

Alexandru Proca (1897 - 1955), savantul de renume internațional, necunoscut în România (Alexandru Proca (1897 - 1955), internationally renowned scientist, unknown in Romania)

DORIN N. POENARU

Institutul Național de Fizică și Inginerie Nucleară „Horia Hulubei”, Măgurele-București

Alexandru Proca was a Romanian engineer and a French physicist who left Romania when he was 26. In 1925 he graduated Faculty of Science at Sorbonne University and in 1930 he was naturalized French citizen. He became famous in 1936 when he published Proca's equations of the massive vector boson field. Proca is considered the founder of modern school of French theoretical physics due to the Proca Seminar (1946-1955) at the Poincaré Institute. After a short chronology we present a brief biography and few notions of relativistic quantum fields, particularly the Proca field.

Keywords: Proca equation, Famous French physicists born in Romania, Romanian Engineers

1. Introducere

Una dintre crizele cele mai profunde ale societății noastre constă în lipsa unor criterii de valoare. Majoritatea românilor, absolvenți de liceu sau chiar de facultate, nu sunt capabili să spună care sunt principalele personalități culturale și științifice române, care s-au făcut cunoscute în țară și străinătate prin opera lor. Dacă în cazul scriitorilor, programele școlare ale elevilor sunt cuprinzătoare, nu se poate spune același lucru despre oamenii de știință (biologi, fizicieni, matematicieni, medici etc.).

Una dintre consecințele acestui fapt, extrem de dăunător dezvoltării țării noastre, este plecarea tinerelor talente în străinătate și probabilitatea mică de a reveni.

La începutul secolului trecut, într-o perioadă de mari descoperiri științifice, o serie de fizicieni români, plecați la studii în Franța și Germania, s-au afirmat cu putere prin realizările lor științifice excepționale. Profesorii Horia Hulubei[1,2] și Șerban Țiteica au revenit în țară și au avut un rol determinant în dezvoltarea învățământului și cercetării fizicii din România.

Nu s-a întâmplat același lucru cu cel mai mare teoretician de origine română, Alexandru Proca, rămas în Franța, unde nu a fost îndeajuns de apreciat. Ne propunem să prezentăm mai jos o scurtă biografie a lui Proca, *în speranța că autoritățile care conduc*

destinele învățământului și cercetării de la noi vor dori să îl popularizeze printre elevi, studenți și cercetători, ca model de urmat. Continuăm, astfel, să aducem în atenție nume mari, cum sunt cele ale celor 4 laureați ai premiului Nobel născuți în România [3]. Alexandru Proca s-ar fi putut număra printre aceștia, dacă ar fi împărțit cu Hideki Yukawa premiul Nobel pentru Fizică în anul 1949.

Spre marea noastră satisfacție, constatăm că există un început în rândul elevilor, pornit de la INCDIE-ICPE CA (Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru Inginerie Electrică, Cercetări Avansate), unde un Centru de Excelență pentru liceeni olimpici, coordonat de către Dr. Ing. Mircea Ignat, va purta, începând cu această toamnă, numele „Alexandru Proca”. Deocamdată, acest centru nu este finanțat de autorități. Prin grija INCDIE-ICPE CA (Director general Prof. Dr. Wilhelm Kappel), copiii au acces la aparatura de cercetare, sălile de conferințe și consultanții din Institut. Și părinții elevilor contribuie la sponsorizare, mai ales când este vorba de deplasări la concursuri internaționale.

Faptul că cel mai mare Institut Național de Cercetare din România (IFIN-HH) poartă numele lui Horia Hulubei este o excepție, care s-a dovedit foarte productivă. De curând, am avut onoarea să particip la o masă rotundă [4], organizată la Mănăstirea Bârsana din Maramureș, unde a dorit să fie îngropată Yvette Cauchois (1908-1909) - fosta colaboratoare a lui

Horia Hulubei (1896-1972). Este de remarcă că autorii lucrării [5] au publicat la pagina 321 fotografia mormântului (făcută de către autorul Marco Fontani). Cu alte cuvinte, un străin a ajuns până în acel colț de Maramureș pentru a cinsti în cartea domniei sale memoria unei fiziciene de geniu. Cred că putem învăța foarte multe din acest nobil gest!

Expunerea de mai jos se bazează pe prezentarea detaliată [6], care include și elemente introductive de teoria câmpurilor cuantice relativiste (Klein-Gordon (spin 0), Dirac (spin $\frac{1}{2}$), Proca (spin 1 și masă nenulă), Rarita-Schwinger (spin $\frac{3}{2}$) etc.) și publicațiile [7-11].



