

VECKOPLANERING  
23 – 27 MARS  
S7PHY



## DENNA VECKA

### Tisdag

Jag ska börja med att säga att vi väntar lite med relativitetsteori (som jag skrev förra veckan att vi skulle börja med).

Vi tittar istället på två tillämpningar av elektromagnetiska fält. Det handlar om Synkrotronen och Cyklotronen, två tekniker som vi tittade på i Schweiz på PSI. På övre bilden tittar vi ner på en Cyklotron. På den undre är vi inne i Synkrotron-hallen.

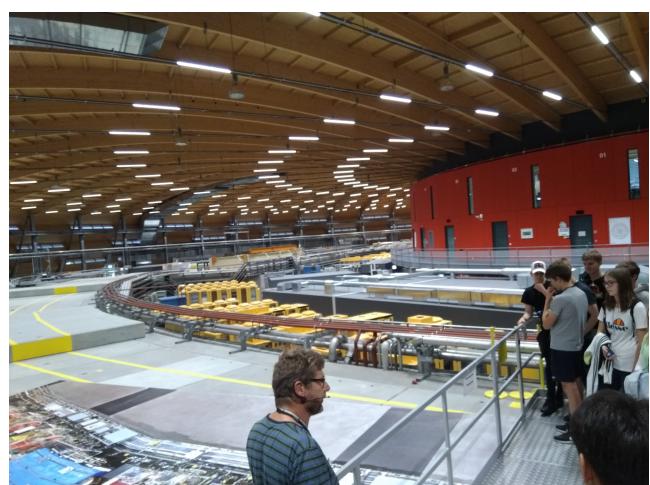
Jag lägger in några länkar med beskrivning av hur dessa fungerar. För synkrotronljus se även sida 281-282 i läroboken.

Om synkrotronen på PSI:

<https://www.youtube.com/watch?v=nXmLGV9zVkJ>

Cyklotronen på PSI används förutom till forskning även till att ge protonstrålar som kan användas vid cancerterapi. Generellt om cyklotron:

<https://www.youtube.com/watch?v=m2jp0klZHEE>



Gör sedan uppgift BAC 2007:2 som finns längre ner här.

### Torsdag

Gör BAC 2010:2 och lämna in som inlämningsuppgift senast torsdag kl23:59.

### Fredag

Gör BAC 2013:2.

## NÄSTA VECKA

Repetition mekaniska vågor

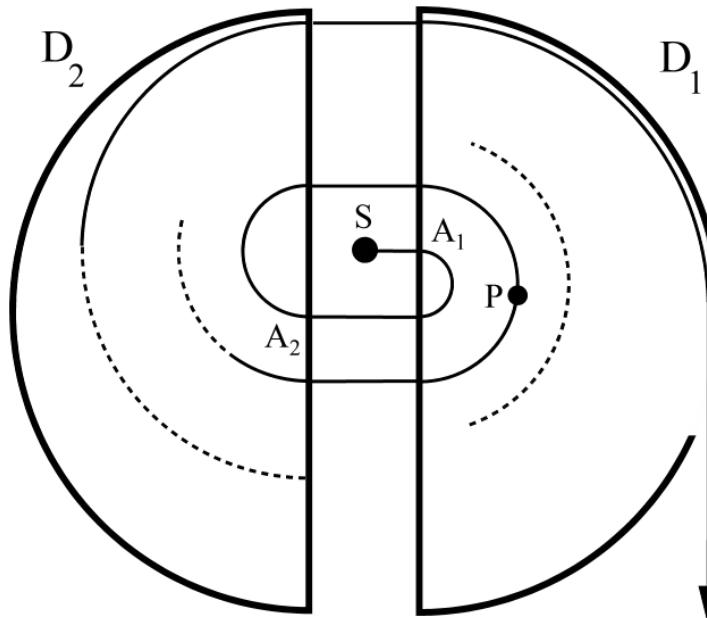
**BAC 2007:2**

I denna uppgiften kan gravitationskraften försummas och det skall bortses från relativistiska effekter.

