3° Πανελλήνιο Συνέδριο
Ιατρικής Φυσικής

27° Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο
Ακτινολογίας

Τομογραφική ανακατασκευή με γεγονότα τριπλού ταυτοχρονισμού: Μια μελέτη ποζιτρονικής εκπομπής μέσω προσομοιώσεων GEANT4/GATE

Σ. Ρουσοπούλου[1,2] , Α. Σιδέρη[1,2] και Ε. Στυλιάρης[1,3]

[1]Τμήμα Φυσικής, Εθνικόν & Καποδιστριακόν Πανεπιστήμιον Αθηνών, 15771, Αθήνα, Ελλάδα

[2]Ιατρική Σχολή, Εθνικόν & Καποδιστριακόν Πανεπιστήμιον Αθηνών, 11527, Αθήνα, Ελλάδα

[3]Ινστιτούτο Επιταχυντικών Συστημάτων & Εφαρμογών (ΙΕΣΕ), 15771, Αθήνα, Ελλάδα

30, 31 ΟΚΤ + 1 ΝΟΕ
2026

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
- ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ, ΛΑΡΙΣΑ

Οργάνωση

ΕΦΙΕ
Ένωση Φυσικών Ιατρικής Ελλάδος

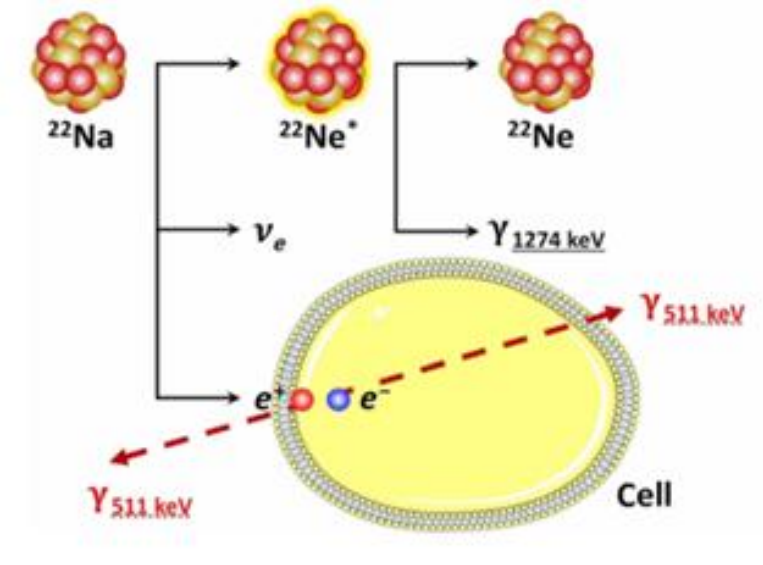
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΟΛΛΕΓΙΟ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ

Εισαγωγή

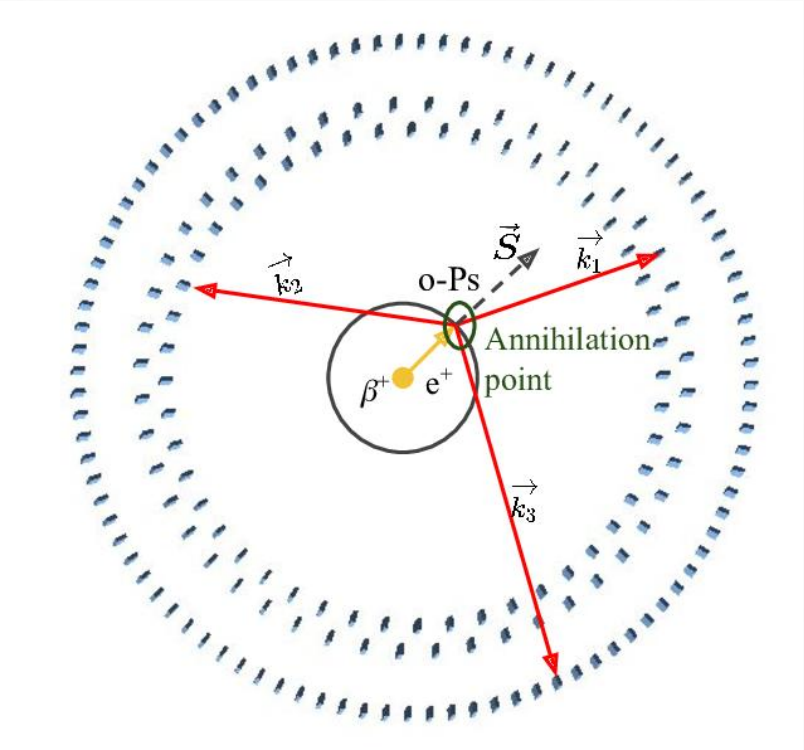
Η λήψη ιατρικής πληροφορίας στο συμβατικό PET (Positron Emission Tomography) βασίζεται στην ανίχνευση δύο αντιδιαμετρικών (back-to-back) φωτονίων εξαΰλωσης 511 keV, για τον ορισμό μιας Line of Response (LoR) [1] [2].