Fig. 1. Alexandru Proca.

2. Cronologie

Născut în București, la 16 octombrie 1897; absolvent al liceului „Gheorghe Lazăr” din București (1915); școala militară și Primul Război Mondial (1917-1918); student la Facultatea de Electrotehnică a Școlii Politehnice din București (1918-1922); inginer la Societatea Electrică din Câmpina și asistent la catedra de Electricitate (șef Vasilescu Karpen) (1922-1923); 1923 pleacă în Franța, declarând că are „ceva de spus în fizică”; 1925 absolvent al Facultății de Științe a Universității Sorbona din Paris; (1925-1927) cercetător experimentalist la „Institut du Radium” condus de Marie Curie; (1930-1931) devine cetățean francez, se căsătorește cu Marie Berthe Manolesco și se înscrie

la doctorat la prințul Louis de Broglie; (1930) Editor șef al revistei *Annales de l'Institut Henri Poincaré*; (1931-1933) Boursier de Recherches, Institut Henri Poincaré; (1933) își susține teza de doctorat *Sur la Théorie relativiste de l'électron de Dirac dans un champ nul* în fața unei comisii formată din Jean Perrin, L. Brillouin, L. de Broglie; 1934 plecat în străinătate (un an) la E. Schroedinger (Berlin) și câteva luni, cu bursa Rockefeller, la N. Bohr (Copenhaga) unde întâlnește pe W. Heisenberg și G. Gamow; 1936-1941 *Ecuatiile Proca (câmp cuantic vectorial bosonic masiv)*; 1938 articole privind ecuațiile „Proca” scrise de mari savanți: Yukawa, Wentzel, Taketani, Sakata, Kemmer, Heitler, Froehlich, Bhabha; (1939) Proca este invitat la celebrul Congres Solvay, dar începe războiul și este numit inginer șef al Radiodifuziunii Franceze; 1943 predă cursuri la Universitatea din Porto, Portugalia; (1943-1945) în Anglia ca răspuns la invitația Royal Society și British Admiralty de a se implica în efortul pentru război; (1946) începe Seminarul Proca la care invită fizicieni de prestigiu din străinătate; în 1949, lui H. Yukawa i se conferă premiul Nobel pentru teoria forțelor nucleare mediate de mezoni; în 1949 și 1950 încercările de a fi numit în funcția de șef de catedră la Sorbonna și respectiv, College de France au eșuat; în 1950 împreună cu P. Auger organizează colocviul de fizica teoretică al CNRS; în 1951 este delegatul Franței la General Meeting of International Union of Physics; între 1953-1955 suferă de cancer laringeal; moare la Paris la 13 Decembrie 1955; în 1990 este numit membru de onoare postmortem al Academiei Române.

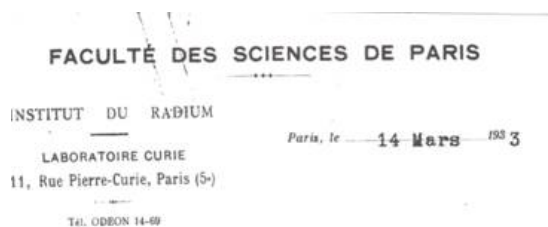
3. Scurtă biografie

S-a născut la București în ziua de 16 Octombrie 1897. Tatăl său era inginer constructor, fost elev al Școlii Centrale de Arte și Meserii din Paris, unul dintre constructorii gării de sud din Ploiești. Ca elev al secției reale a liceului „Gheorghe Lazăr” (absolvent promoția 1915) și apoi student (1915-1916) la secția de matematică a Facultății de Științe, a corespondat la „Gazeta Matematică” fondată în 1895. La șaptesprezece ani cunoștea, la perfecție, limbile franceză, engleză și germană.

În timpul Primului Război Mondial, la mobilizarea generală din 1917, urmează cursurile unei școli militare de ofițeri de rezervă din Iași și este trimis pe front ca genist. În iunie 1918, este lăsat la vatră cu grad de sublocotenent. În „Scrisoare către tineri” (publicată în revista „Dacia”, la 20 Decembrie 1918), face un apel patetic la mobilizarea tuturor energiilor creatoare ale oricărui tânăr român: „*de a-și*

începe viața lui de aici înainte unei munci necurmăte, cinstite și pururea însufletită de o aprigă dorință de a ridica și întări cât mai mult iubita noastră țară, atât de umilită și batjocorită până ieri...”

