

RAPORT ȘTIINȚIFIC FINAL-RO

TITLU: Procese neperturbative in campuri QED intense / ProQED

1. Rezumatul realizărilor științifice ale proiectului (max. 3 pagini)

Punerea în funcțiune a instalației laser de mare putere ELI-NP permite studiul aprofundat al interacțiunilor neliniare din electrodinamica cuantică în câmp electromagnetic puternic (SF-QED).

Prezentul proiect analizează „Procesele de interacțiune in vacuum-ul QED cu un câmp electromagnetic puternic la ELI-NP”, vezi <https://arxiv.org/pdf/2307.09315.pdf>.

Vacuumul QED este un mediu polarizabil care modifică comportamentul clasic al vacuumului, ducând la efecte cuantice noi [1–5]. Efectul QED de producere de perechi e^+e^- necesită o valoare critica (Schwinger) foarte puternica de câmp electric $E_{cr} = 1,3 \cdot 10^{16}$ V/cm. Pentru aceasta este necesara asigurarea unei focalizari puternice a luminii laser de putere inalta pentru atingerea intensitatii Schwinger $I_S = 2,3 \cdot 10^{29}$ W/cm². Valoarea este semnificativ mai mare decât intensitățile posibil de realizat chiar cu noile facilități laser de putere extrema [6], precum ELI-NP de 2×10 PW, $I > 10^{22}$ W/cm² [7-9] sau chiar a SEL de 100 PW, $I > 10^{23}$ W/cm² [10].

Chiar daca intensitățile laser ce urmeaza a fi puse in functiune vor fi în continuare mult mai mici decât I_S , totusi acest neajuns poate fi depășit prin utilizarea a două lasere de ordinul PW cum este ELI-NP, actionand sinergic (vezi **Fig. 1**): (a) primul laser, prin „wakefield acceleration” accelereaza electroni pana la energii relativiste de ordinul GeV-ilor, folosind fie ținte gazoase, fie solide; (b) al doilea laser este focalizat la intensitatea maximă pe bunch-ul de electroni relativisti si astfel produce efectele QED asteptate. Aici, electronul relativist experimentează un câmp electric mult mai mare în sistemul propriu de referință decât câmpul laser din sistemul laboratorului si produce un foton γ de energie mare prin imprastiere Compton inversa. (c) fotonul γ interacționează apoi cu acelasi fascicul laser și produce perechi e^+e^- prin proces Breit-Wheeler.

Efectele QED prezise de teorie sunt: (a) împrăștiere neliniară, multifotonică, Compton inversă; (b) producere de fotoni gamma de înaltă energie; (c) Producere Breit-Wheeler și/sau Bethe-Heitler de perechi electron-pozitron.