En cyklotron består av två halvcylindrar  $D_1$  och  $D_2$ . Inuti dessa finns ett homogent magnetiskt fält  $\vec{B}$ , som är riktat vinkelrät mot papprets plan, se nedanstående figur.

En källa S sänder ut en positivt laddad partikel med laddningen  $q$  och massan  $m$ . Vid punkten  $A_1$  kommer partikeln in i  $D_1$  med en fart  $v_1$ . Partikeln rör sig sedan ett halvt varv med radien  $R_1$ . Partikeln accelereras därefter i mellanrummet mellan  $D_1$  och  $D_2$  av ett elektriskt fält som är parallellt med partikelns rörelseriktning. Vid punkten  $A_2$  kommer partikeln in i  $D_2$  med en fart  $v_2$  och fullbordar sedan ett halvt varv med radien  $R_2$ .

Det elektriska fältet byter riktning efter varje gång som partikeln passerat mellanrummet mellan  $D_1$  och  $D_2$ .



- a) i. Rita en bild av  $D_1$  och markera i punkten P både riktningen på partikelns hastighet och riktningen på den kraft med vilken partikeln påverkas av det magnetiska fältet. 4 poäng  
 ii. Rita också in riktningen på det magnetiska fältet  $\vec{B}$ .  
 iii. Förklara varför partikelns kinetiska energi inte påverkas av det magnetiska fältet  $\vec{B}$ . 2 poäng  
 iv. Härled följande uttryck för radien  $R_1$ : 4 poäng

$$R_1 = \frac{m \cdot v_1}{q \cdot B}.$$

- iv. Tiden som partikeln befinner i  $D_1$  eller  $D_2$  betecknar vi med  $\Delta t$ . Bestäm  $\Delta t$  uttryckt i  $m$ ,  $q$  och  $B$ .

4 poäng

- b) i. Förklara varför man ändrar riktningen av det elektriska fältet varje gång partikeln passerat mellanrummet mellan  $D_1$  och  $D_2$ ?

2 poäng

- ii. Visa att den laddade partikelns omloppsfrekvens  $f$  ges av uttrycket:

$$f = \frac{qB}{2\pi m}$$

3 poäng

- c) Partikeln lämnar cyklotronen när den når en maximal banradie  $R_{\max}$ . Den har då energin:

$$E_{\max} = \frac{(qBR_{\max})^2}{2m}$$

- i Ernest O. Lawrence konstruerade den första cyklotronen 1929. Den accelererade protoner till energier på 80 keV. Den maximala bandiametern var 11 cm. Beräkna storleken på det magnetiska fältet  $B$  i denna cyklotron.

4 poäng

- ii Vilka faktorer är det som begränsar den maximala energi som protonerna kan uppnå?

2 poäng

Givet:

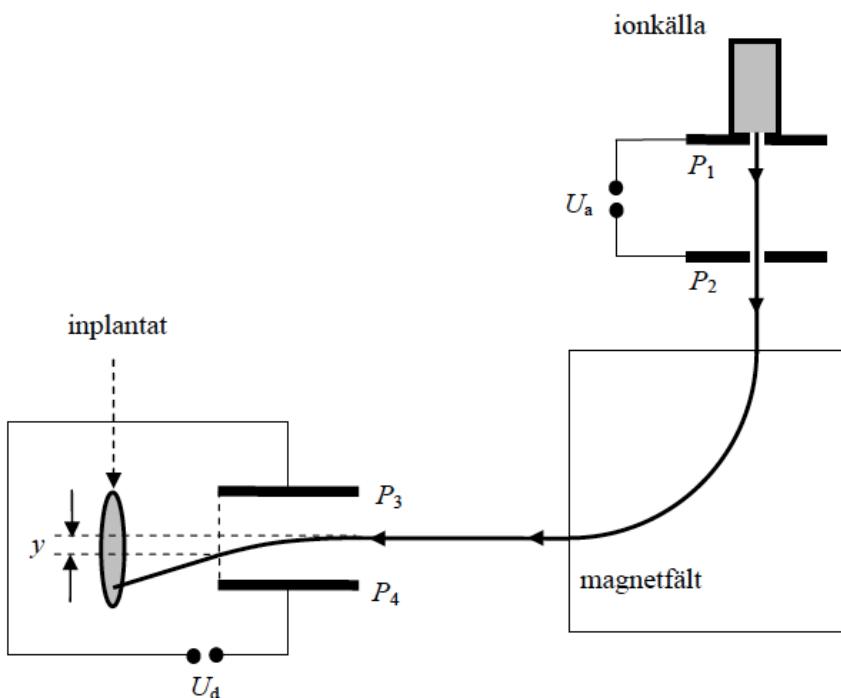
Protonens massa .....  $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$  kg ;

