

# Fusion durch Pyroelektrische Kristalle

Roland Stania

26. April 2010

# Inhaltsverzeichnis

- 1 Motivation
- 2 Theorie
- 3 Aufbau
- 4 Experiment
- 5 Auswertung
- 6 Zusammenfassung

# Motivation

- Nutzung von Nanometerphysik in der Fusionsforschung
- Tabletop-Ionenbeschleuniger
- Tabletop-Fusionsgenerator
- Neutronenkanone

# Pyroelektrische Kristalle

- Ionenkristalle mit permanenter elektrischer Polarisierung
- Bei Temperaturänderung: elektrische Aufladung entgegengesetzter Flächen (Dipolmomente)

$$\Delta \vec{P}_{py} = \vec{p} \cdot \Delta T \quad (1)$$

In unserem Fall: Lithiumtantalat ( $LiTaO_3$ )

- Heizleistung von 2W entspricht  $12.4 \frac{K}{min}$  und erzeugt einen pyroelektrischen Strom von 22nA
- Erwärmung von 240K auf 265K verursacht eine Polarisationsänderung von  $\Delta \vec{P} = 0.0037 \frac{C}{m^2}$

## Ablauf des Experimentes

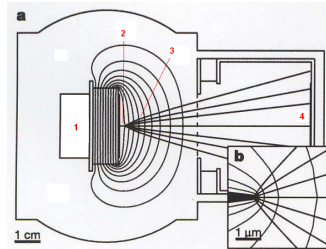
- Elektrisches Feld erzeugt ionisiert Deuterongas (0.7Pa) und beschleunigt einen Deutronstrahl ( $E > 100\text{keV}$  und  $I > 4\text{nA}$ )
- Beim Auftreffen auf das  $\text{ErD}_2$ -Target: Deutronfluß ist 400 mal größer als bei der Hintergrundstrahlung

- 



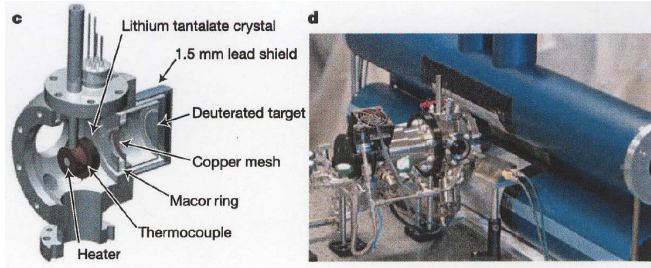
- Nachweis der Teilchen in Szintillatoren: Flüssigszintillator für die 2.45MeV Neutronen, Plastiksintillator (=Target) für die 830keV  ${}^3\text{He}$

# Geometrie des Experiments

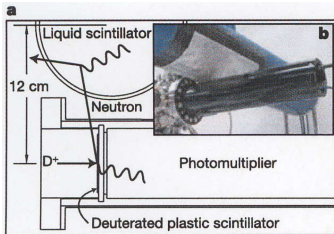


- 1 Kristallgröße:  $d=3\text{cm}$ ,  $h=1\text{cm}$
- 2 Wolframspitze an der positiv aufgeladenen Seite des Kristalls:  
Basisdurchmesser= $80\mu\text{m}$ ;  $l=2.3\text{mm}$ ; Spitzendurchmesser= $100\text{nm}$
- 3 Spannung  $U=80\text{kV}$   $\Rightarrow$  Feldstärken von über  $25 \frac{\text{V}}{\text{nm}}$
- 4  $\text{ErD}_2$  (Erbiumdeuterid) Target

# Apparatur



# Detektor



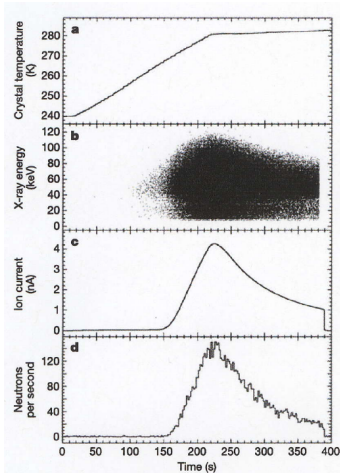
Deuteron trifft auf eine dünne Schicht des deuterierten Plastiksintillators und fusioniert dort mit einem Neutron

