

Nukleon-Nukleon-Reaktionen

Eigenschaften des Nukleons

Formalismus zur Beschreibung der elastischen Streuung
(Optisches Modell, Streuphasen) und von Reaktionen

Zwei-Nukleonen-Problem (Streulängen, NN-Potential, NN-Reaktionen)

Reaktionen zwischen Nukleonen und leichten Kernen

8. Vorlesung, TU Dresden 03.06.2008

Dr. Daniel Bemmerer



**Forschungszentrum
Dresden** Rossendorf

1. Vorlesung, 08.04.2008

- Starke Wechselwirkung, Ladungsunabhängigkeit, Einführung des Isospins
- Eigenschaften der Nukleonen: Masse und Lebensdauer
- Kinematik nichtrelativistisch

2. Vorlesung, 15.04.2008

- Kinematik relativistisch
- Das Deuteron

3. Vorlesung, 22.04.2008 (Prof. Grosse)

- Das Deuteron im elektromagnetischen Feld
- Reziprozitätssatz (*detailed balance theorem*)
- Synthese und Photodissoziation des Deuterons
- Astrophysikalisches: Bedeutung des Deuterons im Urknall

4. Vorlesung, 29.04.2008

- Rutherford-Streuung (klassisch)
- Optisches Modell, elastische Streuung

5. Vorlesung, 06.05.2008

- Rutherford-Streuung (quantenmechanisch)
- Resonanzen (Einführung)

6. Vorlesung, 20.05.2008

- Breit-Wigner-Formel

7. Vorlesung, 27.05.2008

- Exkurs: Abbremsung schneller Teilchen in Materie
- Messung von Resonanzparametern: Gamma- und Teilchenbreite

8. Vorlesung, heute

- Drehimpulse und Winkelkorrelationen

Folien im Internet: <http://www.fzd.de/db/Cms?pOid=26617>

Messung der Lebensdauer von Zuständen $^{14}\text{N}(p,\gamma)^{15}\text{O}^*$ Doppler Shift Attenuation Method

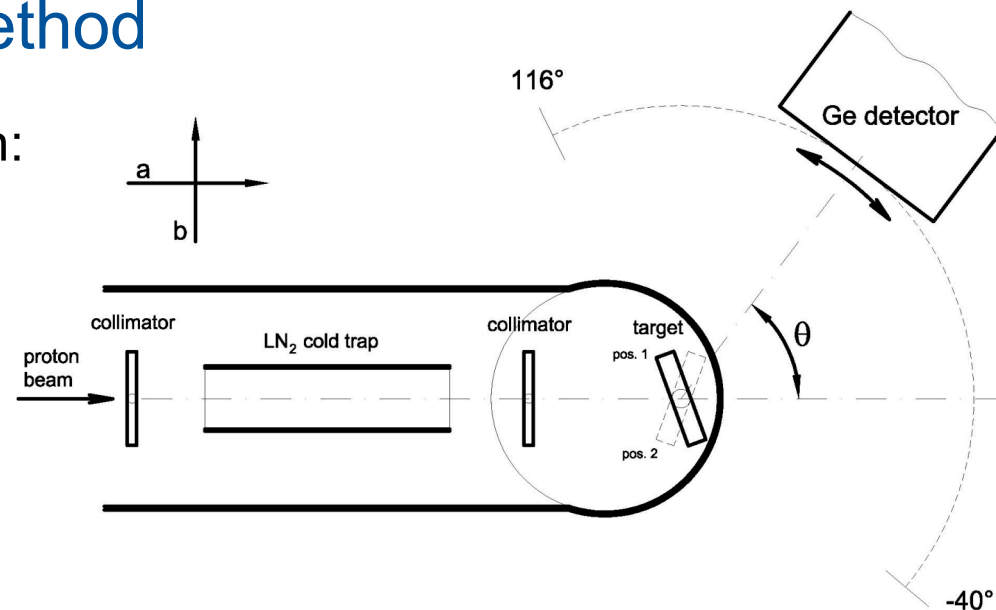
- Dopplerverschiebung relativistisch:

$$E_\gamma = E_\gamma^0 \left(1 + \frac{v}{c} \cos \theta \right)$$

- Mit effektiver Geschwindigkeit:

$$v = Q \frac{1}{\tau} \int_0^\infty \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \overline{v(t) \cos \phi} dt$$

- τ = Lebensdauer
- ϕ = Bewegungswinkel des Energie verlierenden Restkerns ^{15}O
- $Q \approx 1$ Korrekturfaktor für Detektorgröße



