

**Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași**  
**Facultatea de Fizică**  
Iași, România

# **Teză de abilitare**

**Aplicații ale plasmelor la presiune  
atmosferică în științele vieții**

**lect. dr. Ionuț Cristian TOPALĂ**

# Rezumatul tezei de abilitare

Teza de abilitare intitulată „*Aplicații ale plasmelor la presiune atmosferică în științele vieții*” prezintă rezultatele obținute după acordarea titlului de doctor, cu accent pe rezultatele care au scos în evidență utilizarea plasmelor la presiune atmosferică în științele vieții. Domeniul vizat este unul cu adevărat interdisciplinar, astfel că cea mai mare parte a rezultatelor științifice, experimentale, a fost obținută în colaborare cu grupuri de cercetare din țară și din străinătate, în cadrul unor proiecte de cercetare bilaterale sau studii în cadrul unor lucrări de licență, disertație sau doctorat. În acest sens, una dintre reușitele personale este stabilirea unor colaborări naționale și internaționale de durată, cu noi grupuri de cercetare și realizarea unor programe comune de cercetare.

Plasma, mediu activ în care se pot controla foarte multe procese elementare atomice sau moleculare, a reprezentat încă de la cristalizarea primelor observații științifice moderne, o soluție tehnică pentru foarte multe aplicații civile. Contribuția sinergică a tuturor componentelor active, electroni, ioni, fotoni, radicali liberi și câmpuri, la diverse procese a atras atenția cercetătorilor și antreprenorilor deopotrivă. Dezvoltarea rapidă a unor ramuri industriale, cum ar fi exemplu microelectronica - nanoelectronica și depunerea straturilor subțiri pentru diverse aplicații, se datorează în principal progreselor obținute în domeniul tehnologiilor de procesare cu plasmă la presiune joasă. Prin parcurgerea tuturor etapelor de dezvoltare tehnologică, uneori în timp foarte scurt, au fost concepute și aduse la stadiu de tehnologie sau de produs foarte multe idei care utilizează plasma ca element cheie în funcționare: surse de electroni sau ioni, surse de iluminat, surse spectrale, sisteme de gravura de înaltă performanță, sisteme de depunere a straturilor subțiri, ecrane, sisteme pentru modificarea suprafeței materialelor, sisteme de sterilizare, dispozitive de electrocoagulare sau cauterizare, sisteme de control a compoziției gazelor reziduale, motoare ionice sau cu efect Hall, sisteme de control a zborului.

În acest tablou se remarcă lipsa unor aplicații frecvente în medicină, biologie sau în sens mai larg în științele vieții. Factorul determinant pentru această situație este în special legislația specifică domeniului, care impune un drum lung de la validarea unor tehnologii în laborator până la elaborarea și punerea pe piață a unor dispozitive medicale specifice. Foarte puține companii au reușit să aducă în atenția pieței medicale produse sau tehnologii bazate pe plasmă, dedicate funcționării în contact direct cu țesuturile vii. Totuși la nivelul comunității științifice, studiile recente au dovedit că plasma este un mediu eficient pentru distrugerea unui spectru larg de microorganisme, spori și biofilme, sisteme care sunt dificil de distrus folosind metode convenționale. Alte aplicații medicale în care plasma are o eficiență dovedită sunt: accelerarea vindecării rănilor, modificarea metabolismului celular pentru celulele implicate în afecțiuni ale pielii sau celulele canceroase, albirea dinților. Acțiunea eficientă a surselor de plasmă la presiune atmosferică este corelată de acțiunea sinergică a agenților activi din volumul plasmelor: fotoni UV, câmpuri electrice pulsate, particule încărcate electric, radicali liberi și specii metastabile. Se poate aprecia astfel că până și cea mai simplă sursă de procesare cu plasmă la presiune atmosferică este de fapt un sistem foarte complex, la fel și reacțiile fizico - chimice de la interfața plasma – celule / bacterii / țesuturi / biomoleculare / seminte.