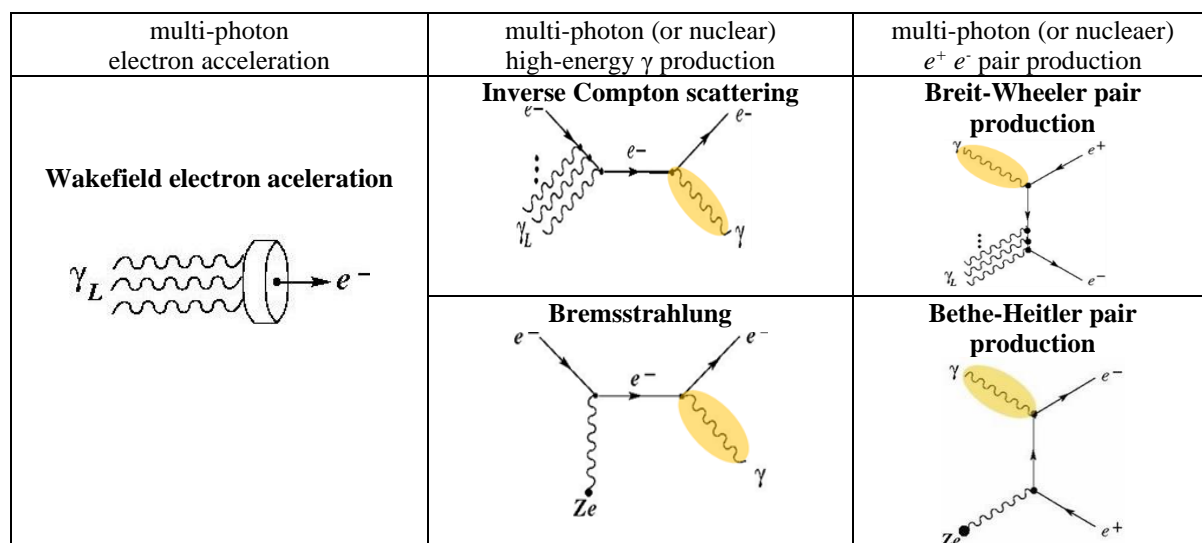


Fig. 1 Producere perechi e^-e^+ prin interacții SFQED laser multi-foton și/sau cu campul nucleului

Procese SF-QED ce pot fi investigate la ELI-NP

După o scurtă trecere în revistă a primului experiment (E-144 SLAC) [11-13] care a confirmat existența interacțiunilor QED neliniare ale electronilor cu fotonii unui fascicul laser, am prezentat rezultatele actuale la nivel mondial și le-am analizat împreună cu pașii principali necesari. pentru proiectarea experimentelor SF-QED la ELI-NP.

Interacțiunile SF-QED cu particulele virtuale ale vacuumului QED care pot fi studiate la ELI-NP sunt: împrăștiere multi-fotoni Compton inversă, producere perechi e^+e^- , anihilare perechi e^+e^- , împrăștiere e^-e^- Moller, împrăștiere e^+e^- Bhabha, self-energie electroni, self-energie foton și energia vidului.

În final sunt prezentate unele experimente similare din lume, în diferite etape de implementare [14].

• **Principalii pași în realizarea experimentelor de interacțiuni SF-QED de la ELI-NP:**

În etapa I (Fig.1), intensitatea laserului (interacțiuni multi-foton) permite transferul de energie de la câmpul laser la electron prin laser wakefield acceleration (LWFA).

În etapa a II-a (Fig.1), o interacție laser coerentă multi-foton γ_L , prin compunerea constructivă a componentei câmpului electric, asigură un câmp total E_L și produce, prin împrăștiere Compton inversă, un foton γ de energie mare. Această energie este cu atât mai mare cu cât densitatea de fotoni (intensitatea laser) este mai mare.

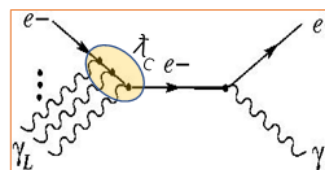


Fig. 2 Interacție electron - multi-foton laser

Parametrul de intensitate ζ evaluează lucrul mecanic al câmpului laser pe o lungime de undă Compton a electronului (Fig.2). La ELI-NP pentru $\lambda_L = 0,815 \mu\text{m}$ și intensitatea laser $I_L \sim 10^{22} \text{ W/cm}^2$, avem cel puțin $\zeta \cong 50$. Pe baza relației: $E_L(\text{V/m}) = 1944\sqrt{I_L (\text{W/cm}^2)}$, pentru intensitatea $I_L \approx 10^{22} - 10^{23} \text{ W/cm}^2$, pulsurile laser asigură un câmp $E_L \approx 10^{14} - 10^{15} \text{ V/m}$ în punctul focal, pe o distanță de mai multe lungimi de undă. Acest câmp electric în sistemul laboratorului este cu trei ordine de mărime mai mică decât valoarea critică E_{cr} . Cu toate acestea, în sistemul electronului relativist, componenta transversală a câmpului electric laser E este amplificată prin factorul Lorentz γ_e și ajunge $E^* = \gamma_e \cdot E$. Pentru o energie a fascicului de electroni $\varepsilon_e = 1 \text{ GeV}$, factorul Lorentz $\gamma_e = \varepsilon_e / m_e c^2 \approx 2 \cdot 10^3$ și dacă fasciculul laser se ciocnește frontal, electronul „vede” un câmp amplificat $E^* \approx 2 \cdot 10^{17} \text{ V/m}$, dar tot mai mică decât valoarea critică $E_{cr} = 1,3 \cdot 10^{18} \text{ V/m}$. Dar, aceasta valoare poate fi atinsă folosind încă o interacțiune multi-foton.

În etapa a III-a (Fig.1) interacția foton - multi-foton conduce în final la producerea de perechi e^+e^- .