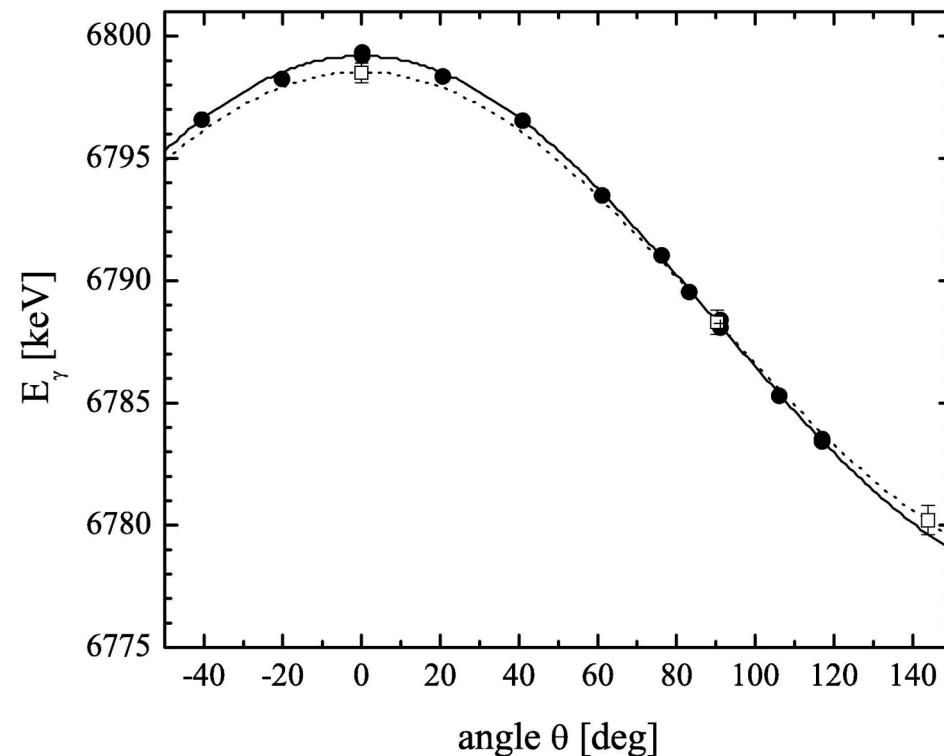
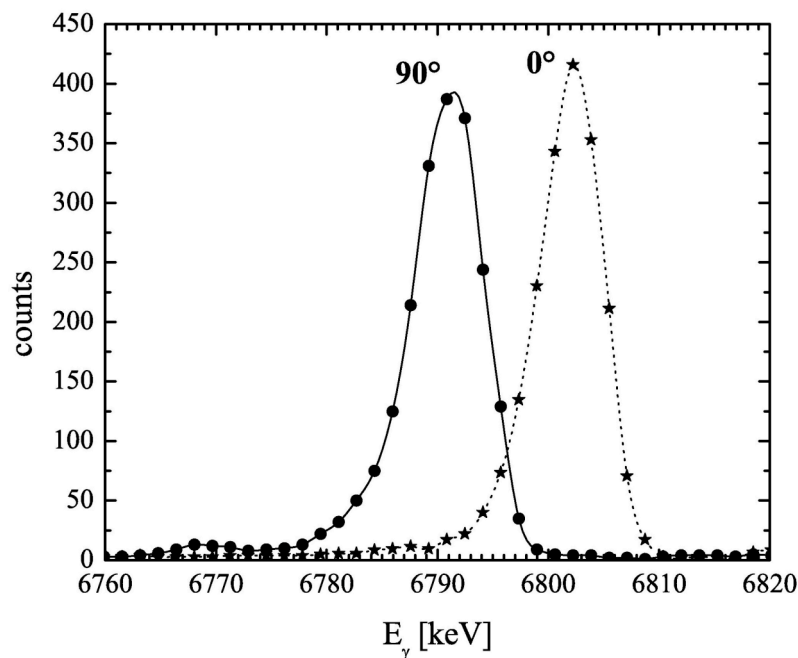
<http://arxiv.org/abs/0804.1934>

Messung der Lebensdauer von Zuständen $^{14}\text{N}(p,\gamma)^{15}\text{O}^*$

Doppler Shift Attenuation Method

$$E_\gamma = E_\gamma^0 \left(1 + \frac{v}{c} \cos \theta \right)$$

$$v = Q \frac{1}{\tau} \int_0^\infty \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \overline{v(t) \cos \phi} dt$$



<http://arxiv.org/abs/0804.1934>

Drehimpulse und Winkelkorrelationen

- Drehimpulsauswahlregeln bei elektromagnetischen Übergängen

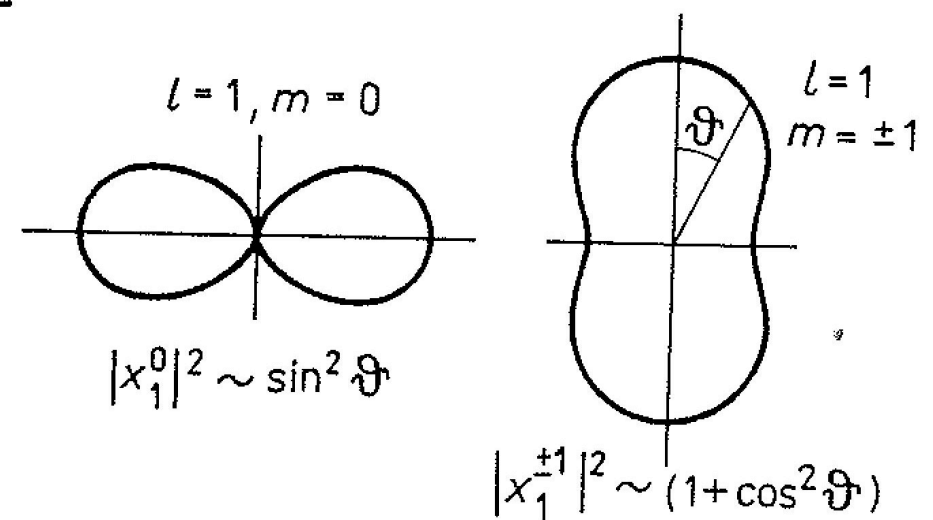
$E \ell, M \ell$

(ℓ = Drehimpuls der Strahlung)

$$|J_1 - J_2| \leq \ell \leq J_1 + J_2$$

- E1 = elektrische Dipolstrahlung
 $\Delta\pi = (-1)^\ell$
- M1 = magnetische Dipolstrahlung
 $\Delta\pi = (-1)^{\ell+1}$