Își reia studiile intrând prin concurs la Școala de Poduri și Șosele, care devine, în 1920, Școala Politehnică. În 1920, studentul secției de Electromecanică prezintă colegilor și profesorilor o serie de conferințe asupra teoriei relativității restrânse a lui Einstein. Tot în acel an, se pare, guvernul român a cumpărat mașini electrice după o vizită de două luni a tânărului Proca la uzinele de locomotive Baldwin din Philadelphia, SUA. Impreună cu E. Abason și T. Tănăsescu, A. Proca devine redactor al unei reviste, care s-a numit peste câțiva ani, „Buletinul de matematică și fizică pură și aplicată al Școlii Politehnice din București”.



Je certifie qu'avant d'entreprendre des travaux théoriques, sous la direction de MM. L. Brillouin et L. de Broglie, M. A. Proca a travaillé expérimentalement dans son laboratoire, avec lequel il a d'ailleurs gardé depuis un contact permanent.

M. Proca travaille actuellement auprès de M. L. de Broglie à l'Institut Henri-Poincaré comme Boursier de la Caisse Nationale des Sciences. Il est très apprécié pour les travaux qu'il a déjà faits et on espère de lui une collaboration utile à l'activité de cet Institut. Je crois donc qu'il serait tout indiqué de lui donner la possibilité de parfaire son éducation scientifique par un séjour dans les centres les plus importants de physique théorique à l'étranger.

M. Curie

Fig. 2. Recomandarea doamnei Marie Curie.

Prof. St. G. Andonie, care a fost student la Politehnică în aceeași perioadă, îl descrie cu multă simpatie: „In amintirea colegilor de serie de liceu și de Școală Politehnică din București, Proca se desprinde ca idealul în care s-ar putea înfățișa un coleg. Nu putea să supere pe nimeni niciodată. Era

înțelegător și gata să dea un ajutor sau o lămurire. Și cât de mult își iubea patria și poporul!...” „La examenele universitare, Alexandru Proca se prezenta de parcă ar fi fost, științific, situat egal cu profesorii săi, fără însă a apărea cea mai mică umbră de lipsă de condescendență. Era scripitor ca inteligență. Prin pregătire și preocupări, era totdeauna cu mult înaintea seriei sale. Era extrem de ordonat și muncitor. Avea o vedere de ansamblu și o intuiție a fenomenelor cu totul speciale. Și era de o modestie rară, naturală, neafectată.”

Modestia aceasta este subliniată și în amintirile Acad. S. Stoilow: „Proca impunea prin inteligența sa vastă și profundă și, totodată, prin modestia lui. Aceasta, lipsită de orice fel de artificiu, apărea în modul cel mai natural ca expresia firii lui intime. Nicio urmă de „poză” în el... modestia lui Proca era modestia sufletului său de elită.”

În primul an după absolvire (1922-1923), ca șef de promoție, se angajează la Societatea „Electrică” din Câmpina, preconizând introducerea utilajelor electrotehnice în exploatarea petroliere și miniere. Totodată este numit și asistent la catedra de Electricitate și Electrotehnică din Politehnică, sub conducerea lui N. Vasilescu Karpen. În 1924, i-a apărut lucrarea „Intrebuințarea electricității în industria de petrol”. Varianta în limba franceză a acestui articol a fost publicată în *Revue Generale de l'Electricité*, 16, 861 (1924).

În toamna anului 1923, se decide să se dedice fizicii și pleacă la Paris. Deoarece la Sorbona nu-i sunt recunoscute diplomele obținute în România, urmează cursurile, pe care le termină într-un timp record cu note excepționale la examene, nicio notă sub 17,50 în sistemul cu nota maximă 20.

Marie Curie îl invită în 1925 să lucreze la celebrul Institut al Radiului. Cu prilejul vizitei unui român, doamna Curie îi declară: „Sunt fericită să cunosc un compatriot și prieten al domnului Proca, fiindcă pot să transmit acestui prieten, cât de mulțumită sunt de aportul domnului Proca în Institutul nostru.” „De fiecare dată când am o problemă științifică dificilă, care necesită multă răbdare, competență, abilitate experimentală și meticulozitate, mă adresez domnului Proca. Iar el, de fiecare dată, răspunde cu soluții care îmi convin, mă satisfac, și totdeauna furnizează rezultate precise. Voi românii puteți fi mândri de a avea un cercetător științific de valoarea domnului Proca.” În colaborare cu D. K. Yovanovitch publică în anul 1926 lucrarea experimentală „Asupra razelor beta lente ale Mezothoriului”. Calitățile de experimentator, remarcate de Marie Curie, au provocat invidia unor

colegi, care trec la acțiune, defectându-i montajele care trebuiau să funcționeze continuu și când nu era de față.

