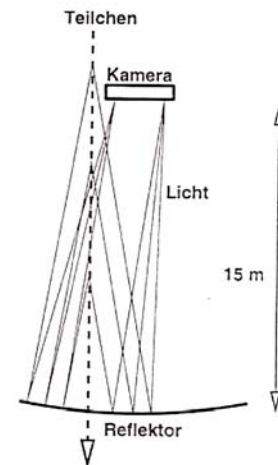


## Übungsblatt 4

### 4.1 Čerenkov – Teleskope als RICH – Zähler

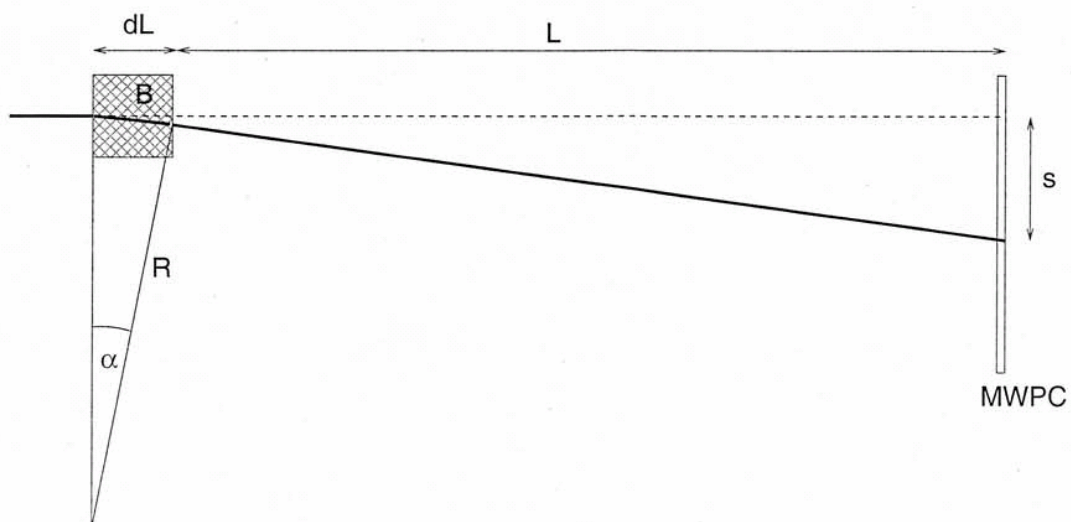
Teleskope zur Beobachtung des Čerenkov – Lichtes von Teilchen in Luftschauern wirken als Ring – abbildende Čerenkov Zähler (engl.: RICH – ring imaging cherenkov counter). Ein solches Teleskop von 12 m Spiegeldurchmesser und 15 m Brennweite befindet sich in 1800 m Höhe, in der die Luft einen Brechungsindex von  $n=1.000230$  hat. Ein geladenes Teilchen trifft das Teleskop zentral und aus der Beobachtungsrichtung und erzeugt in der Kamera (Brennebene) einen Ring mit einem Radius  $R=0.25\text{m}$  (siehe Skizze).



- Welche Energie hat das einfallende Teilchen, wenn es sich um ein i) Elektron oder ii) Myon handelt?
- Ab welcher Entfernung vom Spiegel trifft das Čerenkov – Licht auf den Spiegel?
- Wie viele Photoelektronen sollten im Mittel bei einer Spiegelreflektivität von 80% und einer mittleren Quanteneffizienz von 20% im Wellenlängenbereich von 300 – 600 nm von diesem Teilchen in der Kamera registriert werden? Vernachlässigen Sie Abschattungseffekte durch die Kamera.
- Wie viel Energie muss ein Myon bzw. ein Elektron unter den gegebenen Bedingungen mindestens haben, um überhaupt Čerenkov Licht zu emittieren.

