# Das Zyklotron (Abituraufgabe Bayern 1993)

Mit dem sogenannten klassischen Zyklotron lassen sich Teilchengeschwindigkeiten bis zu $v=0,100∙c $erreichen.

a) Erläutere die **Wirkungsweise** des abgebildeten **Zyklotrons**. Gehe dabei u.a. auf die in der Skizze markierten Bauteile ein.

(Bemerkung: D bedeutet „Duande“)

die Duande,n; die Ionenquelle,n; die Wechselspannung; die Kondensatorplatte

die Kreisbewegung,en; der Radius,-en; der Halbkreis,e; der Spalt,e

die Lorenzkraft,~~¨~~e; die Zentripetalkraft,~~¨~~e; die kinetische Energie;

der Strahl,en; das Teilchen; das Magnetfeld

aus|treten; beschleunigen; größer werden/wachsen; senkrecht stehen zu

b) Zeige, dass beim klassischen Zyklotron die **Zeit** *T0*, die ein Teilchen (Ladung *q*, Masse *m*) zum Durchlaufen eines Duanden (D1 oder D2) benötigt, **unabhängig von *r***ist.

(Hinweis 1 (Beschreibung): s. Rückseite)

(Hinweis 2 (Formeln): s. Rückseite)

c) *rn* ist der Radius beim n-ten Umlauf eines Teilchens. Bei jedem Umlauf vergrößert sich die Teilchenenergie um $∆E$. Zeige, dass der **Radius der Teilchenbahn nicht linear zunimmt**.

(Hinweis 3 (Beschreibung): s. Rückseite)

(Hinweis 4 (Formeln): s. Rückseite)

d) In einem Zyklotron sollen Protonen mit der Geschwindigkeit $v=0,100∙ c$ erzeugt werden. Die magnetische Flussdichte 400mT beträgt. **Berechne die Frequenz *f***der Wechselspannung, den **Durchmesser *d*** der äußersten Teilchenbahn sowie **die erreichte kinetische Energie** der Protonen **in MeV** („Megaelektronenvolt“).

(Hinweis 5 (Beschreibung): s. Rückseite)

Verwende folgende Konstanten:

die Lichtgeschwindigkeit: $c=2,998∙10^{8}\frac{m}{s}$

die Elementarladung: $e=1,602∙10^{-19}C$

die Masse eines Protons: $m\_{e}=1,673∙10^{-27}kg$

Umrechnung in Elektronenvolt: $1eV=1,602∙10^{-19}J$

### Hinweis 1 (Beschreibung):

**(1)** Stelle ein Kräftegleichgewicht auf und löse die Gleichung nach r auf.

**(2)** Die Geschwindigkeit ist betragsmäßig konstant. Berechne die Dauer für einen Halbkreis in der Duande mit Hilfe der gleichförmigen Geschwindigkeit und setze die Formel für den Radius r ein.

### Hinweis 2 (Formeln):

**(1)** $F\_{L}=F\_{Z}$ → $v∙B∙q=\frac{mv^{2}}{r}$ nach r auflösen

**(2)** Umlaufdauer:$ v=\frac{s}{T\_{0}} $ nach $T\_{0}$auflösen, wobei $s=π∙r$, da es sich um einen Halbkreis handelt und aus (1) einsetzen.

### Hinweis 3 (Beschreibung):

**(1)** Überlege, welche kinetische Energie das Teilchen nach $n$ Umläufen in Abhängigkeit von $∆E$ hat. Stelle dann eine Gleichung mit Hilfe der kinetischen Energie $E\_{kin}$ auf und stelle die Gleichung nach $v$ um.

**(2)** Setze die Gleichung aus (1) in die Formel für den Radius aus **Aufgabe b)** ein.

### Hinweis 4 (Formeln):

**(1)** $E\_{kin}(n)=n∙∆E$ und $E\_{kin}(n)=\frac{1}{2}m∙v\_{n}^{2}$ gleichsetzen und nach $v\_{n}$ auflösen

**(2)** **Hinweis 3 (2)** verwenden.

### Hinweis 5 (Beschreibung):

(1) Verwende die Formel für die Zeit $T\_{0}$ aus **Aufgabe b)**. Berechne damit die Zeit für einen ganzen Umlauf.

(2) Der Kehrwert der Umlaufdauer ist die Frequenz.

(3) Verwende die Formel für den Radius aus **Aufgabe b)**. Berechne damit den Durchmesser.

(4) Berechne zum Schluss die kinetische Energie.