Elementarladdningen .....  $e = 1,60 \times 10^{-19}$  C.

**BAC 2010:2**

I denna uppgift kan man bortse från tyngdkrafter och det skall räknas icke-relativistiskt.

Det finns en metod att ytbelägga höftinplantat av titan med ett amorft diamantliknande skikt. Denna ytbeläggning har en mycket låg friktionskoefficient och mänsklig vävnad reagerar inte med den. För att utföra denna beläggning joniseras kolatomer till en plasma av  $C^+$ -joner. Jonerna, som ursprungligen har en försunbar hastighet, accelereras av spänningen  $U_a$  mellan de parallella plattorna  $P_1$  och  $P_2$  och färdas sedan genom ett magnetfält  $\vec{B}$  som ändrar deras rörelseriktning med  $90^\circ$ . De träffar slutligen titaninplantatet för att bilda den önskade ytbeläggningen.



- a) Efter jonkällan accelereras  $C^+$ -jonerna, som har massan  $m$ , av accelerationsspänningen  $U_a$ .
- Beräkna den accelerationsspänning  $U_a$  som behövs för att  $C^+$ -jonerna skall uppnå farten  $v = 2,40 \cdot 10^5$  m/s. 4 point
  - Ange riktingen på det elektriska fältet och polariteten på plattorna  $P_1$  och  $P_2$ . 2 point

- b) Det homogena magnetfältet  $\vec{B}$  vrider jonernas rörelseriktning längs en cirkelbåge på  $90^\circ$ .
- Beräkna storleken på  $\vec{B}$ , när cirkelbågens radie är  $R = 1,00 \text{ m}$ . 4 poäng
  - Ange riktningen på det magnetiska fältet  $\vec{B}$  och motivera hur du kom fram till svaret. 2 poäng
  - Förklara varför jonernas fart är  $v_x = v = 2,40 \cdot 10^5 \text{ m/s}$  efter att de har passerat genom magnetfältet. 2 poäng
- c) Innan jonerna träffar implantatet passerar de genom ett homogent elektriskt fält mellan två parallella metallplattor  $P_3$  och  $P_4$ . Längden på plattorna är  $s = 20,0 \text{ cm}$  och avståndet mellan dem är  $d = 10,0 \text{ cm}$ . Det elektriska fältet skapas av en spänning  $U_d$  mellan plattorna. När jonerna har passerat genom fältet har de fått en vertikal avlänkning av  $y = 2,00 \text{ cm}$  (se figur).
- Visa att spänningen  $U_d$  ges av uttrycket 7 poäng
- $$U_d = \frac{m \cdot d}{e} \cdot \frac{2 \cdot y \cdot v_x^2}{s^2}$$
- Beräkna  $U_d$ . 2 poäng
  - Antag att du vill fördubbla den vertikala avlänkningen.  
Hur skulle du ändra  $U_d$  för att uppnå detta resultat? Motivera svaret 2 poäng

**Givet:**

Elementarladdningen

$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Massan av en  $\text{C}^+$ -jon