Ο σχηματισμός Positronium (Ps) οδηγεί σε δύο καταστάσεις:

- **para-Positronium (p-Ps), singlet state** ${}^1S_0$
- **ortho-Positronium (o-Ps), triplet state** ${}^3S_1$



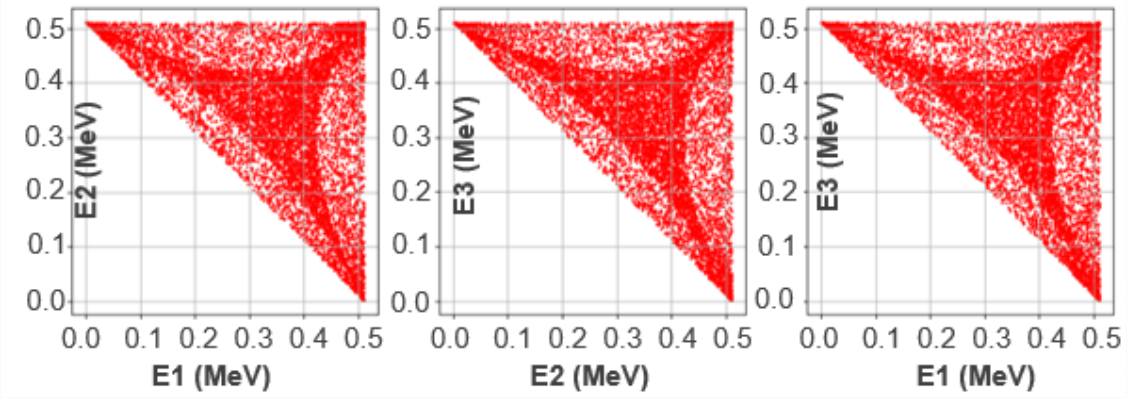
Σχήμα 2. Εξαΰλωση e^+ με ένα από τα e^- των μορίων του κυττάρου και εκπομπή prompt γ [4]



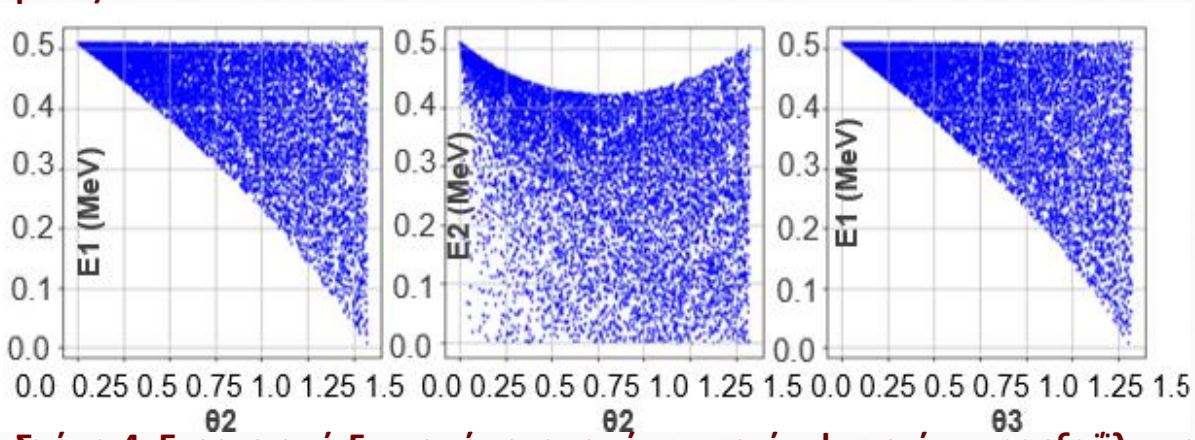
Σχήμα 1. Εξαΰλωση ortho-Positronium [3]