Pentru promovarea fizicii teoretice în Franța, în această perioadă, se decidea înființarea Institutului Henri Poincaré, din inițiativa Prof. Birkhoff de la Harvard și cu ajutorul Fundației Rockefeller și a baronului Rothschild. A. Proca sesizează mutațiile care se produc în fizică, iar M. Curie îi favorizează orientarea, cu toată energia, spre teorie (a se vedea Fig. 2). În 1929, la câteva zile după o conferință a lui A. Einstein la sediul noului institut, lui A. Proca i se face cinstea de a fi printre pușinii invitați să participe la discuții cu marele savant.

În primele sale lucrări de mecanică cuantică, el arată că, deși lumina are un caracter discontinuu, fiind constituită din fotoni, ea rămâne coerentă, condiția de coerentă fiind o condiție cuantică. Până atunci, se obiecta teoriei lui Einstein faptul că fotonii ar fi incompatibili cu coerența, necesară explicării fenomenelor de interferență. Într-o perioadă când în Franța domina teoria ondulatorie a lui Louis de Broglie și când trebuia să ai mult curaj pentru a declara că nu împărtășești întrutotul acest punct de vedere, A. Proca dă dovadă de neconformism, demarcându-se de aceste teze, fără să-și pună vreo problemă de „diplomație”, cel mai important mobil al său fiind progresul științei. Din păcate, această atitudine îi va crea multe neplăceri. În teoriile lui L. de Broglie și E. Schroedinger, se considera că particula materială este asociată unei unde și i se aplicau legi analoage celor valabile pentru lumină. Proca a procedat invers: a considerat fotonul ca pe un punct material (cu masa nulă) și i-a aplicat legile mecanicii cuantice, întregind, astfel, sensul conceptului de dualitate corpuscul-undă, fundamental în mecanica cuantică.

Permanent animat de bune intenții în interesul dezvoltării științei, a acceptat și sarcini nelegate direct de munca sa, de exemplu, cele de redactor al revistelor „*Revue d'Acoustique*” și, mai ales, „*Annales de l'Institut Henri Poincaré*”, colaborator pentru mecanica ondulatorie al revistei „*Zentralblatt fuer Mathematik und ihre Grenzgebiete*” etc. În această calitate, Alexandru Proca l-a invitat pe Acad. S. Stoilow să-i prezinte, în rezumat, textul celor șase lecții privind proprietățile topologice ale funcțiilor analitice de o variabilă complexă, pe care domnia sa le-a ținut în anul 1931 la Sorbona. Referitor la publicarea acestor lucrări de matematică într-o revistă de fizică, Acad. S. Stoilow declara în anul 1956: „*Ca și acum un sfert de veac, am rămas cu convingerea că gestul amical al lui Proca nu era*

străin de sentimentele profunde ce-l legau de patria sa de origine.”

În anul 1930, sub conducerea lui L. de Broglie, începe activitatea de doctorand, orientându-se către teoria relativistă a electronului, elaborată de Dirac, pentru câmpuri exterioare nule. Proca studiază invarianții biliniari și algebra completă a matricilor Dirac, examinează forma generalizată a ecuației Klein-Gordon și tratează complet cazul unui electron descris de o undă plană, precum și al unui electron distribuit pe mai multe stări (pachet de unde). Ecuația mișcării electronului, dată de Proca, este nu numai simetrică, ci și invariantă la transformările Lorentz. Funcția de undă a electronului cuprinde nu 4 ci 16 componente spinoriale. În mai 1933, având 18 publicații originale, își susține teza. Din comisie făceau parte marii fizicieni Jean Perrin (președinte), L. Brillouin și L. de Broglie. Teza este reprodusă integral în *Annales de Physique* [12].

Sub presiunea multor sugestii, Proca cere naturalizarea; în ianuarie 1931, primește naționalitatea franceză. În octombrie se căsătorește cu româncă Maria Bertha Manolescu, cu care va avea un fiu, George Proca.

Se transferă la Institutul Henri Poincaré și traduce în franceză (cu Jean Ullmo) cartea lui P. A. M. Dirac „Principiile Mecanicii Cuantice”, la care adaugă apendicele „Parantezele Poisson în mecanica clasică”. La acest institut a colaborat cu Louis de Broglie, Marcel Brillouin și Leon Brillouin. Casa Națională a Științelor (actualul C.N.R.S.), fondată de Jean Perrin, i-a acordat o bursă de cercetare. Într-o notă asupra teoriei radiației din *Comptes Rendus*, considerată drept bază pentru un punct de vedere în aparență opus lui Schroedinger și de Broglie, dar care, de fapt, întregește teoriile acestora, Proca demonstrează existența spinului fotonilor, subliniind că este necesar să atribuim luminii atât proprietăți ondulatorii, cât și o structură granulară discontinuă. În octombrie 1932, este invitat să prezinte la Leyda conferința „Neutronul și teoria lui Heisenberg.”