$m = 1,99 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$

**BAC 2013:2**

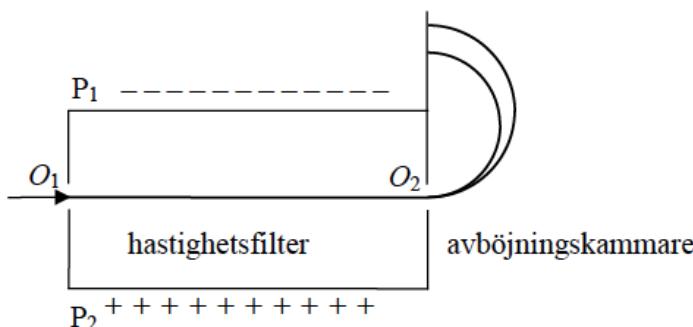
$^{35}\text{Cl}^-$  och  $^{37}\text{Cl}^-$  joner kan separeras med hjälp av en masspektrometer. I ett hastighetsfilter (se nedanstående figur) påverkas jonerna av både ett elektriskt fält och ett magnetiskt fält. Det homogena elektriska fältet  $\vec{E}$  med fältstyrkan

$E = 2,00 \cdot 10^4 \text{ V/m}$  skapas mellan två parallella laddade plattor  $P_1$  och  $P_2$ .

Det homogena magnetiska fältet  $\vec{B}$  har storleken  $B = 0,200 \text{ T}$ .

Jonerna kommer in i hastighetsfiltret genom öppningen  $O_1$  och rör sig i en riktning som är parallell med plattorna  $P_1$  och  $P_2$ .

Bara joner med en bestämd hastighet  $\vec{v}$  lämnar hastighetsfiltret genom öppningen  $O_2$ .



- |       |  |         |
|-------|--|---------|
| a) i. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Visa i en figur riktningen på den elektriska kraften och den magnetiska kraften som verkar på joner som rör sig med hastigheten <math>\vec{v}</math>.</li> <li>2. Visa i en figur riktningen på <math>\vec{E}</math>, <math>\vec{B}</math> och <math>\vec{v}</math>. Motivera svaret.</li> </ol> | 2 poäng |
| ii.   | Visa att farten kan uttryckas som $v = \frac{E}{B}$ .  | 2 poäng |
| iii.  | Förklara varför hastigheten som krävs för att en jon skall kunna lämna hastighetsfiltret genom öppningen $O_2$ är samma för både $^{35}\text{Cl}^-$ och $^{37}\text{Cl}^-$ joner.  | 3 poäng |
| iv.   | Beräkna $v$ .  | 1 poäng |

b) Några joner kommer in i hastighetsfiltret med en fart $v'$ som är mindre än $v$ . Dessa joner kommer inte ut genom öppningen $O_2$ .	
i. Mot vilken av plattorna kommer dessa joner att avböjas efter att de kommit in genom öppningen $O_1$ ? Motivera ditt svar.	3 poäng
ii. Visa att begynnelseaccelerationen $a$ (vid $O_1$ ) för en jon med massa $m$ är givet av	3 poäng
$a = (E - v' \cdot B) \cdot \frac{e}{m}$ <p>där <math>e</math> är elementarladdningen.</p>	
c) De joner, som passerar genom öppningen $O_2$ med hastigheten $\vec{v}$ , kommer in i en avböjningskammare där de bara påverkas av det magnetiska fältet $\vec{B}$ .	
i. Förlara varför jonaerna i avböjningskammaren rör sig i en cirkulär bana med konstant fart.	2 poäng
ii. Visa att radien $r$ i denna cirkulära bana är givet av	4 poäng
$r = \frac{m \cdot v}{e \cdot B}.$	
iii. Jonaerna $^{35}\text{Cl}^-$ med massan $m_1$ rör sig en cirkulär bana med radien $r_1$ . Jonaerna $^{37}\text{Cl}^-$ med massan $m_2$ rör sig en cirkulär bana med radien $r_2$ . Visa att $\frac{r_2}{r_1} = \frac{m_2}{m_1}$ .	2 poäng
iv. Beräkna $\frac{r_2}{r_1}$ .	2 poäng