Μέθοδοι & Υλικά

Κινηματική Μελέτη διάσπασης o-Ps



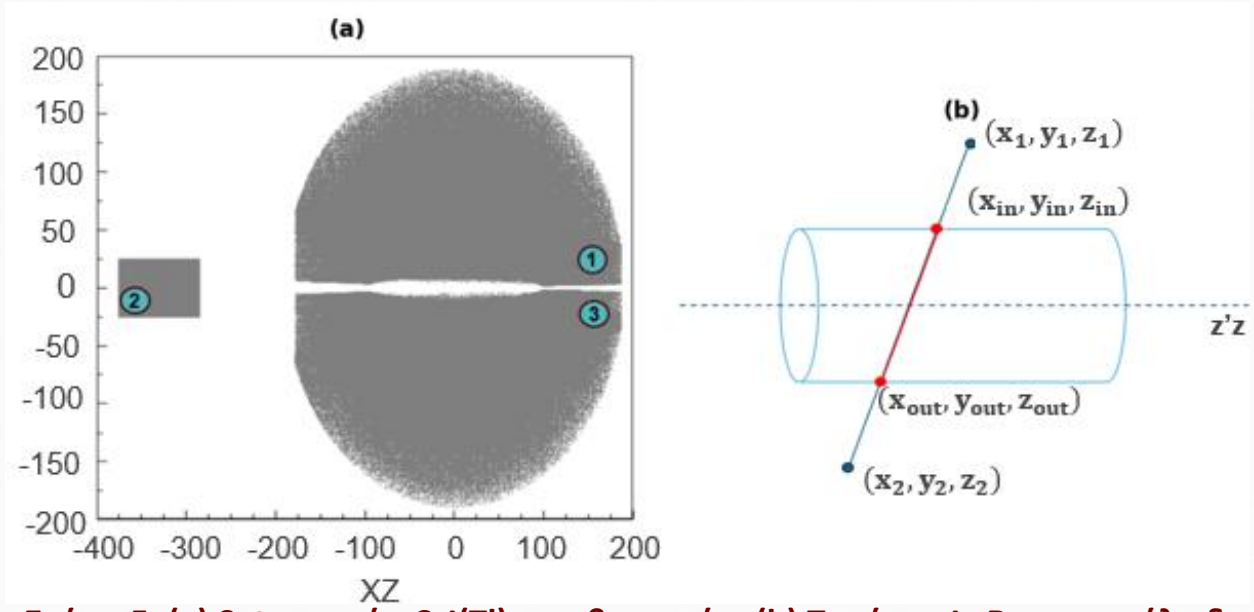
Σχήμα 3. Ενεργειακή κατανομή των τριών φωτονίων της εξαΰλωσης (Dalitz plots)