În perioada 1920-1940, în Franța nu se obișnuia ca tinerii fizicieni să fie trimiși în străinătate. Totuși, cu Proca se face o excepție: Ministerul Afacerilor Externe îi finanțează un stagiul de un an la Berlin, pe lângă Schroedinger, unde el traduce în franceză cartea acestuia „Memorii asupra mecanicii ondulatorii”. De asemenea, traduce și teza lui H. A. Lorentz. Apoi, cu o bursă de la Fundația Rockefeller, în 1934 lucrează câteva luni la Copenhaga sub conducerea lui Niels Bohr. Printre alții, aici îi întâlnește pe Heisenberg și pe Gamow. La Paris, între 1933 și 1939 a avut funcția „chargé de recherches”.

Noua direcție de cercetare pe care și-o alege se referă la foton și ecuațiile lui Maxwell. Stabilește o legătură între teoria electromagnetică și cea cuantică a fotonului. Ca o încununare a cunoștințelor sale asupra electronului și fotonului, generalizând ecuațiile lui Maxwell în vid, ajunge să elaboreze, în perioada 1936-1941, teoria care i-a adus consacrarea definitivă, „*ECUAȚIILE PROCA*” (*ecuațiile relativiste ale câmpului vectorial bozonic (particule cu spin unitate și masă finită*)). „*Ecuțiile Proca*” figurează printre principalele ecuații ale câmpurilor cuantice relativiste: Klein Gordon (spin $s=0$); Dirac ($s=1/2$) și Proca ($s=1$). Particulele cu $s=1/2$ (fermioni) se mai numesc spinori. Bozonii pot fi scalari ($s=0$), vectoriali ($s=1$) sau tensoriali ($s=2$). Bozonii vectoriali sunt mediatorii (particulele de schimb) a 3 dintre cele 4 interacții fundamentale: electro-magnetică; slabă și tare. Bozonii tensoriali mediază interacția gravitațională.

Iată cum își descrie Proca, în anul 1950, aceste lucrări: „Studiul electronilor negativi pe de o parte și al fotonilor pe de alta arată inevitabil o diferență capitală între cele două teorii: în prima, energia particulei apare cu dublu semn, în timp ce, în a doua, ea este esențialmente pozitivă, diferența paralelă cu diferența spinilor. În plus, fotonul are o masă nulă, fapt care complică și mai mult situația. Mi-am propus să studiez ecuațiile relativiste cele mai simple care pot să reprezinte electroni de masă nenulă și energie pozitivă, între altele diferiți de particulele reprezentate prin ecuația Gordon (spin nul)... Ecuațiile care răspund acestor condiții au o formă apropiată de ecuațiile lui Maxwell. Funcția de undă este vectorială, particulele au spin unitate și nu sunt, deci, electroni Dirac: azi știu că sunt mezo¹. Într-adevăr, aproape în aceeași perioadă, Yukawa a propus o explicație a forțelor nucleare care a suscitat un viu interes. Totuși, aplicația pe care a făcut-o, utiliza ecuația Gordon pentru a descrie particula de schimb și rezultatele pe care le obținea erau în contradicție cantitativă și calitativă cu rezultatele experiențelor din domeniul nuclear. Aceasta era cu atât mai supărător, cu cât se găseau în razele cosmice exact dovezile experimentale ale particulelor prezise... Totuși, particula de schimb, având un spin unitate, trebuia ca funcțiile de undă să aibă un caracter vectorial. S-a sugerat atunci utilizarea

¹ De fapt, este vorba despre pioni. Denumirea corectă a particulei de schimb introduse de H. Yukawa a fost dată după ce aceasta a fost descoperită în razele cosmice de către C. Powell (premiul Nobel 1950). Razele cosmice conțineau 2 tipuri de mesoni: muonul (un lepton) și pionul (mesonul π).

ecuațiilor pe care le obținusem și care se refereau la vectori, pentru a descrie mișcarea mezonului. Kemmer în Anglia a întreprins acest studiu cu un succes complet. La ora actuală, aceste ecuații sunt universal adoptate pentru studiul mezonilor, sub denumirea „Ecuțiile Proca”. Ele constituie tipul de ecuații ale particulelor de spin întreg, după cum cele ale lui Dirac sunt tipul corespunzător pentru spin semiîntreg...”.

