

Einführung in die Beschleunigerphysik

Mitschrift zur Vorlesung von Prof. Ratzinger

Jonathan Pieper

22. Oktober 2013

Inhaltsverzeichnis

0.1	Vorbesprechung	2
1	Einführung	2
1.1	Teilchenstrahlen in der Grundlagenforschung	2
1.2	Teilchenstrahlung in der Angewandten Forschung	2
1.3	Stoßkinematik	3
1.4	Wirkende elektromagnetische Feldkräfte	3
2	Beschleunigerkonzepte	3

0.1 Vorbesprechung

Übung: 8:45 – 9:30 Uhr

Vorlesung: 9:45 – 11:15 Uhr

1 Einführung - Wozu dienen Teilchenstrahlen?

1.1 Teilchenstrahlen in der Grundlagenforschung

Aktuelle Fragen:

- Wie werden Quarks und Gluonen frei (deconfinement)?
- Wie entsteht die Hadronenmasse sowie der Hadronenspin aus den Konstituenten?
- Warum haben wir einen Überschuss an Materie gegenüber Antimaterie (das was wir heute sehen)?

1.2 Teilchenstrahlung in der Angewandten Forschung

Synchrotronstrahlungsquellen, Free Electron Laser(FEL)

Energieversorgung

- **Transmutation** von radioaktivem Abfall aus Spaltungsreaktionen (MYRRHA, Belgien)
- Teststrahlen für die deuterium Fusionsforschung (**IFMIF**, 250 mA Deuteronen auf Lithium erzeugen eine intensive 13 MeV Neutronenstrahlung)
- **Trägheitsfusion** mittels Schwerionentreiberstrahl (zur Zeit nicht realistisch aufgrund kurzer Strahllebensdauern)



Medizin Produktion radioaktiver Isotope als **Tracer** (Tc^{99} als γ - Emitter nach Andocken an ein interessierendes Molekül)

Positronen-Emissions-Tomographie **PET** mit kurzlebigen Isotopen wie F^{18} , **innere Radionuklidtherapie**

Krebstherapie mittels Elektronen-, Protonen- und leichten Ionenstrahlen

Vorteil des Bragg-Peaks bei Protonen und leichten Ionenstrahlen (bis hinauf zum Kohlenstoff)

Industrie Röntgenstrahlung (2-dim Projektion, Litographie (Chip - Miniaturisierung))

Lebensmittelbehandlung (Sterilisierung)

Ionenmanipulation (Dotierung von Halbleitern)

1.3 Stoßkinematik, Collider- und „Fixed-Target“ – Experimente

Beschreibung relativistischer Teilchenbewegungen

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{v}{c} & \gamma &= \frac{1}{\sqrt{(1-\beta)^2}} \\ E_0 &= mc^2 & E &= E_0 + E_{kin} = \gamma mc^2 \\ p &= \beta \gamma mc\end{aligned}$$

Viererimpuls eines Teilchens, bzw. eines Teilchenensembles:

$$\begin{pmatrix} \frac{E}{c} \\ p_x \\ p_y \\ p_z \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} \sum_i \frac{E_i}{c} \\ \sum_i p_{x,i} \\ \sum_i p_{y,i} \\ \sum_i p_{z,i} \end{pmatrix}$$

1.4 Wirkende elektromagnetische Feldkräfte

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

Longitudinale Impulsänderung:

$$qE_{long} = \dot{p}_{long} = \dot{\gamma}mv + \gamma m\dot{v}_{long} = m\gamma^3\dot{v}_{long}$$

Transversale elektrische und magnetische Felder zwingen Teilchen auf Kreisbahn. Dabei gilt für den Krümmungsradius:

$$qE_{trans} = \frac{\gamma mv^2}{R} \qquad qvB_{trans} = \frac{\gamma mv^2}{R}$$

2 Beschleunigerkonzepte

zwei Hauptkonzepte

- **Van de Graaff** Bandgenerator, Aufladen einer geeignet geformten Elektrode
- **Cockroft-Walton** Hochpumpen von Ladungsportionen über einen Kaskadengenerator