

## Kern- und Teilchenphysik

#### SS2012 Vorlesung-Website

#### **Johannes Blümer**

KIT-Centrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA



www.kit.edu

## v6 8. Mai 2012 – Atomkerne

#### Rutherford-Streuung

- frühe Streu-Experimente
- Ableitung der Rutherford-Streuformel
- Wirkungsquerschnitt
- Größe von Atomkernen

#### Eigenschaften von Kernen

- Radien, Formfaktor
- Massen und Bindungsenergien

#### Kernmodelle

- Tröpfchenmodell
- Schalenmodell

[B-N]: Jörn Bleck-Neuhaus Elementare Teilchen; Springer, KIT eBook

Amsler Kap. 1, 2

Drexlín 2010



## **Streuung im Thomson-Modell**



# Szintillatorbeobachtungen In $P \geq$ R M

#### [B-N]

Abb. 3.1 Apparat von Marsden 1909. A–B: Glasröhrchen mit  $\alpha$ -strahlendem Gas ("Radium-Emanation" = Radon = Rn). S: Szintillator-Schirm (ZnS) mit Mikroskop M. P: Bleiblech, verhindert den direkten Weg zum Szintillator. RR: "When a reflector was placed in the position at about 1 cm from the tube, scintillations were at once observed." (aus der Original-Veröffentlichung von Geiger und Marsden [77])

#### The Scattering of $\alpha$ and $\beta$ Particles by Matter and the Structure of the Atom

E. Rutherford, F.R.S.\* *Philosophical Magazine* Series 6, vol. 21 May 1911, p. 669-688

669

§ 1. It is well known that the  $\alpha$  and the  $\beta$  particles suffer deflexions from their rectilinear paths by encounters with atoms of matter. This scattering is far more marked for the  $\beta$  than for the  $\alpha$  particle on account of the much smaller momentum and energy of the former particle. There seems to be no doubt that such swiftly moving particles pass through the atoms in their path, and that the deflexions observed are due to the strong electric field traversed within the atomic system. It has generally been supposed that the scattering of a pencil of  $\alpha$  or  $\beta$ rays in passing through a thin plate of matter is the result of a multitude of small scatterings by the atoms of matter traversed. The observations, however, of Geiger and Marsden\*\* on the scattering of  $\alpha$  rays indicate that some of the  $\alpha$  particles, about 1 in 20,000 were turned through an average angle of 90 degrees in passing though a layer of gold-foil about 0.00004 cm. thick, which was equivalent in stopping-power of the  $\alpha$  particle to 1.6 millimetres of air. Geiger\*\*\* showed later that the most probable angle of deflexion for a pencil of  $\alpha$  particles being deflected through 90 degrees is vanishingly small. In addition, it will be seen later that the the direct

-> deflexion does pr

## **Rutherford-Apparatur**







#### [B-N]

**Abb. 3.2** Rutherford-Apparatur. R – radioaktives Präparat, D – Austritt der  $\alpha$ -Teilchen, F – Gold-Folie, S – Szintillator-Kristall, M – Lupe (Original-Bild nach [165])

## Winkelverteilung



#### **Rutherford-Streuung**



#### **Drehimpuls und Stoßparameter**

9 KT2012 Johannes Blümer

#### **Differentieller Wirkungsquerschnitt**



#### Differentieller Wirkungsquerschnitt

11 KT2012 Johannes Blümer

#### Wirkungsquerschnitt und Streurate

12 KT2012 Johannes Blümer



Verifizierung f(1/E<sup>2</sup>), f(Z<sup>2</sup>)



#### Wie groß ist der Atomkern?





## Systematische Untersuchung von Kernen

- Abschluss Rutherford-Streuung
  - Anwendungsbeispiel
  - Bedeutung von WQ-Messungen
  - Luminosität
  - Rutherford-Streuung mit Impulsübertrag formuliert
- Mott-Streuung
- Formfaktor

- zur Messung von  $\sigma_{tot}$  erforderlich:
  - Zahl einlaufender Teilchen/s
  - Messdauer t
  - Detektor-Raumwinkelelement d $\Omega$
  - Streuwinkel θ
  - Zahl gestreuter Teilchen
  - Targetdicke
  - Targetdichte
  - Kernmasse der Targetatome
  - Avogadrozahl
- Energieabhängigkeit von σ<sub>tot</sub> kann z.B. zum Nachweis neuer Teilchen (Resonanzen) führen,

[Drexlin]

#### WQ-Messungen Beispiel e<sup>+</sup>e<sup>-</sup>-Kollisionen



18 KT2012 Johannes Blümer

#### Anwendung: Rutherford-Rückstreu-Spektroskopie



#### [B-N]

Abb. 3.8 Prinzip der Rutherford-Rückstreu-Spektroskopie zur Aufnahme des Tiefenprofils von Fremdatomen (Masse  $M_2$ ) in einem Festkörper (Masse  $M_1$ ).  $\alpha$ -Teilchen (Masse  $m_{\alpha}$ , Energie  $E_0$ ) werden unter fast 180° gestreut und nach ihrer restlichen Energie  $E = E_0 - \Delta E$  in ein Spektrum einsortiert. Dabei setzt sich der Energieverlust  $\Delta E$  aus drei Anteilen zusammen: Abbremsung vor dem Stoß auf  $E_{\text{Stoß}} = E_0 - \Delta E_{\text{rein}}$ , übertragene Rückstoßenergie  $\Delta E_{\text{Stoß}} \approx (4m/M) E_{\text{Stoß}}$ , und weitere Abbremsung  $\Delta E_{\text{raus}}$ . Nach einem Stoß direkt an der Oberfläche haben die Projektile je nach Stoßpartner die Energie  $(1 - \frac{4m_{\alpha}}{M_1})E_0$  oder  $(1 - \frac{4m_{\alpha}}{M_2})E_0$ . (Aus einem Handbuch der *Chip*-Fertigung [166])

#### WQ und Luminosität

20 KT2012 Johannes Blümer

#### **Rutherford-Streuung mit Impulsübertrag**

21 KT2012 Johannes Blümer

#### **Mott-Streuung**