Elemente cu privire la atenția crescută din partea comunității științifice, pot fi identificate din analiza secțiunilor din cadrul conferințelor internaționale dedicate domeniului fizica plasmei și aplicații. Astfel, pe lângă secțiunile dedicate tratamentelor de suprafață pentru biomateriale sau ingineriei suprafețelor bioactive, conferințele consacrate în domeniu au propus în programul științific, fie secțiuni dedicate aplicațiilor mai largi ale plasmei în științele vieții, fie workshopuri sau întâlniri speciale. Cele mai recente exemple sunt: International Conference on Phenomena in Ionized Gases – ICPIG (secțiunea Medical, biological, environmental and aeronautical applications pentru ediția din 2019), International Symposium on Plasma Chemistry – ISPC (secțiunea Plasma medicine and plasma agriculture pentru ediția din 2019), Europhysics Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases – ESCAMPIG (în 2018 una dintre secțiunile organizate special a fost intitulată Plasmas in Medicine), International Conference on Plasma Surface Engineering – PSE (secțiunea Biomedical and biological applications pentru ediția din 2018). În România, comunitatea științifică specifică, a recepționat foarte rapid semnalul internațional și a integrat în Conferința de Fizica Plasmei și Aplicații (Conference on Plasma Physics and Applications – CPPA), o secțiune dedicată domeniului începând cu anul 2007, intitulată Plasma applications in environment management, biology, medicine and agriculture pentru ediția din 2019. Pentru a oferi un nou forum pentru discuții între specialiștii din fizica plasmei și celor din inginerie, chimie, biochimie, industrie alimentară, agricultură, biologie, cosmetică, farmacie sau medicină, au fost propuse și consolidate în ultimii ani noi manifestări științifice dedicate în totalitate aplicațiilor plasmei în științele vieții: International Conference on Plasma Medicine – ICPM, International Workshop on Plasma for Cancer Treatment – IWPCT, International Workshop on Plasma Agriculture – IWOPA, International Meeting on Plasma Cosmetic Science – IMPCS. O serie de noi reviste științifice, sunt dedicate exclusiv sau parțial studiilor în domeniu: Plasma Medicine (Begell House Publishing), Clinical Plasma Medicine (Elsevier B.V.) și IEEE Transactions on Radiation and Plasma Medical Sciences (IEEE). Studiilor publicate în aceste reviste, li se alătură sute de alte studii publicate în numere speciale ale revistelor specializate în fizica plasmei, cărți, articole de tip review, roadmap, consensus paper, white paper. Un alt element cu privire la dezvoltarea domeniului îl constituie transferul tehnologic și prezența pe piața medicală sau domenii conexe (bioinginerie, agricultură) a unor dispozitive medicale sau soluții tehnice, care au în prim plan plasma la presiune atmosferică și care exclud sistemele de tăiere, ablație, coagulare sau cauterizare a țesuturilor, a căror utilizare medicală este deja bine cunoscută și documentată clinic. Putem identifica prezența unor companii, dintre care majoritatea înființate recent, care au certificat pe piața europeană dispozitive medicale sau propun soluții de laborator.

Există suficiente elemente pentru a concluziona faptul că direcția de cercetare plasma și științele vieții, cu puternic caracter interdisciplinar, este în continuă dezvoltare atât la nivel național, cât și la nivel internațional, existând baze solide atât pentru activități de cercetare fundamentală în domeniu cât și pentru activități transfer tehnologic sau cercetare industrială. Astfel, atragerea de fonduri pentru finanțarea domeniului și concentrarea resurselor umane pe acest subiect, pot asigura condițiile pentru obținerea de rezultate științifice de interes, atât pentru comunitatea științifică internațională, dar și pentru comunitatea concentrată pe dezvoltare tehnologică și transfer pe piața dispozitivelor medicale, industria alimentară sau tehnologii moderne în agricultură.

Teza de abilitare este împărțită două mari secțiuni: prima este dedicată activității științifice, după conferirea titlului de doctor, iar a doua detaliază realizările profesionale și academice.

