



Πειράματα Πυρηνικής Φυσικής Χρησιμοποιώντας Πολωμένους Στόχους ^3He και Πολωμένες Δέσμες Ακτίνων- γ

Γεώργιος Λάσκαρης, Research Fellow

Duke University, NC USA

Stanford University, CA USA

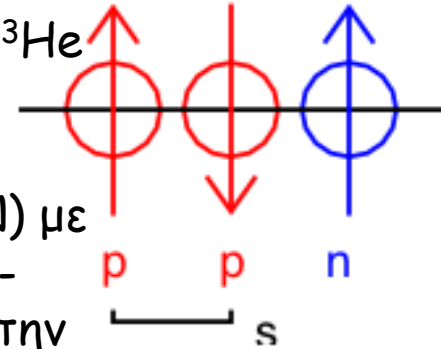
- Κίνητρα για την διερεύνηση αυτών των αντιδράσεων
- Τα πειράματα
- Αποτελέσματα
- Ανακεφαλαίωση και σχέδια για το μέλλον

ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ

Δευτέρα 30 Μαΐου 2016

Στόχος Ι: Πειραματικός Έλεγχος των Θεωριών για Πυρήνες Τριών Νουκλεονίων

- Οι πυρήνες τριών νουκλεονίων είναι πολύ καλά συστήματα για τον έλεγχο διάφορων θεωριών λιγοστών σωματίων
 - π.χ. αυτές οι θεωρίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υπολογιστούν διορθώσεις λόγω πυρηνικών φαινομένων στο ${}^3\text{He}$
- Υπάρχουσες θεωρίες για τους πυρήνες τριών νουκλεονίων
 - **Deltuva et al.** : χρησιμοποιούν τις εξισώσεις AGS περιγράφοντας το δυναμικό ανάμεσα σε δύο νουκλεόνια (NN) με το μοντέλο **CD-Bonn** και την δύναμη ανάμεσα ανάμεσα στα 3-νουκλεόνια (3NF) με το σωματίδιο Δ . Επίσης περιλαμβάνει την δύναμη **Coulomb** ανάμεσα στα φορτισμένα νουκλεόνια κτλ.
 - **Skibinski et al.** : χρησιμοποιούν τις εξισώσεις Faddeev μαζί με το μοντέλο **AV18** (NN) και την **UIX** (3NF)
- Η καλύτερευση των θεωριών χρειάζεται καινούργια, πιο ακριβή δεδομένα και καινούργιες ποσότητες που μπορούν να μετρηθούν



$$H = \sum_i \frac{P_i^2}{2m} + \sum_{i<j} V_{ij} + \sum_{i<j<k} V_{ijk} + \dots$$

- [1] A.Deltuva *et al.*, Phys. Rev. C 71, 054005 (2005); Phys. Rev. C 72, 054004 (2005) and Nucl. Phys. A 790, 344c (2007)
[2] R.Skibinski *et al.*, Phys. Rev. C 67, 054001 (2003); R.Skibinski *et al.*, Phys. Rev. C 72, 044002 (2005)
[3] E.O. Alt *et al.*, Nucl. Phys. B2, 167 (1967)
[4] L.D. Faddeev, Sov. Phys. JETP 12 1014 (1961)
[5] R. Rozpedzik *et al.*, Phys. Rev. C 83, 064004 (2001)

Στόχος ΙΙ: Η Διερεύνηση του Κανόνα GDH

S.B.Gerasimov, Sov. J. Nucl. Phys. 2 430 (1966)
S.D. Drell *et al.*, Phys. Rev. Lett. 16 908 (1966)

$$I^{GDH} = \int_{\nu_{thr}}^{\infty} \frac{d\nu}{\nu} [\sigma_N^P(\nu) - \sigma_N^A(\nu)] = \frac{4\pi^2 \alpha}{M_N^2} K_N^2 I$$

σ_N^P σ_N^A ενεργές διατομές εξαρτώμενες από το σπιν και την ελικότητα
 K_N ανώμαλη μαγνητική ροπή

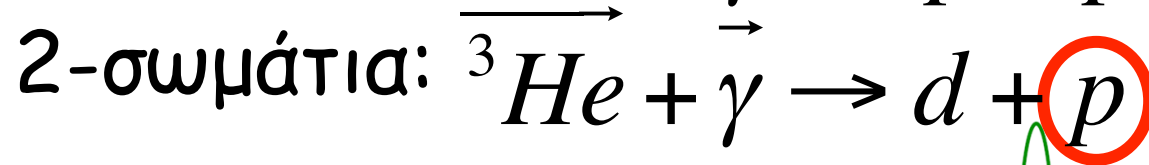
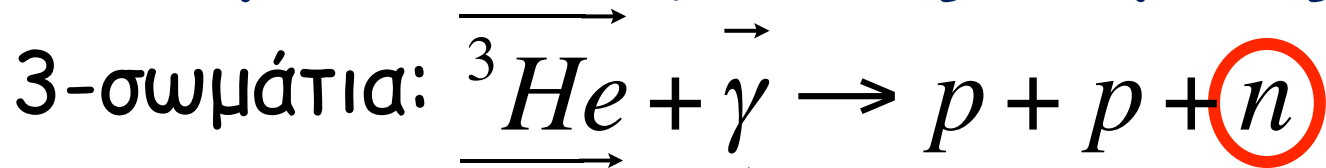
Κάθε σωματίδιο με μη μηδενική ανώμαλη μαγνητική ροπή έχει εσωτερική δομή