• **Utilizarea de fascicule laser ELI-NP permite efectuarea unor serii de lucrări:**

- Studii sistematice ale dinamicii proceselor QED fundamentale care pot fi abordate cu lasere de mare putere, pentru a evalua amplitudinea diverselor procese precum: împrăștiere γ - e Compton inversa [15-19], producere Breit-Wheeler de perechi e^+e^- [20], producere Bethe-Heitler de perechi e^+e^- [21], anihilare Dirac de perechi e^+e^- , împrăștiere Moller e^-e^- , împrăștiere Bhabha e^+e^- , electron self energy, foton self energy, vacuum energy [22]].

- Propunerea de lucrări experimentale pentru măsurarea proprietăților fizice legate de producerea de perechi e^+e^- (mecanismul Schwinger) în interacțiunea foton-multifoton (Breit-Wheeler neliniară), în interacțiunea multifoton-foton virtual a câmpului nucleului (neliniară Bethe-Heitler).

- Proiectarea și realizarea de lucrări experimentale pentru măsurarea unor procese fundamentale, folosind lasere de mare putere la ELI-NP.

Pentru pregătirea unui experiment la ELI-NP sunt necesare atât analiza cinematică, cât și evaluarea dinamicii proceselor de interacțiune. Prin urmare, am analizat mai întâi cinematica proceselor QED liniare și, de asemenea, diagramele Feynman corespunzătoare, prezentate în **Tabel 1**.

Pentru interacțiuni QED multi-fotoni neliniare, neperturbative, tehnica diagramelor Feynman trebuie adaptată de la procese liniare la cele neliniare. Aceasta se realizează prin trecerea la câmpuri cuantice descrise de „dressed states” Dirac-Volkov pentru particule în câmp electromagnetic intens [23,24]. Ceea ce permite evaluarea amplitudinii proceselor fizice și în final determinarea secțiunilor eficiente ale acestor procese.

Procesele SF-QED de interacțiuni multi-fotoni cu câmpuri laser intense trebuie investigate ținând cont de caracteristicile instalației ELI-NP în contextul unui câmp laser intens. Prin urmare, este necesar să se utilizeze diagramele Feynman corespunzătoare cu „dressed particles”. Evaluarea diagramelor Feynman permite determinarea amplitudinii invariante și a elementelor de matrice S , folosind operatorii de câmp EM $\hat{A}_\mu(x)$ și Dirac $\hat{\psi}(x)$ și $\hat{\bar{\psi}}(x)$ cu componentele Fourier de anihilare și creare. În cele din urmă, se poate calcula secțiunea eficientă pentru proiectarea experimentală.

Pe de altă parte, producerea de pozitroni cu energii de ordinul MeV deschide ușa către noi căi de cercetare a antimateriei, inclusiv înțelegerea fizicii diferitelor procese și fenomene din astrofizică, cum ar fi găurile negre și exploziile de raze gamma [25,26]] sau din fizica plasmei [27,28].

În final am prezentat **Organigrama cu personalul** necesar pregătirii și realizării proiectului experimental. Primul pas important presupune formarea unei echipe **Task Force** și organizarea de workshop-uri, conferințe și, în final, pregătirea Letter of Intent, Conceptual Design Report și Technical Design Report.

- **Obiective TaskForce:**

- **Evaluare secțiuni eficiente** pentru procesele SF-QED prin **diagrame Feynman cu stări Volkov**
- **Generator de evenimente procese fizice** pe spațiul fazelor de stări finale
- **Distribuții teoretice caracteristice** ale proceselor fizice
- **Descriere setup experimental** și determinare parametri detectie setup
- **Simulare răspuns detectori** și calculare distribuții parametrilor caracteristici
- **Simulare transport particule** și obținere semnale detectori
- **Organizare trigger, achiziție și măsurare** date experimentale
- **Analiza date și ridicare distribuții** mărimi fizice măsurate
- **Selecție evenimente reale și de fond** cu condiții de trigger și cut pe spectre experimentale ntuple
- **Evaluare, interpretare și publicare rezultate**

Tabel 1. Diagramele Feynman pentru unele procese posibil de studiat la ELI-NP.