Prima parte a tezei de abilitare începe cu o descriere a domeniului plasma și științele vieții, cu elemente de cronologie, evoluție, context global actual și finanțare publică în România. Lucrarea continuă cu prezentarea contribuției personale la designul, realizarea și diagnoza jetului de plasmă în heliu la presiune atmosferică pentru utilizare în contact direct cu țesuturile vii. După o trecere în revistă a rezultatelor la nivel internațional în acest domeniu, care subliniază prezența unui ecosistem științific distribuit pe tot globul și extrem de competitiv, sunt detaliate metodele experimentale utilizate în laboratorul nostru și rezultatele științifice cu privire la curentul electric de descărcare, aspectul vizual al jetului de plasmă, spectrul de emisie al plasmei, fotografierea ultrarapidă a jetului de plasmă și spectrometria de masă pentru neutrii și ionii plasmei. Următoarea secțiune este dedicată prezentării contribuțiilor personale la corelarea rezultatelor experimentale cu rezultatele obținute prin modelare numerică a jetului de plasmă în heliu la presiune atmosferică, incluzând aici descrierea modelului numeric utilizat, rezultatele experimentale și comparații cu datele numerice, alături de rolul proceselor de ionizare Penning. A patra secțiune din prima parte a tezei de abilitare este dedicată prezentării contribuției personale cu privire la aplicațiile plasmei în științele vieții, începând cu experimentele dedicate vindecării rănilor, cele dedicate înțelegerii efectelor asupra structurii proteinelor și terminând cu investigațiile ample dedicate efectelor asupra celulelor. Secțiunea a cincea include rezultatele recente cu privire la dezvoltarea unor noi configurații de descărcare barieră în aer pentru utilizare directă în plăci de culturi celulare, pentru tratamentul semințelor de plante și îndepărtarea contaminanților organici de la suprafața solidelor. Ultima secțiune conține indicatori relevanți pentru prezența internațională: citări ale lucrărilor științifice (inclusiv în lucrări de mare impact, de tip review sau cărți de specialitate), participări la conferințe și workshopuri cu lucrări invitate sau prezentări orale, activitatea de referent pentru articole științifice, prezența în comitete de redacție, membru al unor societăți profesionale.

A doua parte a tezei de abilitare începe cu prezentarea activității didactice și de mentorat, fiind incluse aici profilul academic, detalii despre coordonarea studenților cu privire la realizarea și susținerea lucrărilor de finalizare a studiilor pentru licență și masterat, coordonarea proiectelor de cercetare pentru studenți internaționali găzduiți prin programul Erasmus, prezența în comisia de îndrumare a unor teze de doctorat. Urmează apoi o serie de coordonate cu privire la managementul activităților didactice și detalii cu privire la proiectele de cercetare la nivel național și internațional, acordate prin competiție în calitate de director de proiect (de tip PD, bilateral, CDI), implicarea în realizarea unor proiecte depuse în competiția PED 2019, dar și coordonate ale proiectelor neselectate pentru finanțare, dar care au obținut punctaje foarte bune în urma procesului de evaluare (de tip TE, PCCDI). La finalul secțiunii care este dedicată proiectelor de cercetare științifică sunt prezente informații cu privire la colaborările internaționale (e.g. programele COST), implicare în propuneri Innovative Training Networks (ITN) și mentorat (e.g. secondment în cadrul acțiunilor Marie Skłodowska-Curie, Individual Fellowships (IF)). Secțiunea a treia este dedicată managementului resurselor umane și dezvoltarea bazei materiale a laboratorului, urmată de secțiuni care puntează premiile acordate pentru activitatea de cercetare științifică (i.e. 2009, mențiune specială la Gala Premiilor în Educație, Categoria Cercetare, Secțiunea Cercetătorul anului; 2016, premiul Iuventus Scientiae al Universității „Alexandru Ioan Cuza” din Iași; 2017, premiul „Dragomir Hurmuzescu”, Academia Română, secția științifică Științe Fizice), implicarea în organizarea unor conferințe sau workshop-uri și implicarea socială, incluzând

aici și coagularea unui consorțiu academic la nivel național care derulează din anul 2013 activități în cadrul programelor FP7 și Horizon 2020, acțiunile Marie Skłodowska-Curie, subprogramul Noaptea Europeană a Cercetătorilor.

La final, sunt prezentate o serie de propuneri pentru viitorul apropiat, alături de o listă de trimiteri bibliografice, care depășește 600 de titluri, dintre care primele 17 reprezintă baza de lucrări publicate de către candidat începând cu anul 2011, reprezentative pentru conținutul științific al tezei de abilitare intitulată *„Aplicații ale plasmelor la presiune atmosferică în științele vieții”*.