Βασίζεται σε γενικά αξιώματα της φυσικής: αναλλοίωτο κάτω από τους μετασχηματισμούς Lorentz και Gauge, συμμετρία crossing, αιτιότητα και διατήρηση της πιθανότητας

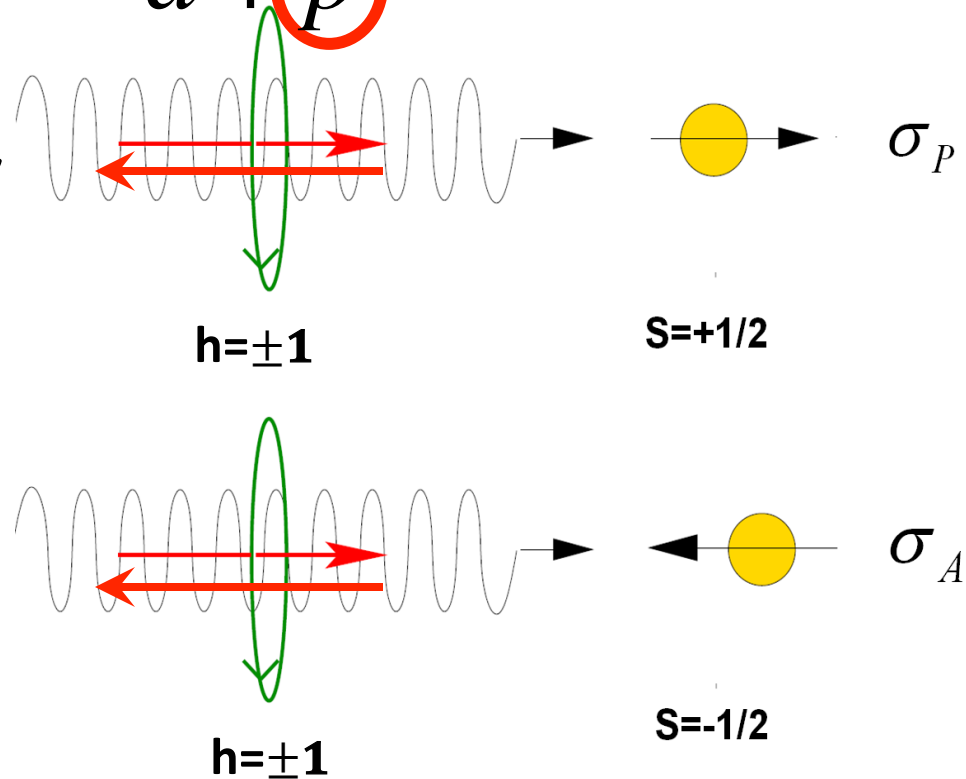
P: η ελικότητα των ακτίνων-γ και η πόλωση του στόχου είναι παράλληλα διανύσματα

A: η ελικότητα των ακτίνων-γ και η πόλωση του στόχου είναι αντι-παράλληλα διανύσματα

Φωτοδιάσπαση του ^3He σε δύο ή τρία σωματάρια: η Τεχνική της Μέτρησης



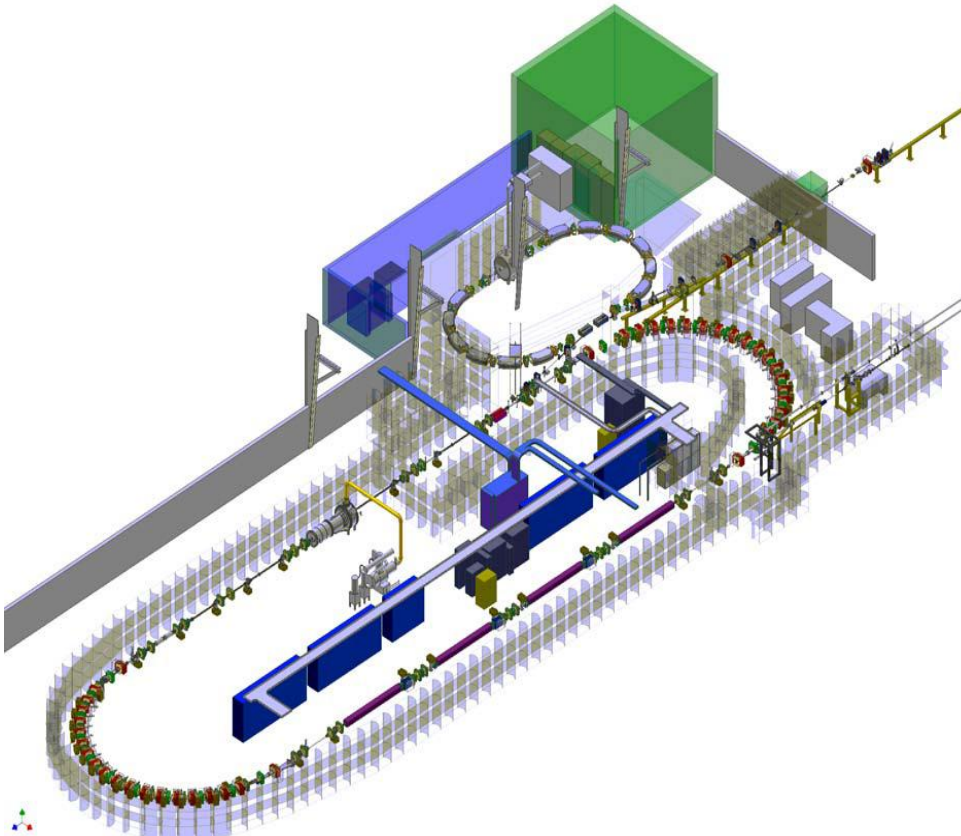
- ~100% πολωμένη δέσμη ακτίνων-γ
- Πολωμένος στόχος ^3He
- **Νετρόνια**: υγροί σπινθηριστές
- **Πρωτόνια**: ανιχνευτές πυριτίου