În articolul său [13] din *Review of Modern Physics*, Wolfgang Pauli (premiul Nobel 1945) scrie referitor la câmpurile pentru particule cu spin 1: „*Acest caz este de interes central în prezent, deoarece Yukawa a presupus că mezonul are spin 1 pentru a explica dependența de spin a forței dintre proton și neutron. Teoria pentru acest caz a fost dată de Proca.*” Alte detalii se pot găsi în Ref. [14,15]. Pentru introducere în teorii cuantice relativiste recomand cărțile lui Walter Greiner [16].

Teoriile lui Proca au avut „ghinionul” să difere de punctul de vedere al lui L. de Broglie, fapt care nu i s-a iertat autorului. În 1949, Hideki Yukawa² a primit premiul Nobel pentru ipoteza sa, în timp ce opera care a dat sens acestei ipoteze - *ecuațiile Proca* - nu a fost asociată. Din anul 1929, când lui L. de Broglie i se decernase premiul Nobel, până după 1950, niciun alt fizician francez nu l-a mai primit, ori se știe că eventualii candidați sunt prezentați juriului, în primul rând, de către un fost laureat de aceeași naționalitate.

În 1938, Proca cere Ministerului Educației Naționale să fie promovată în funcția „Maitre de Recherche”. Devine secretar al Societății Franceze a Electricienilor și secretar al Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice. Ca dovadă a celebrității sale, este invitat, în 1939, să participe la Congresul Solvay, cel mai închis dintre cercurile științifice, unde nu se pătrundea decât cu invitație nominalizată. Din păcate, acest congres nu a mai avut loc datorită războiului. Proca traduce „Fundamentele Matematice ale Mecanicii Cuantice” de Von Neumann.

Când începe cel de-al Doilea Război Mondial, Proca este trimis la Clermont Ferrand ca simplu soldat, deși în Primul Război Mondial avusese grad de sublocotenent în armata română. După scurt timp, i se încredințează însă funcția de inginer șef al

² Al treilea fiu al lui Takuji Ogawa, născut în Tokyo în anul 1907. S-a căsătorit în 1932 cu Sumiko Yukawa și tatăl acesteia, Genyo Yukawa l-a adoptat, deoarece familia Yukawa avea doar fete. În Japonia astfel de adopții se practicau în familii fără fii. *De remarcat că trei dintre laureații premiului Nobel (Yukawa, Tomonaga și Esaki) au absolvit același liceu din Kyoto.*

Radiodifuziunii Franceze. La anunțarea armistițiului, Proca se afla la Toulouse în zona ocupată de nașiți.

Fizicienii portughezi au făcut repetate intervenții până au reușit să-l aducă la Lisabona, în vara anului 1943. Pentru prima dată în viață, Proca predă cursuri la Universitatea din Porto, ca membru al unei facultăți, alături de profesorii portughezi. El deschide seminarul de fizică teoretică. În memorandumul din aprilie 1944, este prezentată concepția sa asupra predării fizicii teoretice.

Amiralitatea Britanică și Societatea Regală din Londra îl invită să contribuie, pe cale științifică, la efortul de război al aliaților. În timpul lucrului în Anglia, din când în când, putea să-și permită plăcerea de a-l vizita pe Dirac în apropiere de Oxford.

După război revine la Paris. În sfârșit, este promovat „Directeur de Recherche” (o funcție de cercetare, nu una administrativă). Pentru a ridica nivelul tinerilor fizicieni din Franța, inaugurează la Institutul Henri Poincaré, sub patronajul C.N.R.S., „Seminarul Proca”, seminar de fizică teoretică foarte activ în perioada 1946-1955 în formarea unor noi generații de teoreticieni. La acest seminar au fost invitați să facă expuneri mari personalități străine (Born, Dirac, Hamilton, Heitler, Kaellen, Von Karman, London, Moeller, Ozaki, Pauli, Peierls, Pend, Rabi, Racah, Riesz, Rosenfeld, Tomonaga, Van Hove, Weisskopf, Wouthuysen, Yukawa etc.) și Franceze (Abragam, Bloch, Costa de Beauregard, d'Espagnat, Horowitz, Jean, Jouvet, Levy, Leprince Ringuet, Marty, Michel, Messiah, Meyer, Nataf, Perrin, Schatzmann, Schwartz, Trocheris, Yvon). De asemenea, uzând de creditul său științific, a reușit să trimită mulți tineri pentru stagii în străinătate, la M. Born, N. Bohr, N. Rosenfeld, W. Pauli, etc. Scopul seminarului, modul de recrutare a participanților, metodele de lucru în seminar, au fost clar expuse într-un memoriu adresat, în 1954, Prof. Gaston Dupouy, pe atunci director general al C.N.R.S.