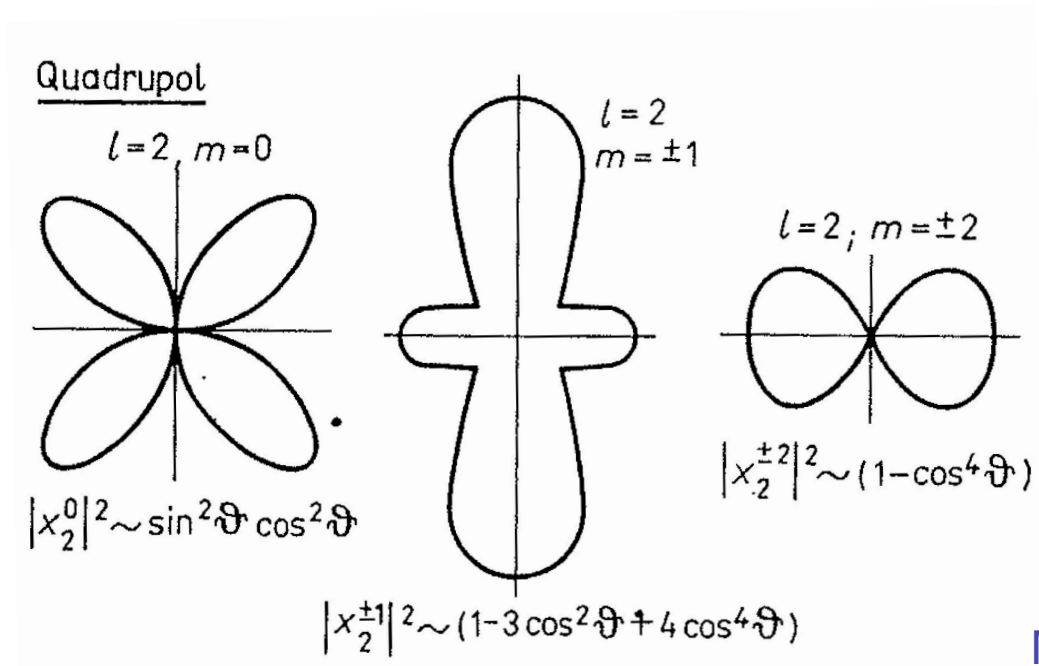
Dipol



Musiol

Drehimpulse und Winkelkorrelationen

- E2 = elektrische Quadrupolstrahlung
- M2 = magnetische Quadrupolstrahlung

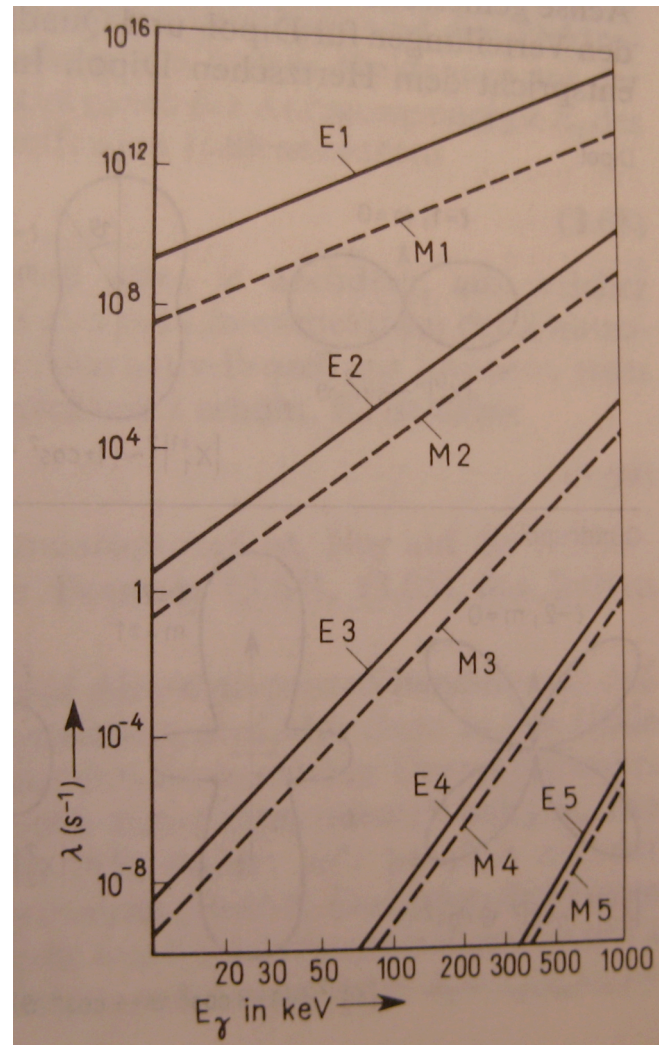


Musiol

Übergangswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Multipolarität