820 keV  $^3\text{He}$  und 2.45 MeV Neutron entstehen

Beide Teile werden in den entsprechenden Szintillatoren detektiert



# Experiment

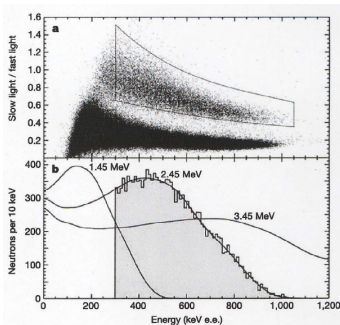


- Zeit [s]      Ereignis
- t=0            T=240k
  - t=15          Heizung eingeschaltet
  - t=100        Röntgenstrahlen (durch freie  $e^-$ ) gemessen
  - t=160         $U = 80kV$  Feldionisation startet, Sekundärelektronen verstärken die Röntgenstrahlung
  - t=170        Neutrale Ionen werden an der Spitze ionisiert, linearer Anstieg des Neutronenflusses
  - t=220        Abschalten der Heizung, Ladungsverlust durch Feldionisation
  - t=393        Spontane Entladung

## Bewertung der Messung

- Kosmische Hintergrundstrahlung (ersten 100s): Elektronen Rekombinationsstrahlung (900 counts / s)  $\Rightarrow$  Myonen,  $\gamma$ -Strahlung
- Neutronenfluß-Peak: 800 Neutronen/s (bei Berücksichtigung der 18% Detektionswahrscheinlichkeit)
- Theoriewert: (Ionenstrom von 4.2 nA und Beschleunigungspotential 115kV): 900 Neutronen/s
- Abweichung ist stimmig wegen Oxydschicht auf dem Trigger

# Neutronenspektroskopie



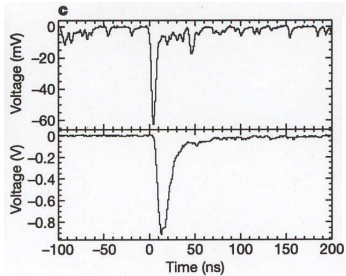
Ratio des integrierten Lichtes im Nachzug des PMT (Photomultiplier) Signals, durch Event im Flüssigszintillator zum integrierten Licht des Signal Peaks

Elektronenrekombination unten, Protonenrekombination oben  $\Rightarrow$  längerer Szintillationszerfall

15'300 zulässige Neutronenmessungen in 400s

b: Spektrum der Protonenrekombination im Vergleich zu simulierten Spektren

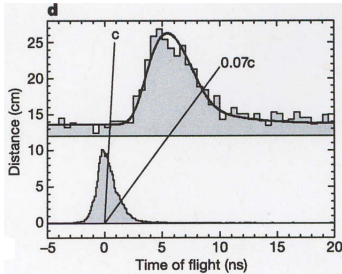
# $\alpha$ -n Coincicator



Nachweis des Zusammenhangs zwischen den detektierten  $\alpha$ -Teilchen und den Neutronen

Messung der Flugzeit

# Flugzeit



Oben: Neutronenflugzeit mit Monte Carlo Simulation

Peak: 5.6ns  $\Rightarrow$  entspricht für 12cm einer Geschwindigkeit von 0.07c

Kalibrierung mit einer  $^{22}\text{Na}$  Quelle (511keV  $\gamma$ -Quanten)

# Zusammenfassung

- Nachweis: Pyroelektrische Kristalle können Ionenstrahlen erzeugen, die genügend Energie und Stromstärke haben, um Kernfusion anzuregen.
- Vergrößerung der Wolframnadel und tiefe Temperaturen und Tritium-Target könnte das Signal wahrscheinlich auf  $10^6$  Neutronen/s verstärkt werden

## Mögliche Anwendungen

- Anwendung in elektrostatischen Fusionsgeneratoren (Farnsworth)
- Mikro-Antriebe in Mikro-Raumfahrt