După cum am menționat mai sus, marile succese ale lui Proca au dat naștere la invidii active pe măsură. De două ori a candidat fără succes la concursuri pentru ocuparea unor posturi de profesor universitar. Se pare că la aceste insuccese a contribuit și faptul că el nu era francez de origine. În 1949, exista o catedră de fizică vacantă la Sorbona. Proca își depune candidatura, dar la intervenția lui L. de Broglie este numit discipolul acestuia J. L. Destouches, fapt care a produs stupefacție în străinătate. Un an mai târziu, devine vacantă catedra lui Leon Brillouin la College de France. Nu fără eforturi, se reușește să se mențină denumirea catedrei

de „Teorii Fizice”, toată lumea nevăzând vreun candidat care să se poată compara cu Proca, dar, din nou, la intervenția lui de Broglie, este numit altcineva - experimentatorul J. Laval!!! L. Brillouin, aflat în SUA, scrie: „Istoria Colegiului este scandaloasă. Aceste intrigi personale și politice din Franța, după război, mă revoltă și mă indignază”.

Proca a fost puternic afectat de aceste nedreptăți. Omul modest, care și-a dedicat viața unor idealuri înalte, n-a reușit să înțeleagă aceste micimi și răutăți ale unui geniu științific. A tăcut și s-a închis în sine, dar nu numai entuziasmul i-a scăzut, ci și rezistența fizică. Se îmbolnăvește, în 1953, i se pune diagnosticul de neoplasm al laringelui (cancer la gât), boala necruțătoare care l-a răpus la 13 decembrie 1955. Deși era grav bolnav, a continuat să muncească până în ultima clipă. Ultimul său articol este datat 18 octombrie 1955. În încercarea de a se salva, a suferit o operație de extirpare a corzilor vocale, în urma căreia nu putea să comunice decât prin scris. La deschiderea din noiembrie 1955 a Seminarului Proca, a participat ca oaspete invitat, celebrul fizician Heitler. Alocuțiunea scrisă cu acest prilej de Proca a fost citită de către colegul său Edmond Arnaud.

Și, totuși, s-a bucurat și în timpul vieții de multe dovezi ale recunoașterii valorii sale. La cele deja menționate, mai adăugăm următoarele. În 1950, împreună cu P. Auger, răspunde de organizarea Colocviului Internațional de Fizică Teoretică al C.N.R.S., la care au participat 150 fizicieni, dintre care 82 străini. În perioada 10-14 iulie 1951, a fost unul dintre reprezentanții Franței la Adunarea Generală a Uniunii Internaționale de Fizică Pură și Aplicată, care a avut loc la Copenhaga. În 1952, a asistat la ceremoniile prilejuite de centenarul laboratorului Kamerlingh Onnes din Leyda și a făcut un turneu de conferințe în Anglia (Manchester, Cambridge, Birmingham). Proca a fost invitat în Japonia, unde avea numeroși admiratori și emuli, în anul care a precedat sfârșitul său prematur. Când s-au demarat discuțiile pentru înființarea CERN-ului de la Geneva, a asistat ca observator la Consiliul reprezentanților. Este interesant de observat că singurii teoreticieni francezi angajați la CERN, în 1954, proveneau din tinerii care frecventaseră seminarul lui Proca.

Fiul său, G. A. Proca, fost informatician la un centru de cercetări spațiale cu sediul în Italia, s-a îngrijit de editarea, în anul 1988, a unui volum cuprinzând operele publicate ale tatălui său. Acest volum [11] include și texte originale în limba română (însoțite de o traducere în limba franceză).

Anii trec, dar operele științifice ale lui Alexandru Proca și mai ales ecuațiile care-i poartă numele nu numai că nu sunt uitate, ci câștigă o nouă strălucire prin strădaniile multor fizicieni teoreticieni care le dezvoltă și le aprofundează sensurile. Pe pagina de web

www.theory.nipne.ro/~poenaru/PROCA/Proca.html se dau mai multe detalii. Alegându-l în 1990 ca membru postmortem, Academia Română se poate mândri că unul dintre marii fizicieni ai acestui secol, cu nimic mai prejos decât mulți laureați ai premiului Nobel, s-a născut și și-a început activitatea în București.