Σχήμα 4. Ενεργειακή-Γωνιακή κατανομή των τριών φωτονίων της εξαΰλωσης

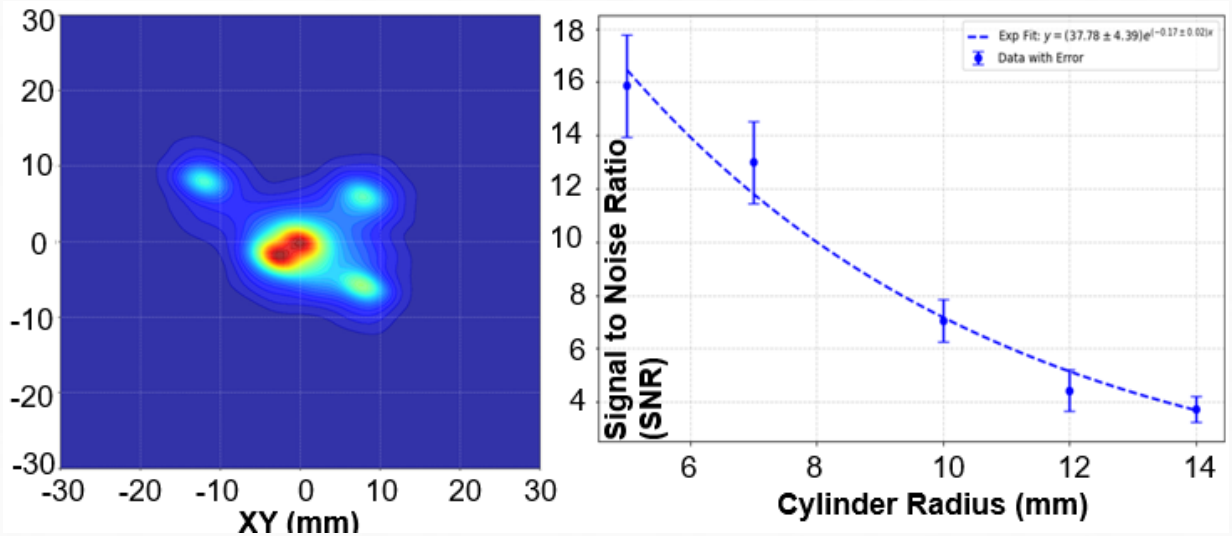
Αλγόριθμος Γεωμετρικής Ανακατασκευής

- Δύο ημισφαιρικοί σπινθηριστές CsI(Tl) (1,3)
- Ένας ορθογώνιος σπινθηριστής CsI(Tl) (2)
- Υψηλότερη απόδοση στην ανίχνευση συμβάντων τριπλής σύμπτωσης
- Πέντε σημειακές πηγές p-Ps + prompt γ 1275 keV
- Τομή της LoR με έναν κύλινδρο ανοχής στην διεύθυνση της prompt γ 1275 keV



Σχήμα 5. (a) Setup τριών CsI(Tl) σπινθηριστών. (b) Τομή της LoR με τον κύλινδρο στην διεύθυνση της prompt γ

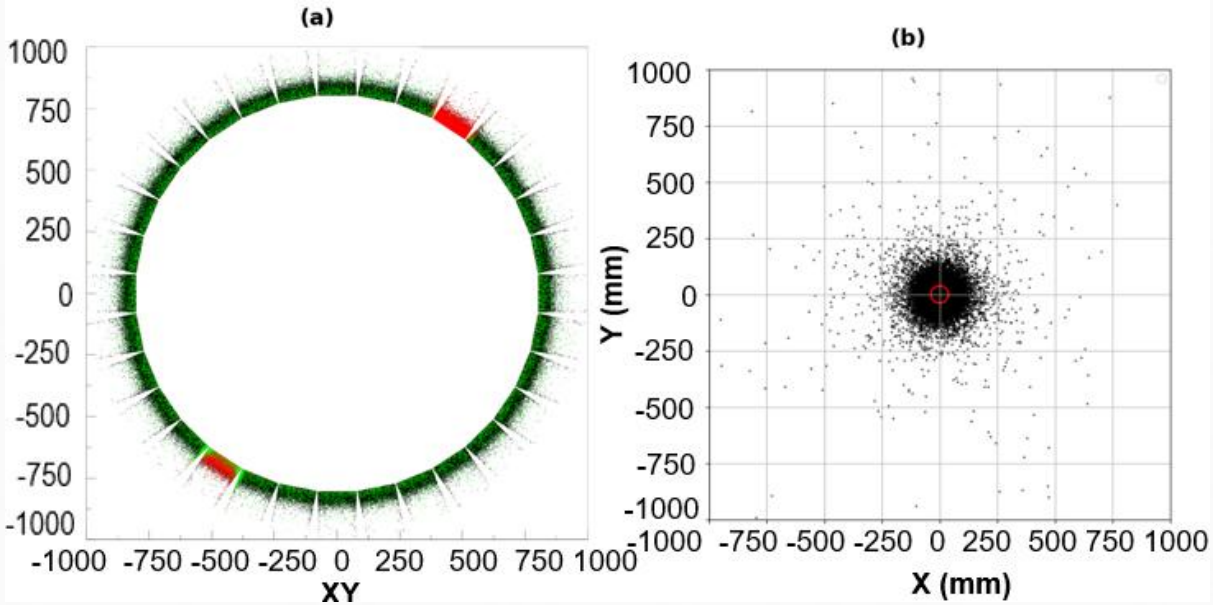
Αποτελέσματα



Σχήμα 6. (a) Τομογραφική ανακατασκευή 5 σημειακών πηγών p-Ps+1275 keV γ. (b) SNR συναρτήσει της ακτίνας του κυλίνδρου