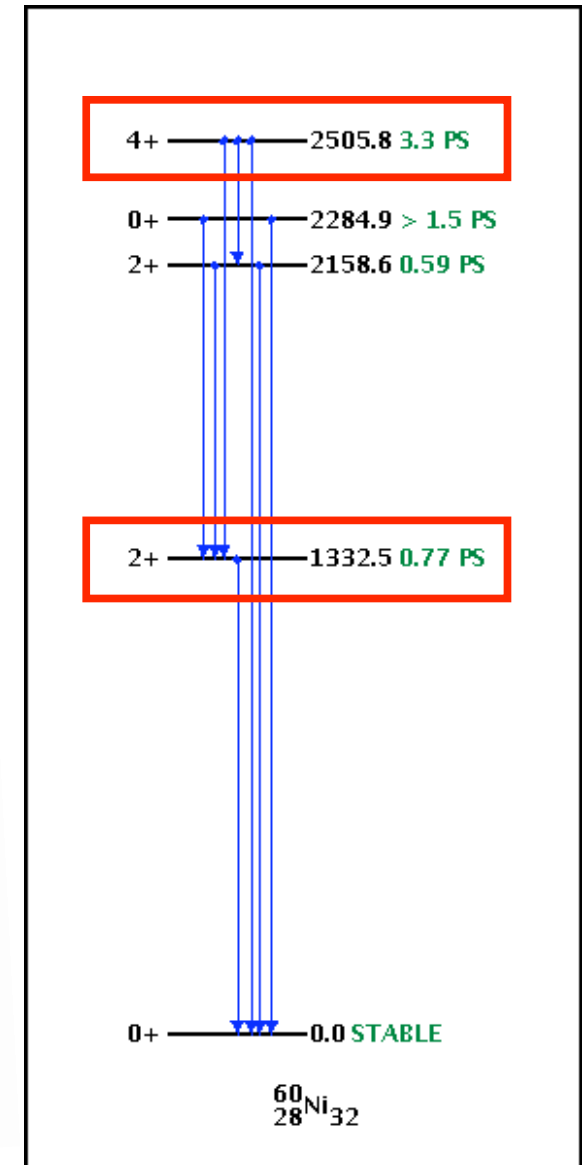
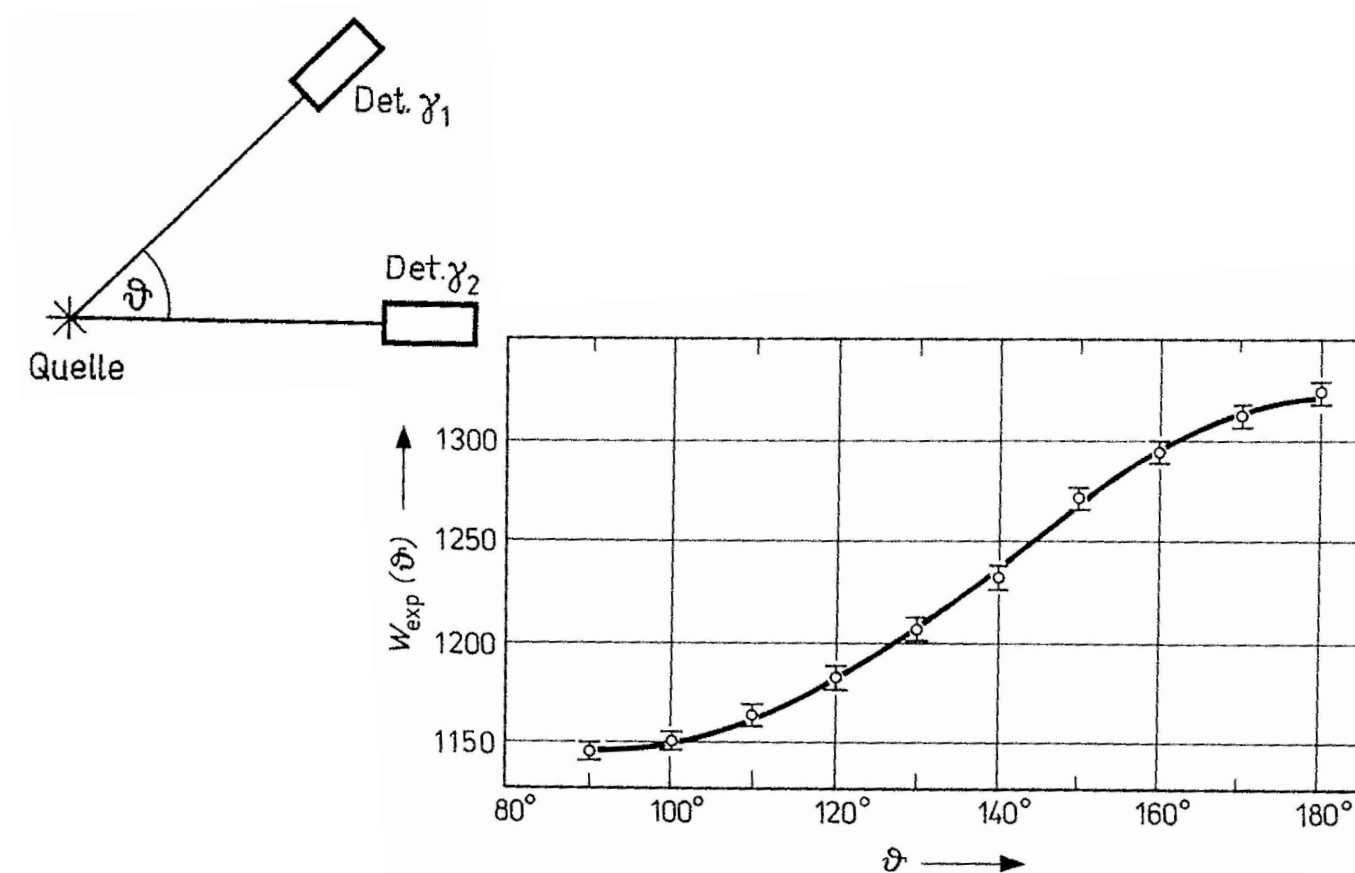
$$\lambda \propto \left(\frac{R}{\hbar} \right)^{2l}$$

Die niedrigen Multipolordnungen dominieren in der Regel, falls sie nicht durch Auswahlregeln ausgeschlossen sind.