### 4.2 Impulsmessung in einem Dipol – Spektrometer

In einem Dipol – Spektrometer werden geladene Teilchen ( $Z=1$ ) durch ein homogenes Magnetfeld der Stärke  $B = 0.8\text{T}$  über eine Länge von  $dL=0.2\text{ m}$  abgelenkt (siehe Skizze). In einem Abstand von  $L=1.5\text{m}$  werde die Ablenkung  $s$  mit einer Vieldrahtproportionalkammer mit einem Drahtabstand von 3 mm gemessen. Benutzen Sie im Folgenden die Kleinwinkelnäherung für  $\alpha$  und  $dL \ll L$ .



- a) Bestimmen Sie den Zusammenhang zwischen Impuls  $p$  und Ablenkung  $s$ .
- b) Berechnen Sie die Ortsauflösung der Vieldrahtproportionalkammer.  
Hinweis: Berechnen Sie die Ortsauflösung als RMS einer gleichförmigen Spurverteilung über die Größe der Driftzelle.
- c) Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, mit dieser Anordnung einem negativ geladenen Muon von  $83 \text{ GeV}/c$  die falsche Ladung zuzuordnen?
- d) Zeigen Sie, dass die relative Impulsauflösung  $\Delta p/p$  des Spektrometers proportional zu  $p$  ist, wenn man die Vielfachstreuung vernachlässigt.

#### 4.3 Auflösung verschiedener Zählertypen

Vergleichen Sie die Energieauflösung verschiedener Zählertypen für ein typisches Kernphysik – Experiment, in dem  $\beta$  – Strahlung mit einer Energie von  $100 \text{ keV}$  nachgewiesen werden soll. Betrachten Sie i) Plastik-Szintillatoren, ii) Gas – Proportional – Zähler and iii) Silizium – Halbleiterzähler. Nehmen Sie an, dass die Auflösung allein durch die statistische Fluktuation (Poisson – Verteilung) der zum Nachweis verwandten Teilchen gegeben ist.

Wie groß ist die Energieauflösung in  $\text{keV}$  und die relative Energieauflösung  $\Delta E/E$  in % der drei Zählertypen, wenn die gesamte  $\beta$  – Energie in dem jeweiligen Zähler deponiert wird.

Benutzen Sie die folgenden typischen Materialparameter:

- i) Der Plastikszintillator emittiert im Mittel ein Photon bei einer Energiedeposition von  $100 \text{ eV}$ . Aufgrund der Quanteneffizienz und der Geometrie werden  $5\%$  der Photonen in einem Photomultiplier detektiert.
- ii) In dem Gas-Zähler benötigt man im Mittel  $26 \text{ eV}$ , um ein Elektron – Ion Paar zu erzeugen.
- iii) In dem Si – Halbleiterzähler braucht man im Mittel  $3.6 \text{ eV}$ , um ein Elektron-Loch Paar zu erzeugen.

#### 4.4 Wechselwirkung von Teilchen mit Materie

Verschiedene Teilchen (Photonen, Elektronen, Myonen und Protonen) treffen mit einem Impuls von  $1 \text{ GeV}/c$  auf eine  $1 \text{ cm}$  dicke Platte aus Blei. Benutzen Sie die in der Vorlesung gezeigten (<http://www.physi.uni-heidelberg.de/~fschney/physik5.2/Woche3.pdf>) bzw. die unter <http://www-pdg.lbl.gov> vorhandenen Diagramme und Tabellen und beantworten Sie die folgenden Fragen:

- a) Wie groß ist die Energiedeposition in der Platte für das jeweilige Teilchen?
- b) Schätzen Sie die Wahrscheinlichkeit ab, dass das einfallende Teilchen die Platte durchquert.
- c) Wie groß ist der mittlere Impuls des einfallenden Teilchens hinter der Platte?

Versuchen Sie, für alle Teilaufgaben eine Genauigkeit von besser als ca.  $20\%$  zu erreichen. Geben Sie bitte für jede der Teilaufgaben Ihre Informationsquelle an und begründen Sie Ihre Antwort.