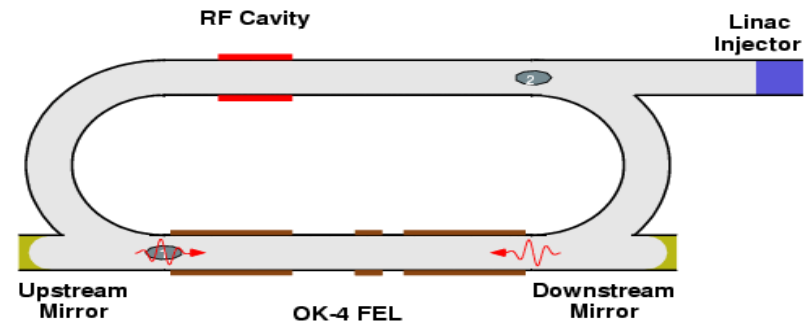
Ο Επιταχυντής ΗΙγS στο TUNL

Το Free Electron Laser του Duke

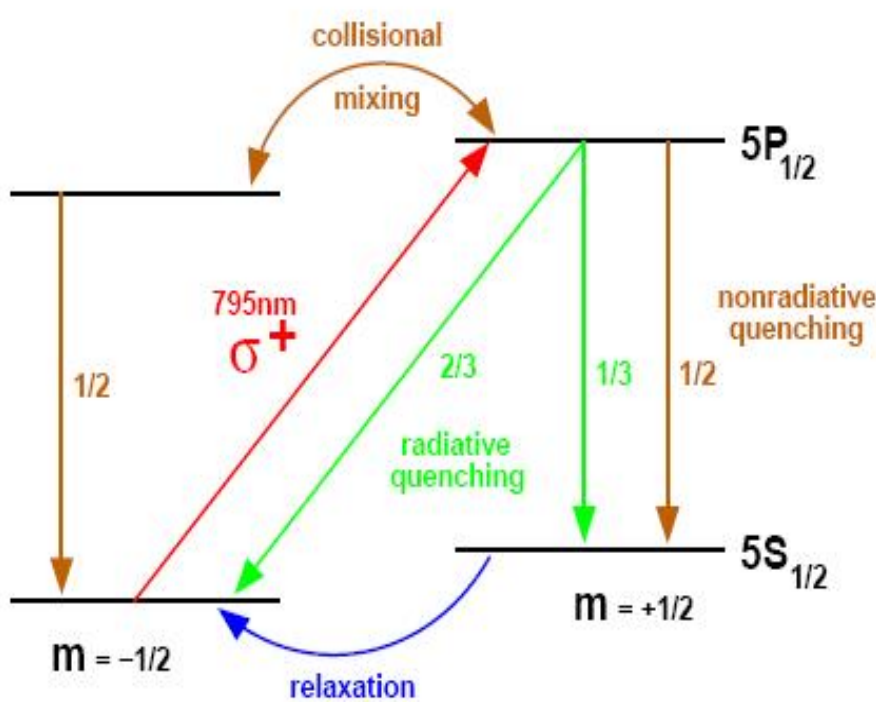
Παράμετροι της Δέσμης	Τιμές
Ενέργειες (MeV)	12.8, 14.7 16.5, 29.0
Πόλωση	~100% (κυκλική)
Ροή φωτονίων στο στόχο (γ/sec)	$1-2 \times 10^8$
$\Delta E/E$	~3-5%



Two Bunch Mode



Πολώνοντας τον Στόχο του ^3He με την Χρήση Αλκαλίων

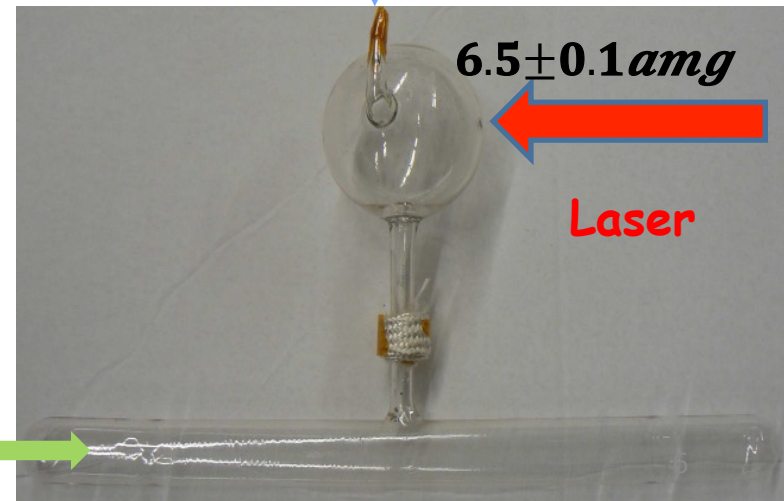
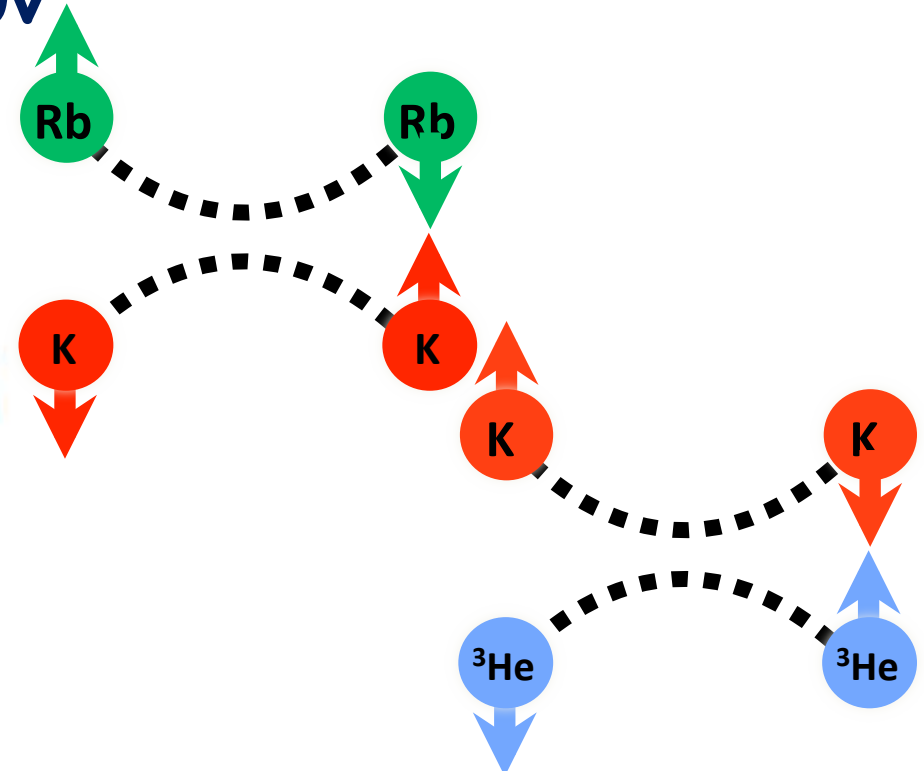