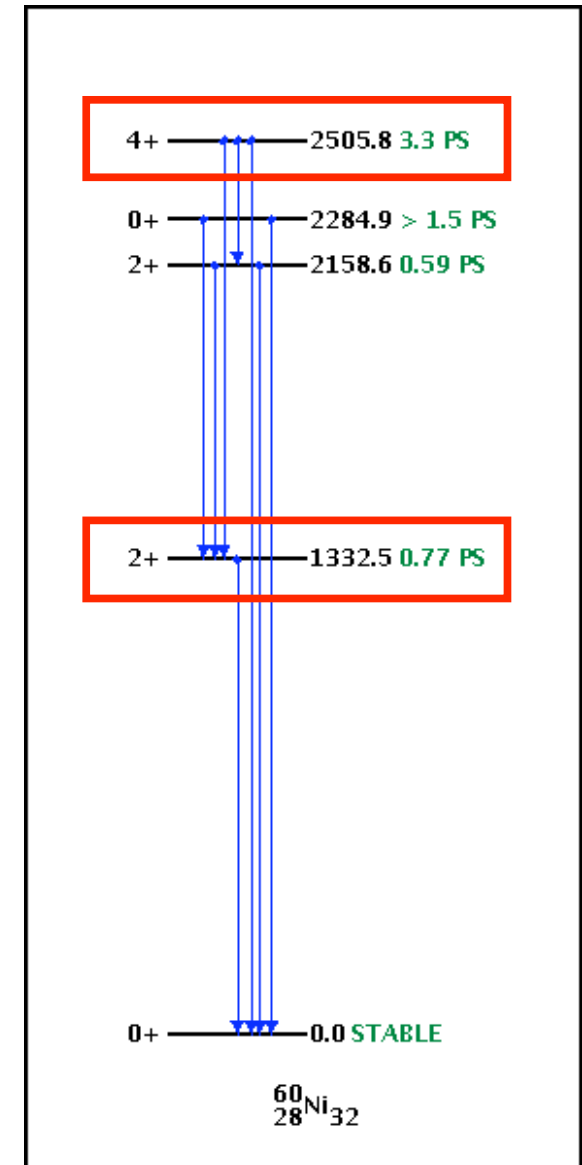
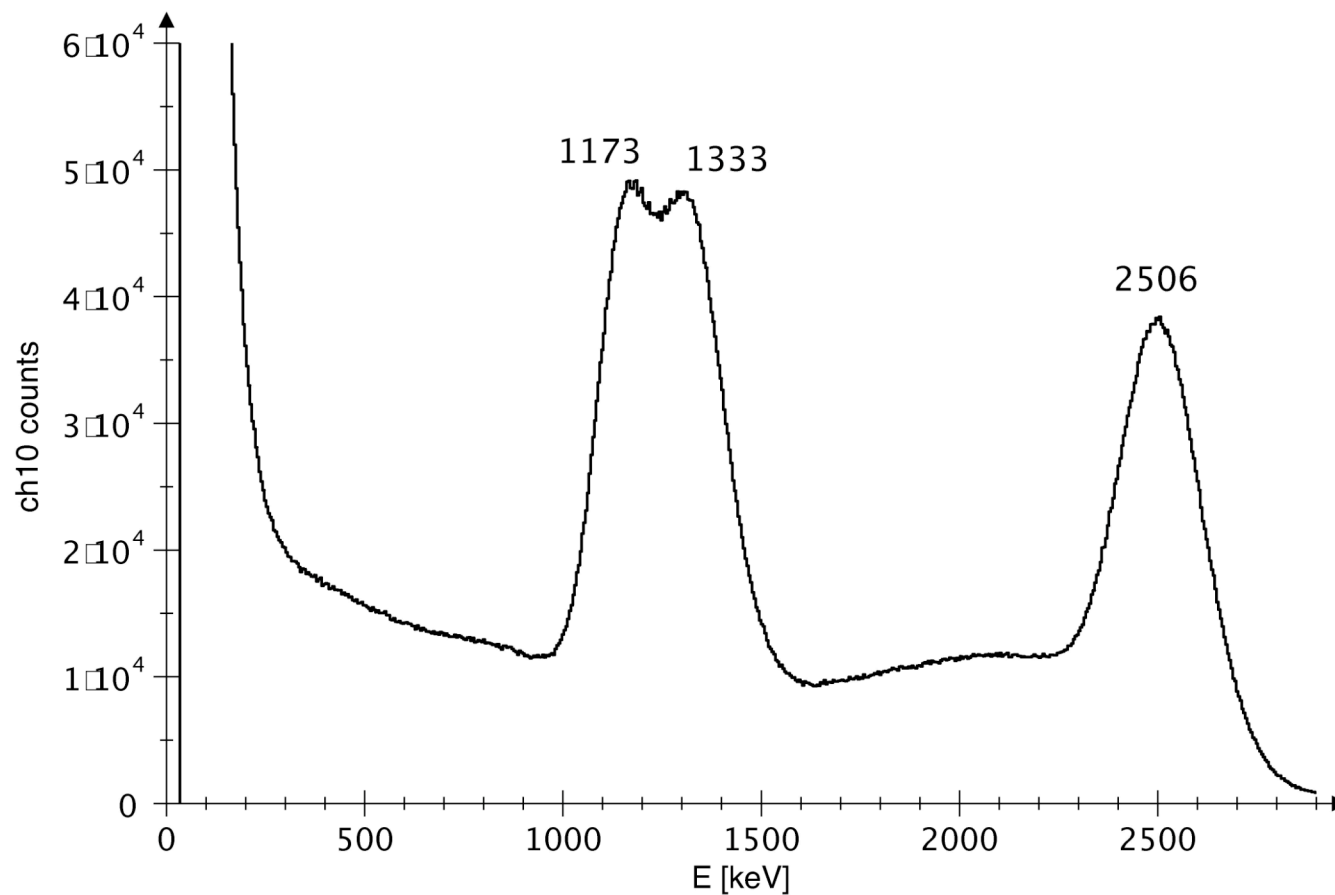


Mayer-Kuckuck

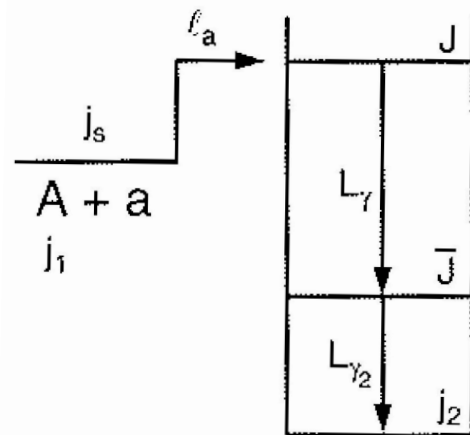
Messungen der Winkelkorrelation bei radioaktivem Zerfall, ^{60}Co



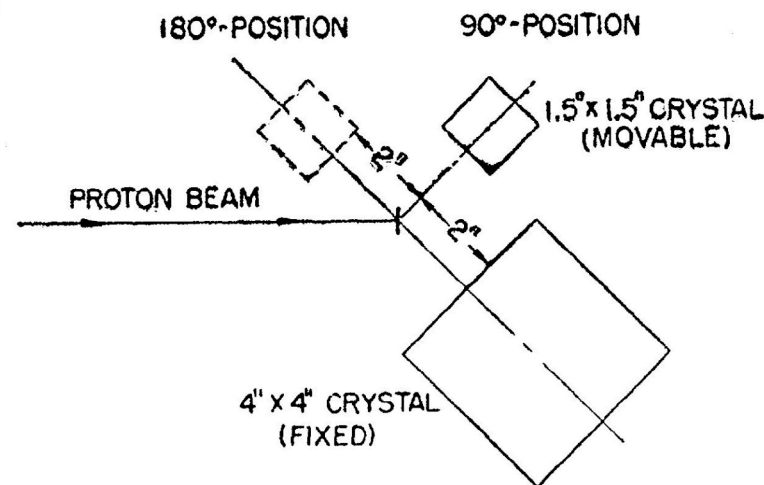
Auswirkungen der Winkelkorrelation bei radioaktivem Zerfall, ^{60}Co