Process	Feynman diagrams	\hat{S} matrix element
photon-electron scattering $\gamma + e^- \rightarrow \gamma + e^-$ photon-positron scattering $\gamma + e^+ \rightarrow \gamma + e^+$		$\langle \gamma, e^- \hat{S} \gamma, e^- \rangle$ $\langle \gamma, e^+ \hat{S} \gamma, e^+ \rangle$
e^+e^- pair annihilation $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$		$\langle \gamma, \gamma \hat{S} e^-, e^+ \rangle$
e^+e^- pair production $\gamma + \gamma \rightarrow e^+ + e^-$		$\langle e^-, e^+ \hat{S} \gamma, \gamma \rangle$
e^-e^- Møller scattering $e^- + e^- \rightarrow e^- + e^-$ e^+e^+ Møller scattering $e^+ + e^+ \rightarrow e^+ + e^+$		$\langle e^-, e^- \hat{S} e^-, e^- \rangle$ $\langle e^+, e^+ \hat{S} e^+, e^+ \rangle$
e^+e^- Bhabha scattering $e^+ + e^- \rightarrow e^+ + e^-$		$\langle e^+, e^- \hat{S} e^+, e^- \rangle$
Electron self energy $e^- \rightarrow e^-$ Positron self energy $e^+ \rightarrow e^+$		$\langle e^- \hat{S} e^- \rangle$ $\langle e^+ \hat{S} e^+ \rangle$
Photon self energy $\gamma \rightarrow \gamma$		$\langle \gamma \hat{S} \gamma \rangle$
Vacuum energy Vacuum \rightarrow Vacuum		$\langle 0 \hat{S} 0 \rangle$

References:

[1] W. Heisenberg, H. Euler, *Folgerungen aus der diracschen theorie des positrons*, Zeit. F. Phys., 98(11-12), 714-732 (1936); English translation at e-print arXiv:physics/0605038

[2] G.V. Dunne, Ian Kogan Memorial Collection, *From Fields to Strings: Circumnavigating Theoretical Physics*, edited by M. Shifman et al., Vol. 1, pp. 445–522 [arXiv:hep-th/0406216]

[3] V. Weisskopf, Kong. Dans. Vid. Selsk. Math-fys. Medd. XIV No. 6 (1936); English translation in: *Early Quantum Electrodynamics: A Source Book*, edited by A.I. Miller (Cambridge University Press, 1994)

[4] W. Greiner, J. Reinhardt, *Quantum Electrodynamics* (Springer, Berlin, 1992);
W. Greiner, B. Muller, J. Rafelski, *Quantum Electrodynamics Of Strong Fields* (Springer, Berlin, 1985)

[5] W. Dittrich, H. Gies, *Effective Lagrangians in Quantum Electrodynamics*, Springer Tracts Mod. Phys. 166, 1 (2000)

[6] C. Danson, D. Hillier, N. Hopps, and D. Neely, *Petawatt class lasers worldwide*, High Power Laser Sci. Eng. 3, e3 (2015).

[7] I. C. E. Turcu, F. Negoita, D. A. Jaroszynski, P. Mckenna, S. Balascuta, D. Ursescu, I. Dancus, M. O. Cernaianu, M. V. Tataru, P. Ghenuche, D. Stutman, A. Boianu, M. Risca, M. Toma, C. Petcu, G. Acbas, S. R.