W. Harper, Rev. Mod. Phys. 44, 169 (1972)

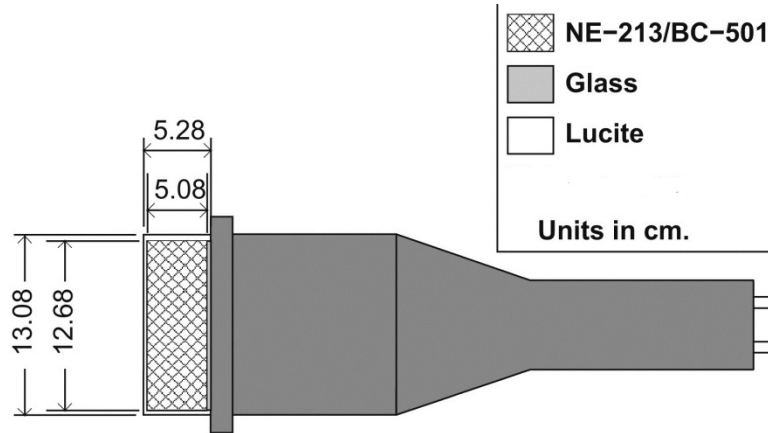
- Πόλωση του στόχου με τις τεχνικές NMR και EPR
- Πόλωση: 38-43%
- Σφάλμα μέτρησης 5.5%

Q. Ye, G. Laskaris *et al.*, Eur. Phys. J. A 44, 55 (2010)

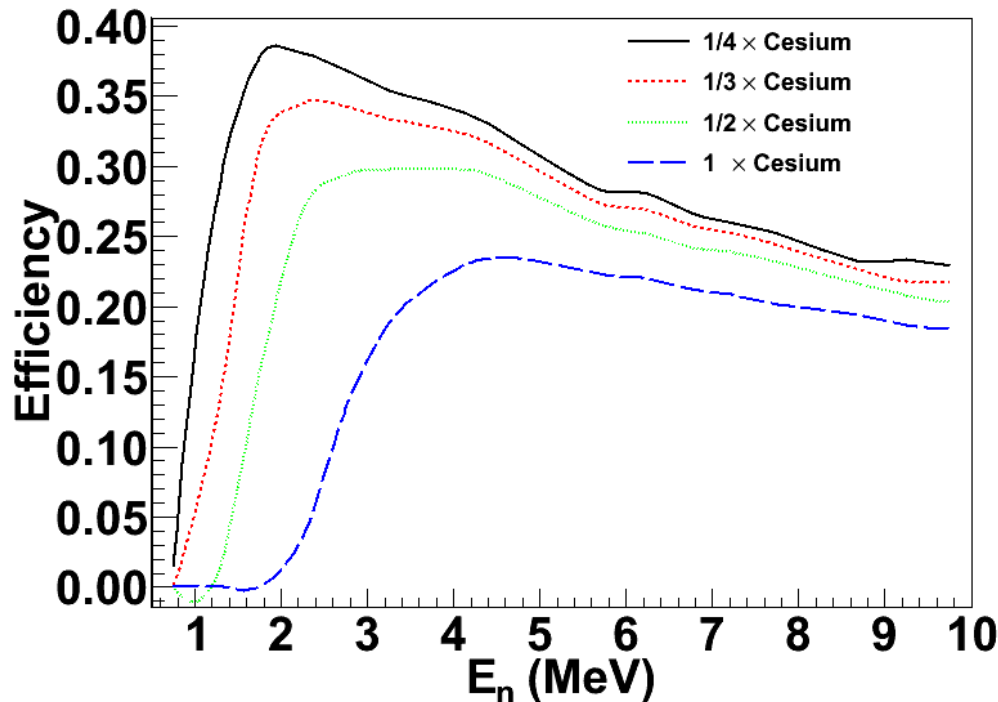
Ακτίνες- γ



Υγρός Σπινθηριστής για την Ανίχνευση Νετρονίων



PSD: το σχήμα του παλμού
PH: το ύψος του παλμού
TOF: χρόνος από την δημιουργία ως την ανίχνευση ενός σωματιδίου