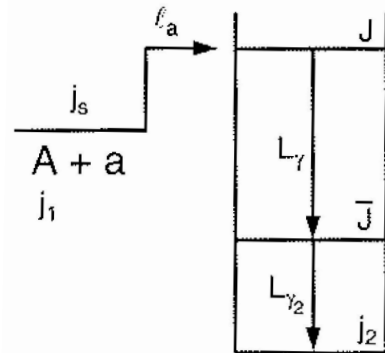
Winkelkorrelation bei Kernreaktionen



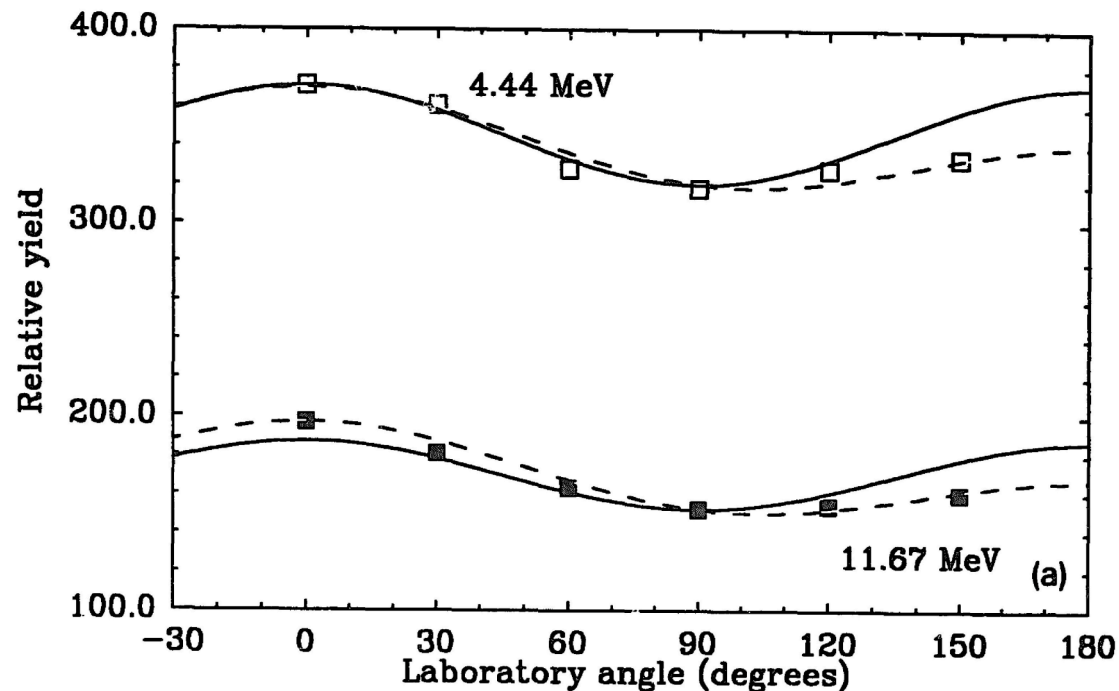
- Bevölkerung des Start-Niveaus durch Reaktion statt durch α -/ β -Zerfall
- Ausgezeichnete Achse durch die Einfallsrichtung der Projektile
- Korrelation Projektil - Ejektil
- Korrelation Ejektil 1 - Ejektil 2
- Symmetrie zu 90° , d.h. ungerade Legendre-Polynome verschwinden



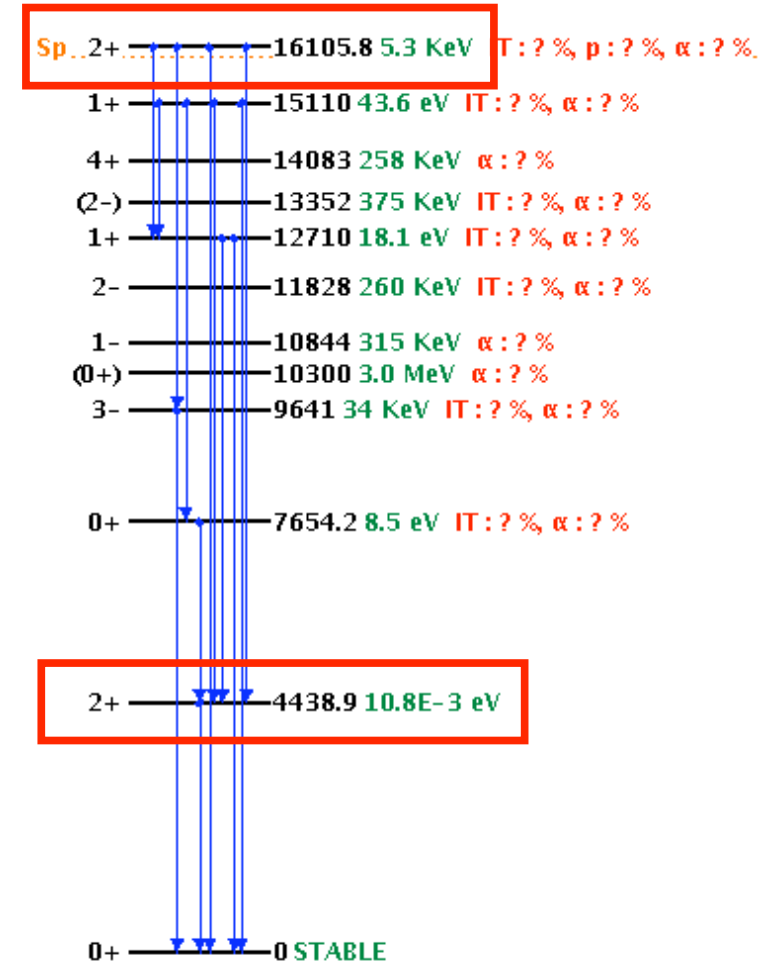
Winkelkorrelation bei Reaktionen: $^{11}\text{B}(p,\gamma)^{12}\text{C}$, $E_{\text{RES}} = 0.163 \text{ MeV}$