- Yoffe, A. Noble, B. Ersfeld, E. Brunetti, R. Capdessus, C. Murphy, C. P. Ridgers, D. Neely, S. P. D. Mangles, R. J. Gray, A. G. R. Thomas, J. G. Kirk, A. Ilderton, M. Marklund, D. F. Gordon, B. Hafizi, D. Kaganovich, J. P. Palastro, E. D'humieres, M. Zepf, G. Sarri, H. Gies, F. Karbstein, J. Schreiber, G. G. Paulus, B. Dromey, C. Harvey, A. Di Piazza, C. H. Keitel, M. C. Kaluza, S. Gales, and N. V. Zamfir, *High field physics and QED experiments at ELI-NP*, Rom. Rep. Phys. 68, S145 (2016)
- [8] F. Negoita, M. Roth, P. G. Thirolf, S. Tudisco, F. Hannachi, S. Moustazis, I. Pomerantz, P. McKenna, J. Fuchs, K. Sphor, G. Acbas, A. Anzalone, P. Audebert, S. Balascuta, F. Cappuzzello, M. O. Cernaianu, S. Chen, I. Dancus, R. Freeman, H. Geissel, P. Genuche, L. A. Gizzi, F. Gobet, G. Gosselin, M. Gugiu, D. P. Higginson, E. D'humieres, C. Ivan, D. Jaroszynski, S. Kar, L. Lamia, V. Leca, L. Neagu, G. Lanzalone, V. M'eot, S. R. Mirfayzi, I. O. Mitu, P. Morel, C. Murphy, C. Petcu, H. Petrascu, C. Petrone, P. Raczka, M. Risca, F. Rotaru, J. J. Santos, D. Schumacher, D. Stutman, M. Tariesien, M. Tataru, B. Tatulea, I. C. E. Turcu, M. Versteegen, D. Ursescu, S. Gales, and N. V. Zamfir, *Laser driven nuclear physics at ELI-NP*, Rom. Rep. Phys. 68, S37 (2016).
- [9] S. Gales, K. A. Tanaka, D. L. Balabanski, F. Negoita, D. Stutman, O. Tesileanu, C. A. Ur, D. Ursescu, S. Ataman, M. O. Cernaianu, I. Dancus, B. Diaconescu, N. Djourellov, D. Filipescu, P. Ghenuche, C. Matei, K. Seto, L. D'Alessi, M. Zeng, and N. V. Zamfir, *The extreme light infrastructure-nuclear physics (ELI-NP) facility: new horizons in physics with 10 PW ultra-intense lasers and 20 MeV brilliant gamma beams*, Rep. Prog. Phys. 81, 094301 (2018).
- [10] B. Shen, Z. Bu, J. Xu, T. Xu, L.-L. Ji, R. Li, and Z. Xu, *Exploring vacuum birefringence based on a 100 PW laser and an x-ray free electron laser beam*, Plasma Phys. Control. Fusion 60, 044002 (2018).
- [11] E-144 Collaboration; C. Bambe, S. C. Berridge, S. J. Boege, W. M. Bugg, C. Bula, D. L. Burke et al., *Positron production in multi-photon light-by-light scattering*, AIP Conf. Proc. 396(1), 165-177, (1997).
- [12] D. L. Burke, R. C. Field, G. Horton-Smith, J. E. Spencer, D. Walz, S. C. Berridge, et al., *Positron production in multiphoton light-by-light scattering*, Phys. Rev. Lett. 79(9), 1626 (1997)
- [13] C. Bamber, S. J. Boege, T. Koffas, T. Kotseroglou, A. C. Melissinos, D. D. Meyerhofer, et al., *Studies of nonlinear QED in collisions of 46.6 GeV electrons with intense laser pulses*, Phys. Rev. D 60(9), 092004 (1999).
- [14] C. N. Danson et al., *Petawatt and exawatt class lasers worldwide*, High Power Laser Sci. Eng. 7, e54 (2019).
- [17] T. W. B. Kibble, *Frequency shift in high-intensity Compton scattering*, Phys. Rev. 138(3B), B740 (1965).
T. W. B. Kibble, *Mutual refraction of electrons and photons*, Phys. Rev. 150(4), 1060 (1966).
T. W. B. Kibble, *Refraction of electron beams by intense electromagnetic waves*, Phys. Rev. Lett. 16(23), 1054 (1966).
- [18] V. B. Berestetskii, E. M. Lifshitz & L. P. Pitaevskii, *Quantum Electrodynamics: Volume 4*, Butterworth-Heinemann (1982).
- [19] H. Chen, S. C. Wilks, J. D. Bonlie, E. P. Liang, J. Myatt, D. F. Price, D. D. Meyerhofer, P. Beiersdorfer et al., *Relativistic Positron Creation Using Ultraintense Short Pulse Lasers*, Phys. Rev. Lett. 102(10), 105001 (2009)
- [20] G. Breit & J. A. Wheeler, *Collision of two light quanta*, Phys. Rev. 46(12), 1087 (1934).
- [21] H. Bethe & W. Heitler, *On the stopping of fast particles and on the creation of positive electrons*, Proc. R. Soc. Lond. Ser. A - Contain. Pap. Math. Phys. Character 146(856), 83-112 (1934).
- [22] M. E. Peskin & D. V. Schroeder, *An introduction to quantum field theory*, Addison-Wesley Publishing Company (1995).
- [23] D. Seipt, *Volkov states and nonlinear Compton scattering in short and intense laser pulses*, arXiv preprint arXiv:1701.03692 (2017).
- [24] D. M. Volkov, *Über eine Klasse von Lösungen der Diracschen Gleichung*, Z. Phys. 94, 250 (1935).
- [25] J.F.C. Wardle, DC Homan, R Ojha, DH Roberts, *Electron-positron jets associated with the quasar 3C279*, Nature, 395(6701), 457-461 (1998).
- [26] P. Meszaros, *Theories of gamma-ray bursts*, Annu. Rev. Astron. Astrophys. 40(1), 137-169 (2002).
- [27] H. A. Weldon, *Measuring T_c of the quark-gluon plasma with $e+e-$ pairs*, Phys. Rev. Lett. 66(3), 293 (1991).
- [28] E. G. Blackman, G. B. Field, *Ohm's law for a relativistic pair plasma*, Phys. Rev. Lett. 71(21), 3481 (1993).

