

Atividade para entrega 17 – 18/06/2014

1) O Betatron

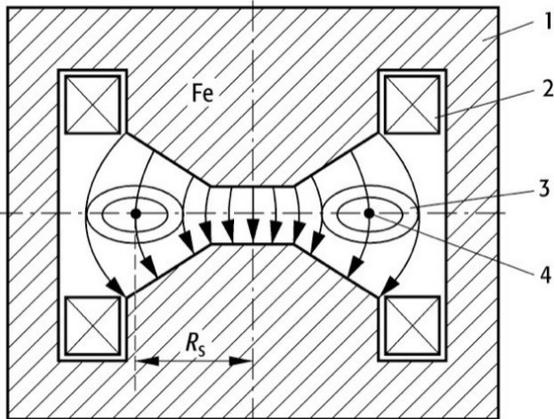


Figura 1: Vista em corte de um Betatron. 1- entreferro; 2- bobina toroidal do eletroímã; 3- tubo toroidal; 4- órbita eletrônica; R_s - raio da órbita

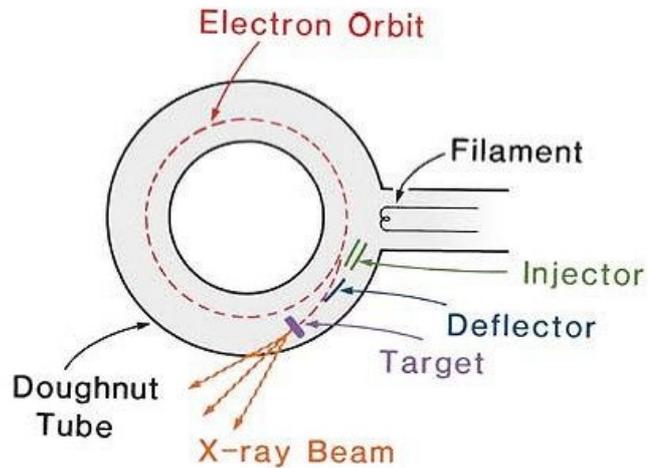


Figura 2: Vista superior do tubo toroidal de um Betatron. O filamento emite elétrons que são injetados no tubo, onde são acelerados em órbita circular e posteriormente defletidos para atingir um alvo.

O Betatron (Figuras 1 e 2) é um acelerador de elétrons que usa o campo elétrico induzido por um campo magnético variável para acelerar os elétrons em uma órbita circular. Ele consiste de um tubo toroidal em cujo interior é feito alto vácuo e que permanece imerso no campo magnético de um eletroímã. O campo magnético gerado no eletroímã pelas bobinas toroidais e pela magnetização do entreferro é perpendicular ao plano da órbita circular do elétron no interior do tubo. A variação deste campo induz, de acordo com a lei de Faraday, um campo elétrico tangencial à órbita circular eletrônica, acelerando o elétron. O elétron é mantido em órbita circular pela força de Lorentz devida ao próprio movimento do elétron no campo magnético.

Uma das aplicações atuais do Betatron é a produção de raios X de alta energia, pela colisão do feixe de elétrons em um alvo, para radiografias industriais.

(a) O fluxo do campo magnético através do plano da órbita pode ser descrito como: $\Phi_B = \pi R_s^2 \bar{B}$, onde \bar{B} é o campo médio na superfície do círculo de raio R_s . Determine a relação entre o módulo do campo elétrico e a derivada temporal do campo médio $\frac{d\bar{B}}{dt}$.

(b) Para que a trajetória dos elétrons se mantenha estável na órbita de raio R_s , é necessário que o campo na região da órbita B_s seja inferior ao campo médio por um fator numérico constante $\alpha < 1$, isto é, $B_s = \alpha \bar{B}$. Esta é a chamada “condição de Betatron”. Isto é conseguido através da forma cônica dos polos do eletroímã (fig. 1). Determine o valor de α .

(c) Determine a energia cinética máxima (em MeV) que é possível acelerar o feixe de elétrons para um Betatron de raio $R_s = 0,3\text{m}$, supondo-se que o máximo campo que se pode produzir na região da órbita seja $B_s = 0,1\text{T}$.

(d) Quantas voltas são necessárias para que o elétron, partindo do repouso, atinja esta energia, admitindo-se que o campo cresça de forma aproximadamente linear no tempo até o valor máximo em 0,07s?

(OBS. Os resultados dos itens (c) e (d) são substancialmente modificados pela mecânica relativística)

Física III – IQ 2014 (4310245)

Grupo	#		
Número USP:		Nome:	Assinatura:

Respostas:

1) (a) [2,5] $E = \frac{R_s}{2} \frac{d\bar{B}}{dt}$

(b) [2,5] $\alpha = \frac{1}{2}$

(c) [2,5] $K = 79 \text{ MeV}$

(d) [2,5] $N \approx 10^8$