Korrelation Projektil - Gamma



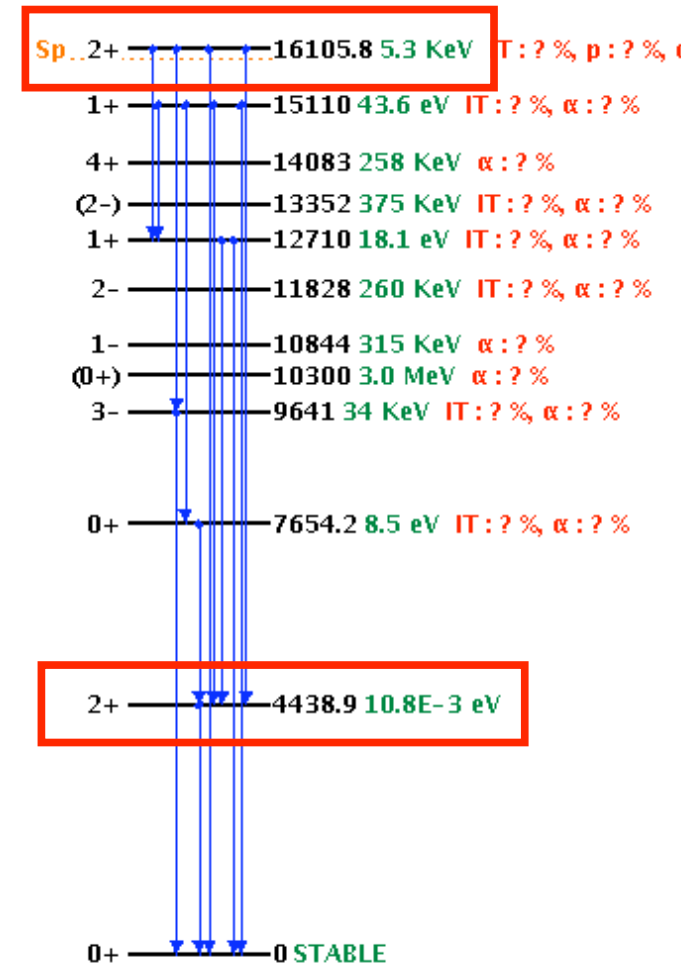
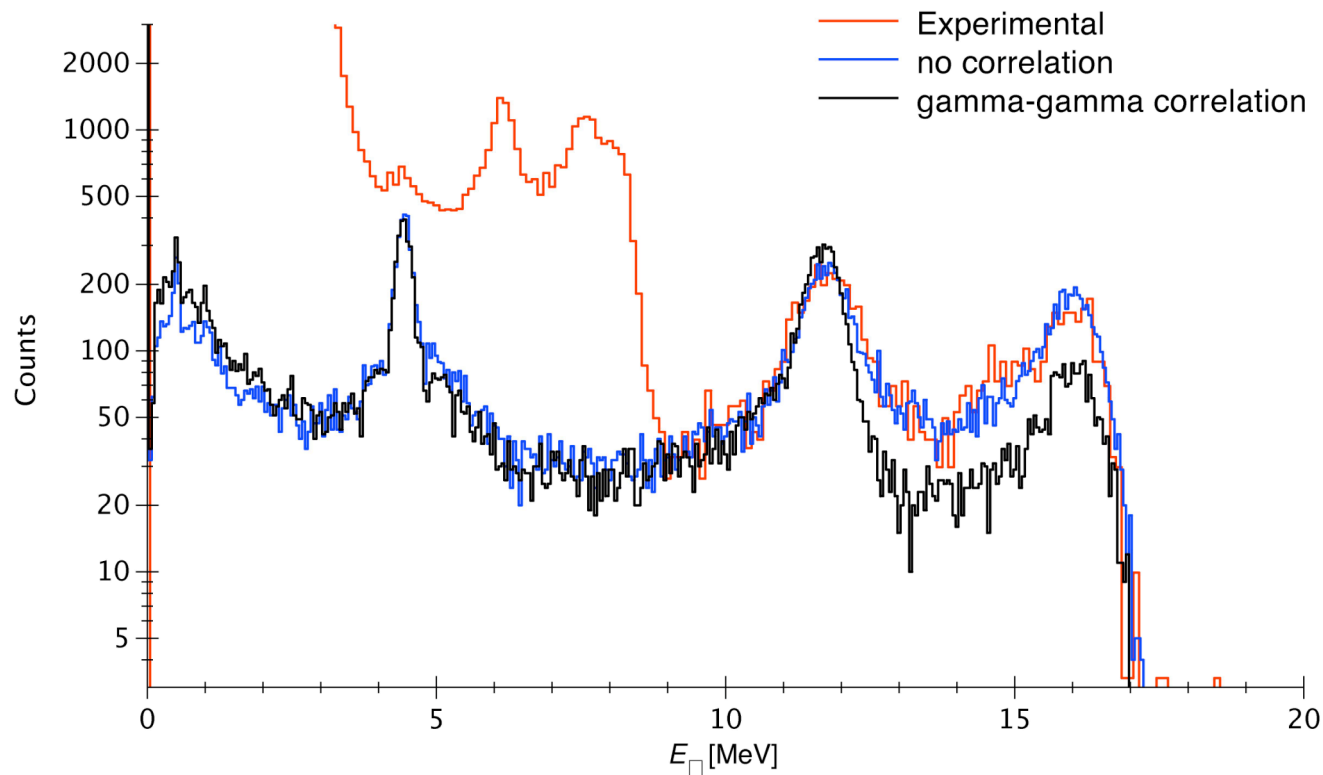
Cecil et al., Nucl. Phys. A 539, 75 (1992)



