2011).
- [5] R. Bugoi, V. Cojocaru, B. Constantinescu, T. Calligaro, L. Pichon, S. Roehrs, J. Salomon, *Compositional studies on Transylvanian gold nuggets: Advantages and limitations of PIXE-PIGE analysis*, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, vol. **266**(10), 2316 (2008).
- [6] A. Neacșu, G. C. Popescu, B. Constantinescu, A. Vasilescu, D. Ceccato, *The geochemical signature of native gold from Roșia Montană and Musariu ore deposits, Metaliferi Mts. (Romania); Preliminary Data*, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol. **4**(1), 49 (2009).

---

\*Autor corespondent: bconst@nipne.ro