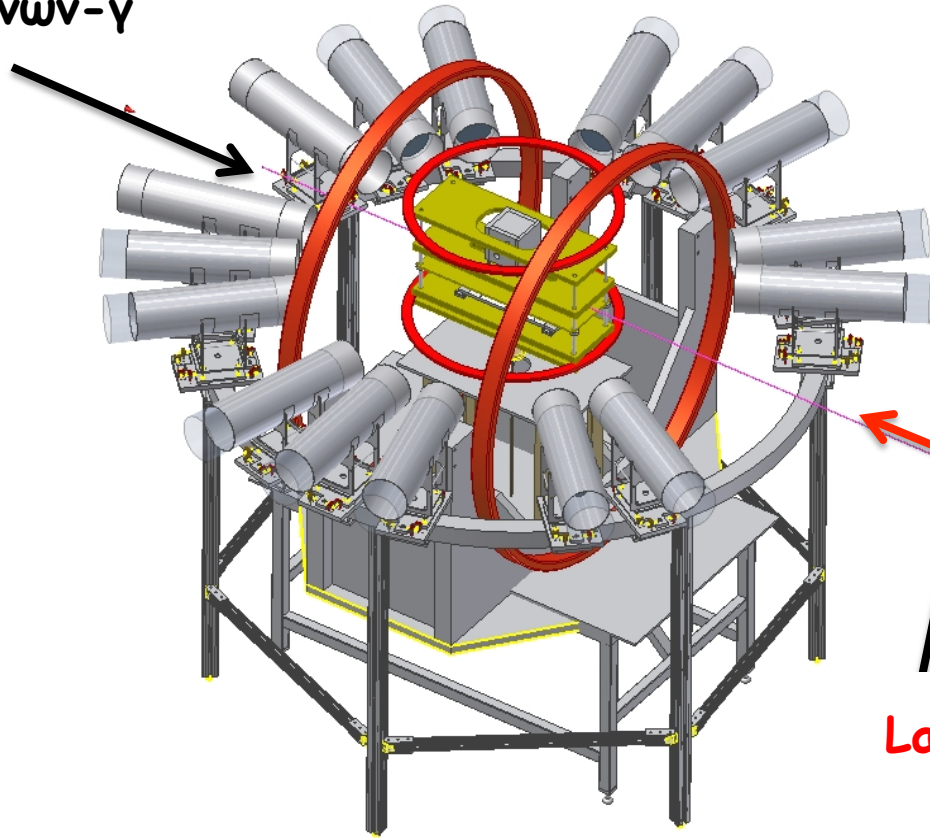


D.E Gonzalez Trotter et al., NIM A 599, 234 (2009)

Ιδιότητες του BC-501A	Τιμή
Πυκνότητα	0.874 gr/cm ³
Δείκτης Διάθλασης	1.530
Μήκος κύματος	425 nm
Φως που εξάγεται Ποσοστό Ανθρακίτη	78
Χρονικές Σταθερές	3.2 nsec, 32.3 nsec, 270 nsec
Λόγος H/C	1.212
Υλικά Σπινθηριστών	Ξυλένιο (C ₈ H ₁₀) Ναφθαλίνη (C ₁₀ H ₈)