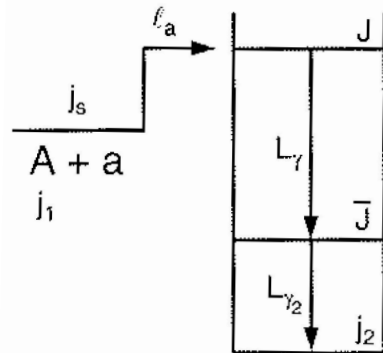
$^{12}_6\text{C}_6$

Winkelkorrelation bei Reaktionen: $^{11}\text{B}(p,\gamma)^{12}\text{C}$, abseits der Resonanz

Korrelation Gamma - Gamma

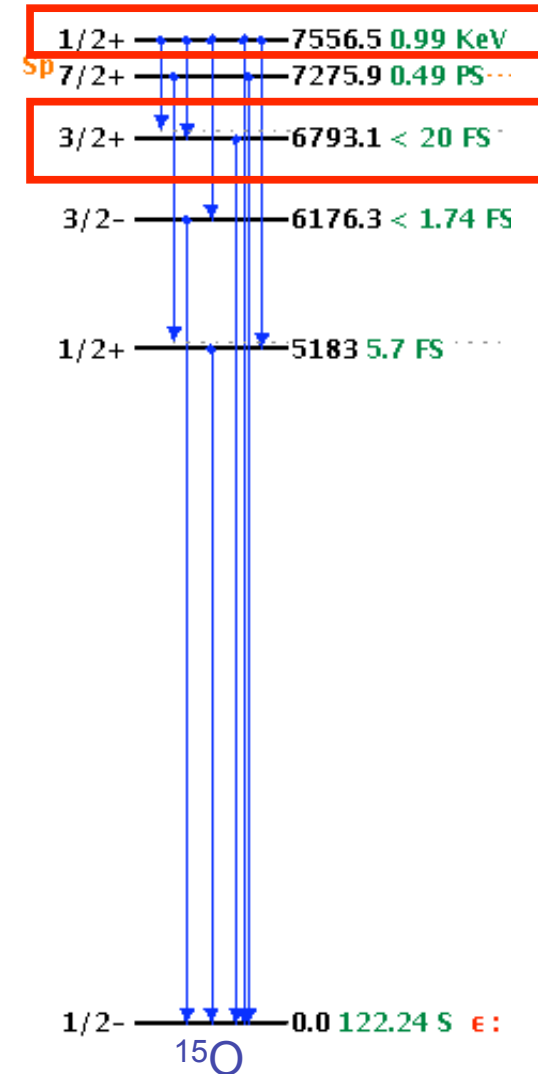
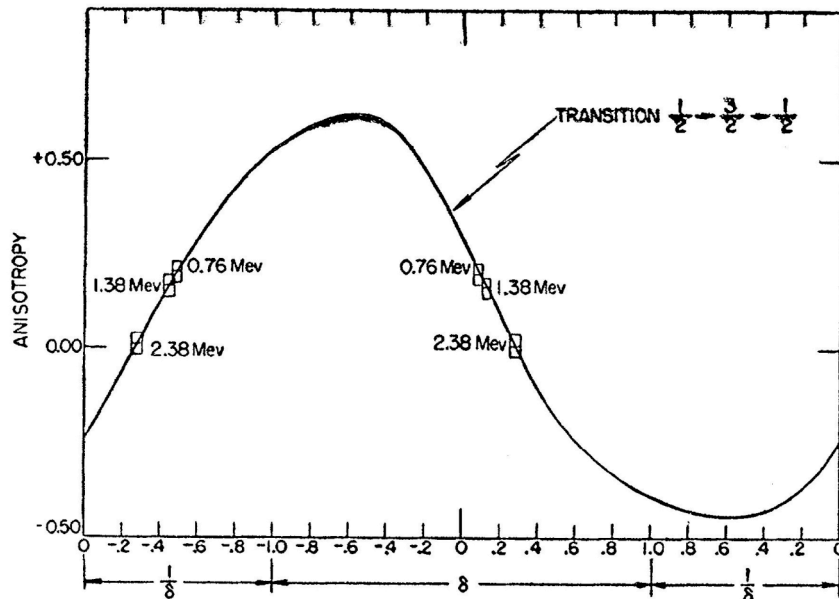

 $^{12}_6\text{C}_6$

Winkelkorrelation bei Reaktionen: $^{14}\text{N}(p,\gamma)^{15}\text{O}$, $E_{\text{RES}} = 0.278 \text{ MeV}$



Korrelation Gamma - Gamma

$1/2^+ \rightarrow 3/2^+$ M1, Beimischung E2
 $3/2^+ \rightarrow 1/2^-$ E1



Povh & Hebbard, Phys. Rev. 115, 608 (1959)

1. Vorlesung, 08.04.2008

- Starke Wechselwirkung, Ladungsunabhängigkeit, Einführung des Isospins
- Eigenschaften der Nukleonen: Masse und Lebensdauer
- Kinematik nichtrelativistisch

2. Vorlesung, 15.04.2008

- Kinematik relativistisch
- Das Deuteron

3. Vorlesung, 22.04.2008 (Prof. Grosse)

- Das Deuteron im elektromagnetischen Feld
- Reziprozitätssatz (*detailed balance theorem*)
- Synthese und Photodissoziation des Deuterons
- Astrophysikalisches: Bedeutung des Deuterons im Urknall

4. Vorlesung, 29.04.2008

- Rutherford-Streuung (klassisch)
- Optisches Modell, elastische Streuung

5. Vorlesung, 06.05.2008

- Rutherford-Streuung (quantenmechanisch)
- Resonanzen (Einführung)

6. Vorlesung, 20.05.2008

- Breit-Wigner-Formel

7. Vorlesung, 27.05.2008

- Exkurs: Abbremsung schneller Teilchen in Materie
- Messung von Resonanzparametern: Gamma- und Teilchenbreite

8. Vorlesung, heute

- Drehimpulse und Winkelkorrelationen

9. Vorlesung, nächste Woche (Prof. Grosse)

- Dipol-Riesenresonanz

Folien im Internet: <http://www.fzd.de/db/Cms?pOid=26617>