Nota Importanta

asupra tematicii de studiu a proceselor neperturbative QED

A. Tematica de varf - din pacate pana acum neglijata la ELI-NP

In general, se observa o degradare continua a pozitiei Romaniei in majoritatea clasamentelor academice si de cercetare, aceasta fiind foarte departe de nivelul unei performante medii mondiale. Aceasta involutie continua si, evident, exodul de creiere, sunt deja bine cunoscute de multi ani, dar cu toate acestea nu exista semnale care sa indice o preocupare cu adevarat eficienta a organizatiile publice de cercetare. Am dori sa trecem si sa imbunatam situatia, cel putin intr-un domeniu prioritar al organizatiei noastre de cercetare. Concret, implicarea in tema actuala a studiilor proceselor QED non-perturbative la ELI-NP ar putea fi adusa la nivelul cel putin al celui specificat in White-Book ELI-NP, vezi Tabelul 1 (p.7) **“Overview of the main areas of the scientific case of ELI-NP”** unde este clar specificat, ca prima prioritate, citez:

in Basic science: (see <https://www.eli-np.ro/whitebook.php> p.7)

1. Fundamental physics of perturbative and non-perturbative high-field QED: pair creation, high energy γ rays, birefringence of the quantum vacuum.

Project:

5.3.1 “Probing the Pair Creation from the Vacuum in the Focus of Strong Electrical Fields with a High Energy γ Beam” R. Schützhold et al.

The experiments will allow for a new experimental window into the largely unexplored domain of non-perturbative quantum electrodynamics (QED). This has implications not just for QED, but also for fundamental issues in quantum field theory, as well as nuclear, atomic, plasma, gravitational and astro-physics.

Cu „ELI as the most advanced user facility in the world in the field of laser-driven science” (F.Negoita, 20-11-2020), se pare ca Romania si mai ales IFIN-HH, ca utilizator major al ELI- NP, ar putea profita si ar putea investi in studii experimentale ale proceselor QED neperturbative cu lasere de mare intensitate. Mai ales ca in „Strategia IFIN-HH pentru perioada 2020-2025” (p.7) este subliniata in mod explicit participarea IFIN-HH la ELI-NP ca utilizator major, citez:

2.4. Directii de actiune ale etapei 2020-2025

Urmatoarele directii de actiune instrumenteaza punerea in opera a obiectivelor strategice:

a) Cercetare fundamentală

- implicarea activa in realizarea ELI-NP si participarea ca utilizator major, dupa darea in folosinta a sistemului.

Cu noile posibilitati oferite de performantele laserului in primul deceniu al anilor 2000, a fost construit ELI-NP cu doi laseri de 10 PW. Propuneri concrete au fost facute in acest sens in White-Book ELI-NP. Aceasta a deschis posibilitatea de utilizare intr-un nou domeniu foarte competitiv al proceselor de interactie neliniara in vacuum-ul QED. Avand in vedere asemenea posibilitati unice, din ograda noastra, am propus proiectul „Procese nonperturbative in Campuri Intense QED”.

Intre timp, posibilitatile de abordare pentru asemenea subiecte de cercetare au fost luate in considerare si extinse si in strainatate odata cu construirea altor astfel de laseri de putere inalta (vezi A. Gonoskov si colab., Rev.Mod.Phys. 94, 2022, <https://journals.aps.org/rmp/pdf/10.1103/RevModPhys.94.045001> TABEL II. p. 54-55)

Tematica a starnit un interes deosebit si a fost inclus in programele de cercetare ale altor centre importante (Apollon (Papadopoulos et al., 2016), Station of Extreme Light (Cartlidge, 2018), Center for Relativistic Laser Science (CoReLS) (Yoon et al., 2018). al., 2021), J-KAREN-P (Kiryama et al., 2020), Omega Laser Facility (Bromage et al., 2019), Zetawatt-Equivalent Ultrashort Pulse Laser System (ZEUS) (Nees et al., 2020) , LUXE (Abramowicz et al., 2019; Meuren, 2019)).