Διάταξη για την Ανίχνευση της Φωτοδιάσπασης ${}^3\text{He}(\vec{\gamma}, n)pp$

Δέσμη
ακτίνων- γ



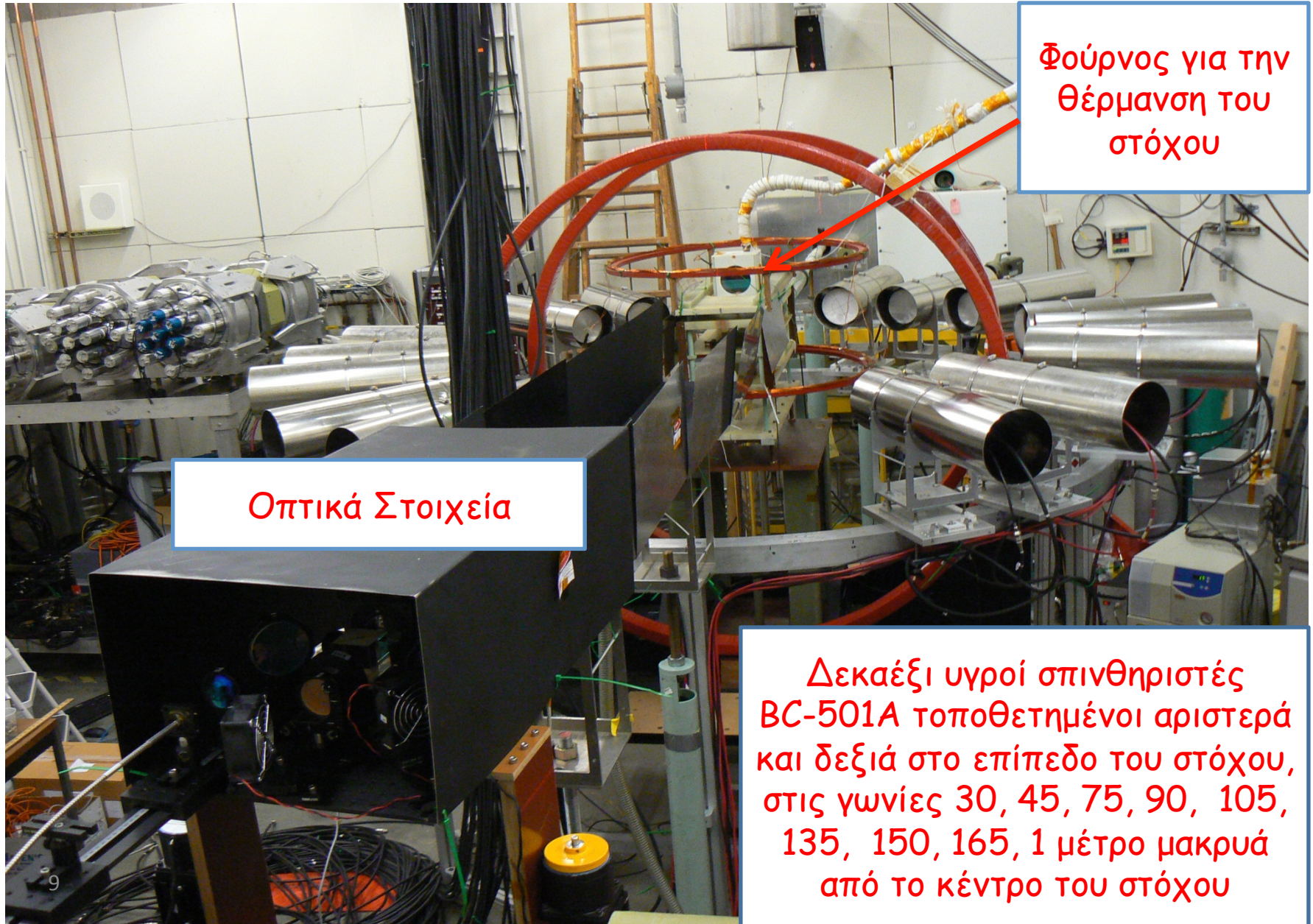
Οπτικά
Στοιχεία

Καταγραφή της
ροής των
φωτονίων με
χρήση στόχου
βαρέους ύδατος

Laser

1. Ο στόχος αλλά και τα οπτικά στοιχεία μπορούν να κινηθούν αυτόματα πάνω και κάτω
2. Οι ανιχνευτές νετρονίων βρίσκονται μέσα σε κυλίνδρους κράματος μολυβδευγίου για την προστασία τους από το μαγνητικό πεδίο

Πειραματική Διάταξη για την μέτρηση του ${}^3\text{He}(\vec{\gamma}, n)pp$

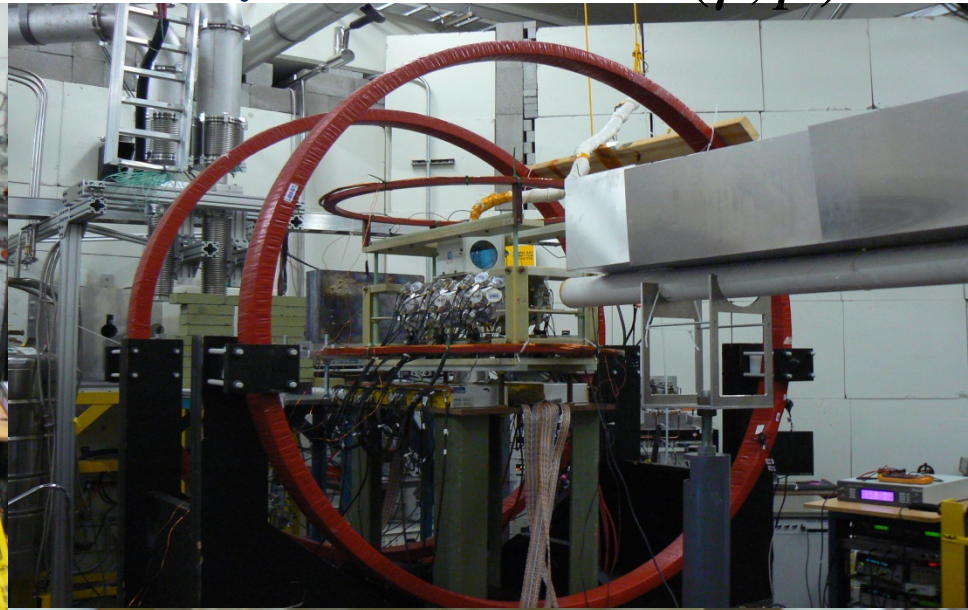
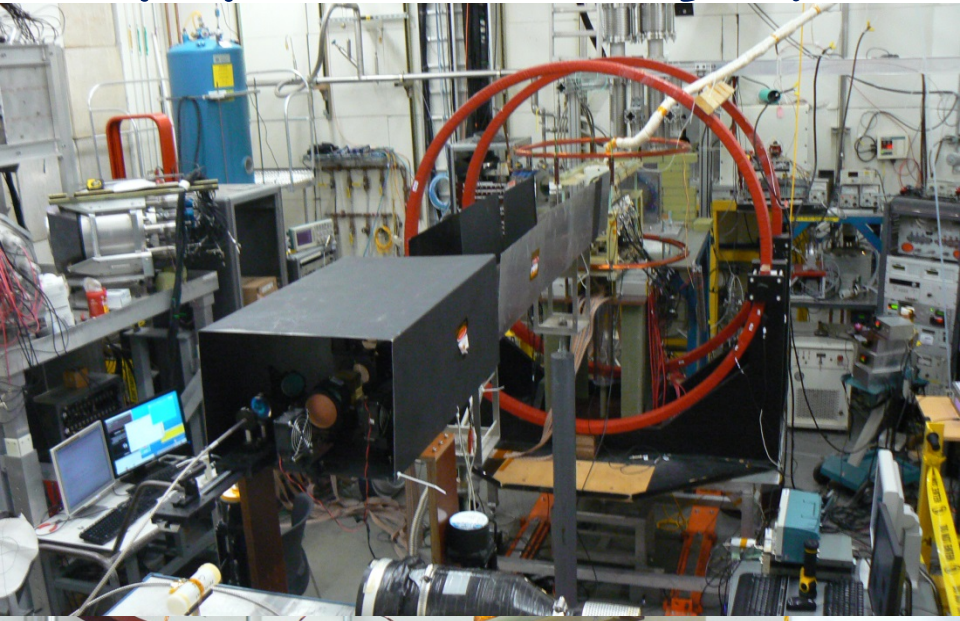