4. Ecuațiile Proca

Proca a extins în teoria cuantică a câmpurilor ecuațiile lui Maxwell. Pentru un câmp vectorial bozonic (spin 1) masiv (masă nenulă) ecuația 4-dimensională a lui Proca se scrie ca o ecuație Euler-Lagrange

$$\square A^\nu - \partial^\nu (\partial_\mu A^\mu) + m^2 A^\nu = j^\nu$$

bazată pe densitatea Lagrangiana

$$\mathcal{L} = - (1/4) F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + (1/2) m^2 A_\mu A^\mu - j_\mu A^\mu$$

după ce se exprimă tensorul antisimetric al intensității câmpului, $F^{\mu\nu} = \partial^\mu A^\nu - \partial^\nu A^\mu$, în funcție de potențialul vector A^μ . Se presupune valabilă convenția lui Einstein de sumare după indicii care se repetă. $\square = (\partial^2/\partial t^2) - \nabla^2$ este operatorul d'Alembertian, iar ∇^2 este Laplacianul. În patru dimensiuni potențial vector și densitatea de curent sunt date de $A^\mu = (\varphi; \mathbf{A})$ și respectiv $j^\mu = (\rho; \mathbf{j})$, iar în trei dimensiuni potențialul scalar, φ , și potențialul vector, \mathbf{A} , se introduc prin relațiile $\mathbf{E} = -\nabla\varphi - \partial\mathbf{A}/\partial t$ și $\mathbf{B} = \nabla \times \mathbf{A}$, unde \mathbf{E} și \mathbf{B} sunt intensitatea câmpului electric și respectiv inducția magnetică, iar ∇ este operatorul gradient.

Bibliografie

- [1] P. T. Frangopol, *Horia Hulubei*, Revista de Politica Științei și Scientometrie - Serie Nouă, 1 (2013) (3) 178-183.
 [2] Numărul 74 (anul XXIV nr. 1 – Martie 2013) al

Curierului de Fizică (ISSN 1221-7794).

- [3] D. N. Poenaru, Laureați ai premiilor Nobel născuți în România, Revista de Politica Științei și Scientometrie - Serie Nouă, 3 (2014) (4) 319-328.
 [4] Masa rotundă „Colaborarea științifică Horia Hulubei - Yvette Cauchois și spiritualitatea maramureșeană”, Mănăstirea Bârsana, Maramureș, 11 iulie, 2015. Volumul cu lucrările prezentate, editat de către Petre T. Frangopol și Ioan Ursu va fi publicat în Curând, vezi în acest număr, pag. 172.
 [5] M. Fontani, M. Costa, M. V. Orna, *The Lost Elements* (Oxford University Press, 2015).
 [6] <http://www.theory.nipne.ro/~poenaru/PRESENTATIONS/Proca.pdf>
 [7] https://en.wikipedia.org/wiki/Alexandru_Proca
 [8] D. N. Poenaru, A. Calboreanu, Alexandru Proca (1897-1955) and his equation of the massive vector boson field, *Europhysics News*, 37 (2006) nr 5 (Sept/Oct) 24-26; Errata: 38 (2007) Nr. 1, p. 11.
 [9] D. N. Poenaru, Alexandru Proca, un mare savant francez de origine română, *Curierul de Fizică* Nr. 58 (April) (2007)1-4.
 [10] <http://www.scribd.com/doc/17718923/Basarab-Nicolescu-ALEXANDRE-PROCA-1897-1955>.
 [11] G. A. Proca (editor), *Alexandre Proca. Oeuvre Scientifique Publiée*, S.I.A.G., Rome, 1988.
 [12] A. Proca, Sur la Théorie relativiste de l'électron de Dirac dans un champ nul, *Annales de Physique*, volum XX, p. 347-440, Paris, novembre 1933.
 [13] W. Pauli, Relativistic Field Theories of Elementary Particles, *Rev. Mod. Phys.* 13 (1941) 213.
 [14] W. Pauli, *Nobel lecture: Exclusion principle and Quantum Mechanics*, December 13, 1946.
 [15] C. P. Enz, *No time to be brief (A scientific biography of Wolfgang Pauli)*, Oxford University Press, New York, 2004.
 [16] W. Greiner, *Relativistic quantum mechanics*; W. Greiner and J. Reinhardt, *Field quantization*; W. Greiner and A. Schäfer, *Quantum chromodynamics*, Springer, Berlin, 2000, 1996, 1995, respectively.

Autor corespondent: poenaru@nipne.ro