Drept urmare, în străinătate, în aceste centre, au fost alocate importante resurse umane, materiale și financiare pentru trecerea la lucrările experimentale. Astfel, tematica a devenit o competiție științifică internațională deosebit de atractivă și stimulantă.

Today experiments on radiation emission and pair creation in the strong-field regime form part of the planned experimental programs at almost every major petawatt or multi petawatt laser facility, including the

- Extreme Light Infrastructure (ELI) (Weber et al., 2017; Gales et al., 2018),
- Apollon (Papadopoulos et al., 2016),
- Station of Extreme Light (Carlidge, 2018),
- Center for Relativistic Laser Science (CoReLS) (Yoon et al., 2021),
- J-KAREN-P (Kiryama et al., 2020),
- Omega Laser Facility (Bromage et al., 2019),
- Zetawatt-Equivalent Ultrashort Pulse Laser System (ZEUS) (Nees et al., 2020),
- conventional accelerator facilities (Abramowicz et al., 2019; Meuren, 2019).

(cited from A. Gonoskov, T. G. Blackburn, M. Marklund, S. S. Bulanov, REVIEWS OF MODERN PHYSICS. VOLUME 94, OCTOBER–DECEMBER 2022.)

Laserul ELI de la Szeged (Ungaria) va folosi relația de incertitudine Heisenberg dintre poziție și impuls pentru a observa coordonatele electronilor în evoluție. Așadar, ei vor instrumentaliza cercetările incununate cu premiul Nobel 2023. Laserul ELI de la Magurele va folosi aceeași relația Heisenberg, dar între timp și energie, pentru a instrumentaliza conversia lumina - materie prin producere Breit-Wheeler și/sau Bethe-Heitler de perechi e^+e^- .

Este timpul ca și România să se alăture acestor eforturi și să acorde toată atenția și resursele necesare unei asemenea tematici de cercetare. Proiectul nostru „Procese nonperturbative în Camp Intens QED” din programul ELI-RO trebuie privit ca fiind competitiv cu proiecte similare aflate deja în curs de desfășurare la alte facilități. Cercetările noastre preliminare au creat posibilitatea de a avea o abordare teoretică și o evaluare a proceselor fizice care pot fi studiate experimental la sistemul laser 10 PW. Acesta a trezit interesul cercetătorilor din străinătate prin aprecieri și oferte de colaborare externe.