Φούρνος για την
θέρμανση του
στόχου

Οπτικά Στοιχεία

Δεκαέξι υγροί σπινθηριστές
BC-501A τοποθετημένοι αριστερά
και δεξιά στο επίπεδο του στόχου,
στις γωνίες 30, 45, 75, 90, 105,
135, 150, 165, 1 μέτρο μακριά
από το κέντρο του στόχου

Πειραματική Διάταξη για την Μέτρηση του ${}^3\text{He}(\vec{\gamma}, p)\text{D}$



Φούρνος και πάνω μέρος του στόχου

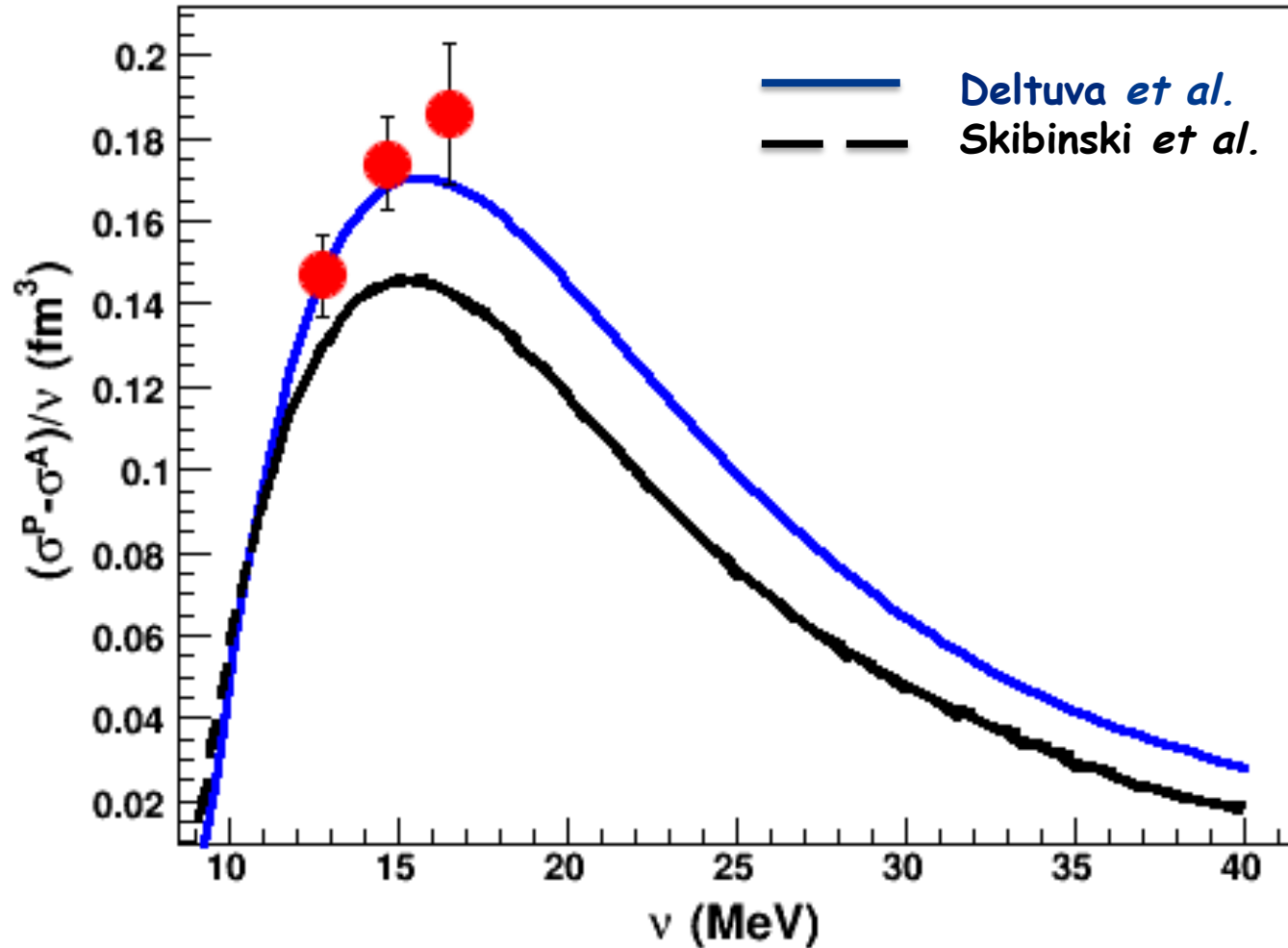


Πειραματική Διάταξη



Το κάτω μέρος του στόχου

Πρώτες Μετρήσεις του Ολοκληρώματος GDH για το ^3He



G. Laskaris *et al.*, Phys. Rev. Lett. **110**, 202501 (2013)

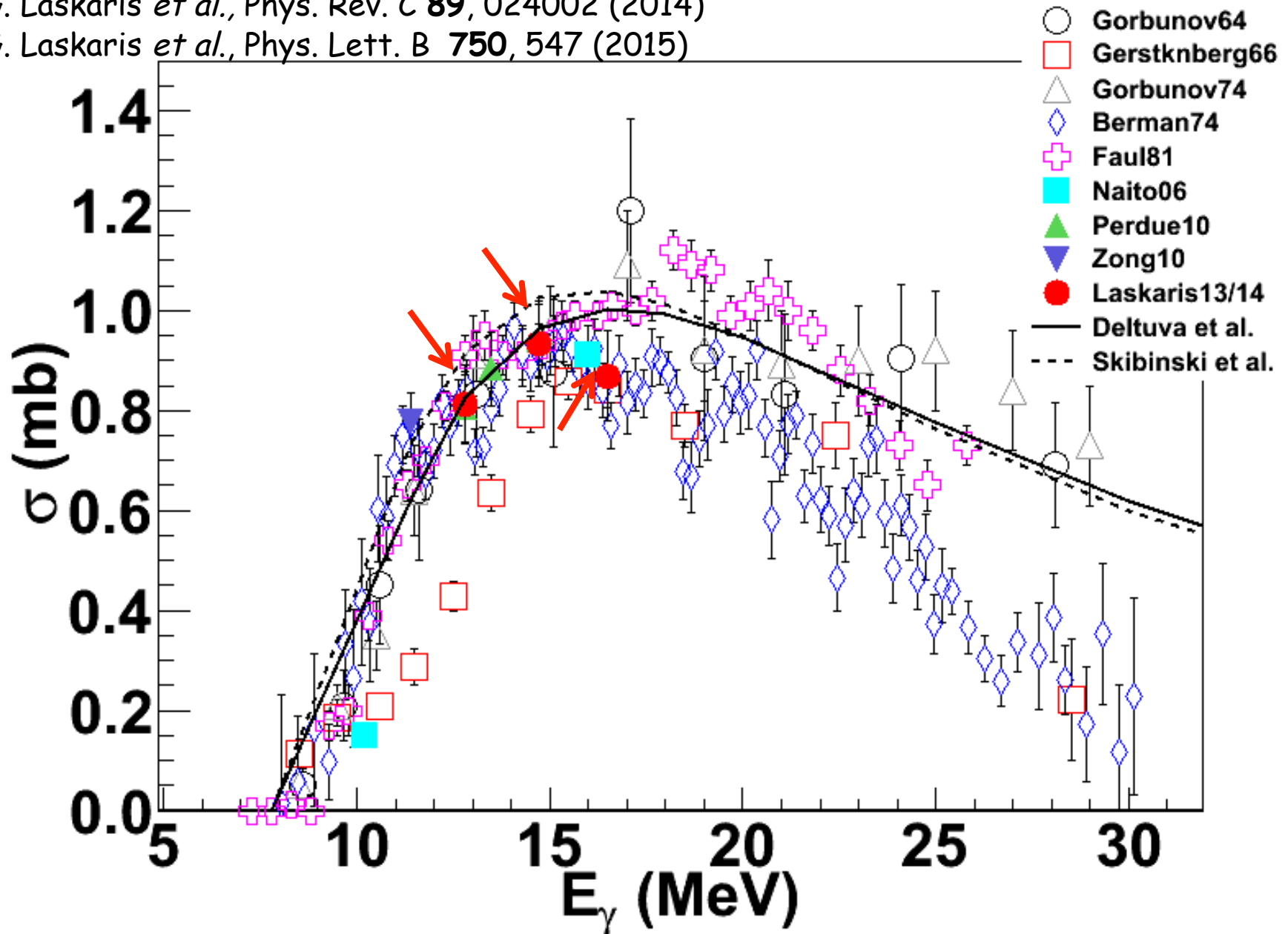
G. Laskaris *et al.*, Phys. Rev. C **89**, 024002 (2014)

G. Laskaris *et al.*, Phys. Lett. B **750**, 547 (2015)

Ενεργές Διατομές της Αντίδρασης ${}^3\text{He}(\gamma, n)pp$

G. Laskaris *et al.*, Phys. Rev. C **89**, 024002 (2014)