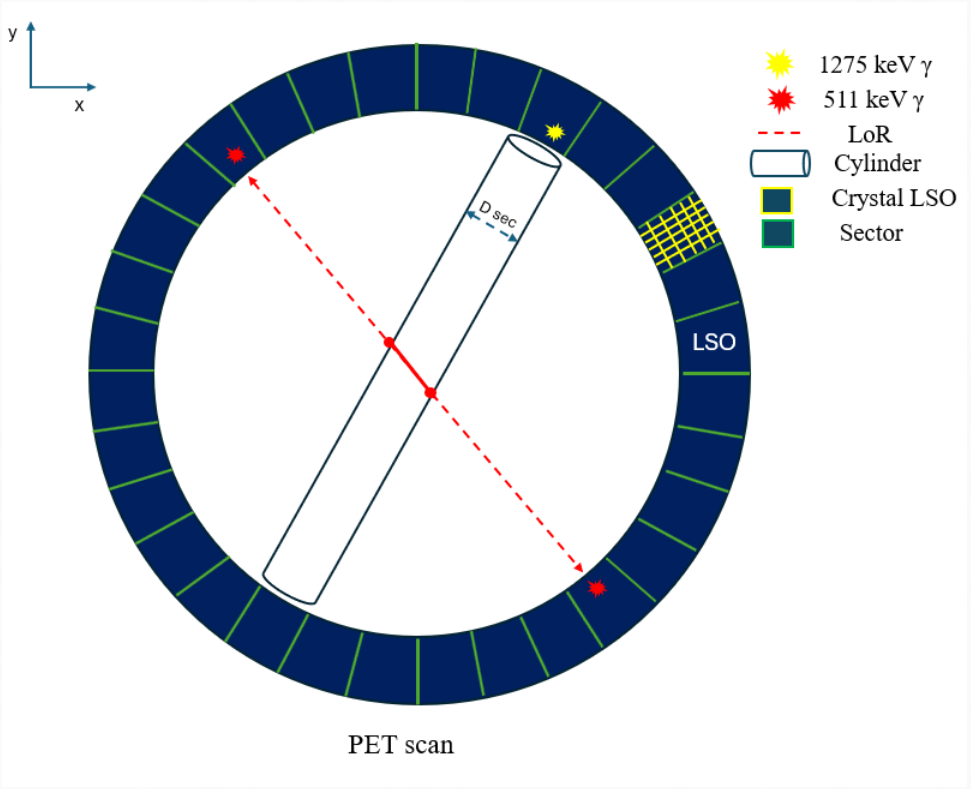
- Ανακατασκευή διπλών συμπτώσεων **PSF=4.57 cm**
- Ανακατασκευή τριπλών συμπτώσεων **PSF=3.81 cm**
- Βελτίωση κατά 20%

- Κλινικός δακτύλιος PET με 32 ανιχνευτές LSO
- Σημειακή πηγή p-Ps + prompt γ 1275 keV
- Κύλινδρος διαμέτρου ίσης με το μέγεθος του κρυστάλλου στην κατεύθυνση κάθε sector που εντοπίζει την prompt γ



Σχήμα 7. (a) Ανίχνευση back-to-back 511 keV φωτονίων (κόκκινο) σε σύμπτωση με την prompt 1275 keV (πράσινο). (b) Ανακατασκευή μιας σημειακής πηγής p-Ps + 1275 keV γ; ο κόκκινος κύκλος υποδεικνύει την Point Spread Function (90% των ανακατασκευασμένων σημείων).

Συμπεράσματα



Σχήμα 8. Προσαρμογή αλγορίθμου σε PET

- Βελτίωση της PSF σε σύγκριση με την συμβατική ανακατασκευή.
- Εφαρμογή σε κλινικά συστήματα PET και software phantoms.
- Μελλοντικός συνδυασμός πληροφορίας τριπλής σύμπτωσης και Time of Flight, προς περαιτέρω βελτίωση της διακριτικής ικανότητας.

Βιβλιογραφία

[1] A. Sideri and E. Stiliaris, ”Measuring the Three-Photon ortho-Positronium Decay in Positron Emission Tomography”, IEEE NSS/MIC 2022.

[2] K. Kackperski, N.M. Spyrou, ”Performance of three-photon PET imaging: Monte Carlo simulations”, Phys. Med. Biol. 50 (2005) 5679.

[3] Neha Chug and Aleksander Gajos. Improved test of CPT invariance in ortho-positronium decays at J-PET, 2022. 8th Symposium on Prospects in the Physics of Discrete Symmetrics.

[4] Paweł Moskal et al. Positronium imaging with the novel multiphoton PET scanner, 2021. Science Advances.2021;7:eabh4394.