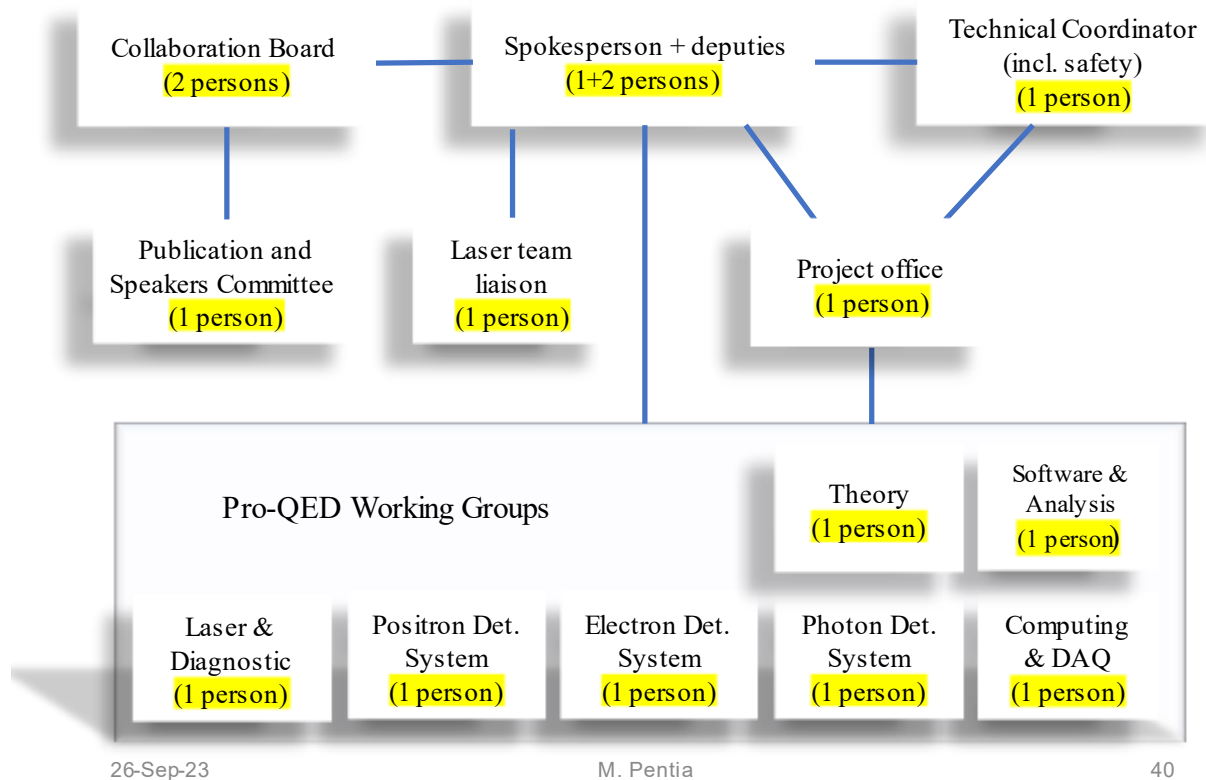
Prin urmare, vreau să atrag atenția asupra importanței, potențialului și priorităților oferite de facilitatea ELI-NP pentru a aborda problemele de conversie lumina-materie ca cercetări fundamentale de mare interes științific. Realizarea unor asemenea lucrări experimentale necesită un personal înalt calificat, echipamente și materiale specifice, pentru a duce la bun sfârșit această valoroasă tematică de cercetare științifică.

C. Nevoia de sprijin financiar

Toate activitățile menționate mai sus, necesită un puternic sprijin managerial, uman, material și financiar. Finanțarea actuală a proiectului nostru a fost complet nesatisfăcătoare (vezi Full Time Equivalent din proiect, în tabelul cu „Membrii grupului”).

Finanțarea unui astfel de proiect ar trebui să fie prioritizată pe baza meritului științific extraordinar și a atenției pe care o generează pe scena internațională.

Pentru pregătirea și desfășurarea lucrărilor, proiectul nostru necesită un personal de conducere prezentat în Organigrama de mai jos.



Aș dori să atrag atenția asupra importanței și oportunității unui asemenea proiect, deoarece acesta este deja asteptat și urmat cu mare interes în comunitatea internațională. Vezi de exemplu lucrările colaborării LUXE (DESY – Germania), unde ELI-NP este deseori menționat ca posibil experiment de top. Proiectul LUXE, deși este început cu nouă ani mai târziu decât cel din ELI-NP White Book, are deja elaborate toate studiile și proiectele necesare începerii lucrărilor:

- **Letter of Intent for the LUXE Experiment** (H. Abramowicz et al.) **2019**,
<https://arxiv.org/abs/1909.00860v1>
- **Conceptual Design Report for the LUXE Experiment** (H. Abramowicz, et al.) **2021**,
<https://arxiv.org/abs/2102.02032>
- **Technical Design Report for the LUXE Experiment** (H. Abramowicz, et al.) **2023**,
<https://arxiv.org/abs/2308.00515>

D. Concluzie

- Avem un instrument deosebit de performant, pe care îl folosim ineficient, nu la posibilitățile de performanță la care este capabil – ca cel mai puternic laser din lume. Este ca și cum am avea o rachetă cu care putem zbura pe lună, dar noi o folosim doar până la Buzău.
- Tematica este de nivel de premiu Nobel, similar cu ELI-ALPS de la Szeged care a devenit deja un instrument specific, special creat pentru cercetările încununată cu premiul Nobel din acest an. La fel poate deveni ELI-NP cu lucrări de conversie a luminii în materie.
- Este un test, o modalitate de evaluare a capacităților științifice, materiale și umane ale României, de utilizare și valorificare a oportunităților create de Uniunea Europeană pentru punerea în valoare a acestor capacități.