G. Laskaris *et al.*, Phys. Lett. B **750**, 547 (2015)



Ανακεφαλαίωση και Σχέδια για το Μέλλον

- Τα πρώτα επιτυχημένα πειράματα για την μελέτη των αντιδράσεων ${}^3\text{He}(\vec{\gamma}, n)pp$ και ${}^3\text{He}(\vec{\gamma}, p)D$ πήραν μέρος στο HIγS/TUNL
- Οι κατανομές των ενεργών διατομών καθώς και οι τιμές για το ολοκλήρωμα GDH του ${}^3\text{He}$ εξήχθησαν για πρώτη φορά
- Παρατηρείται συμφωνία ανάμεσα στις μετρήσεις και την θεωρία που περιλαμβάνει την δύναμη Coulomb
- Τα αποτελέσματα από τη μέτρηση ${}^3\text{He}(\vec{\gamma}, p)D$ θα δείξουν πόσο σημαντική είναι αυτή η αντίδραση για τον υπολογισμό του GDH ολοκληρώματος

Αυτή η δουλειά υποστηρίζεται από το υπουργείο ενέργειας των ΗΠΑ με τους ερευνητικούς λογαριασμούς DE-FG02-97ER41033(TUNL), DE-FG02-03ER41231(MEP/DUKE), DE-FG02-97ER41041(UNC) και το πανεπιστήμιο Duke