

带电粒子在圆形有界磁场中的运动



宁长兴
高中物理名师工作室

● 求知 ● 求真 ● 求健 ● 求美



托卡马克磁约束装置

基础回扣

1.洛伦兹力的定义： 磁场对运动电荷的作用力.

2.洛伦兹力的大小： $F=qvB\sin\theta$

3.洛伦兹力的方向：

(1)判定方法： 左手定则

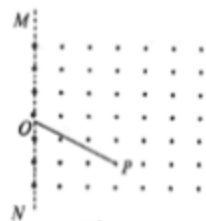
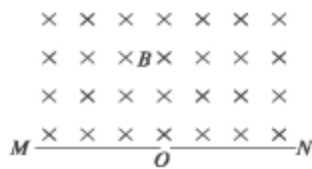
注意四指应指向 正电荷运动的方向或 负电荷运动的反方向；

(2)方向特点：

$F\perp B$, $F\perp v$, 即 F 垂直于 B 和 v 决定的平面.(注意 B 和 v 可以有任意夹角)

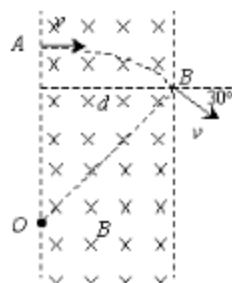
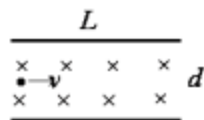
常见有界磁场

1. 直线边界

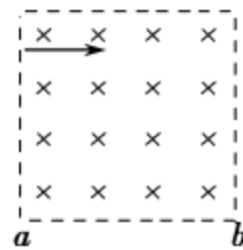
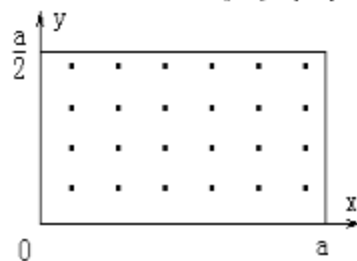


进出对称性

2. 平行边界

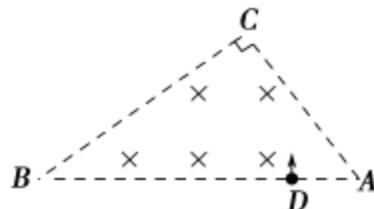
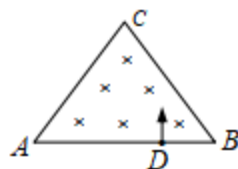


3. 矩形或正方形边界

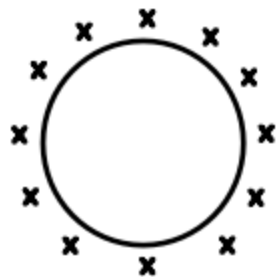
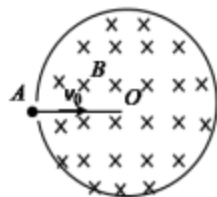


临界性

4. 三角形边界



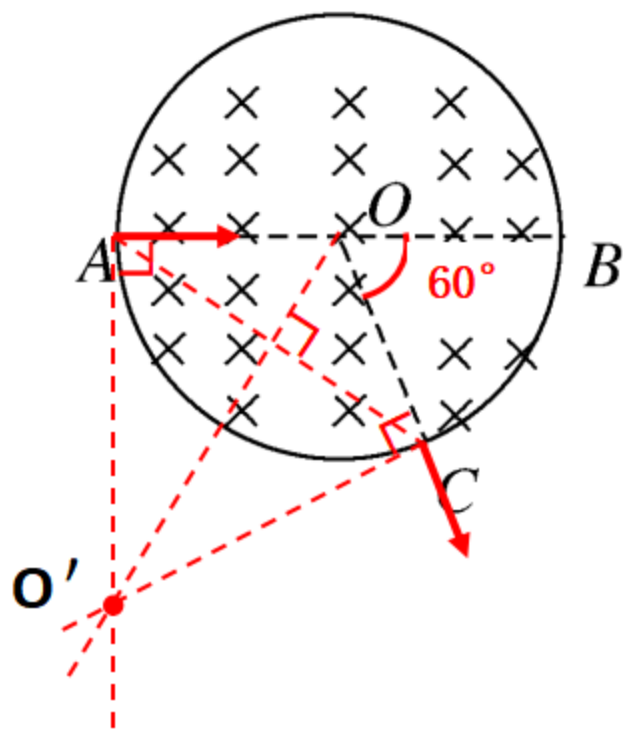
5. 圆形边界





问题一

真空中圆形区域内有垂直于纸面向里磁感应强度为 B 的匀强磁场，圆心为 O ，半径为 R ，一个质量 m ，带电 $-q$ 的粒子从 A 点沿 AO 方向射入磁场，从 C 点射出磁场，速度偏转角为 60° 。试求：



- (1) 粒子在磁场中运动的速度 v
- (2) 粒子在磁场中运动时间 t

思维过程

找圆心

定半径 r

$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$

求速度 v

情景

建立模型

用规律
找关系

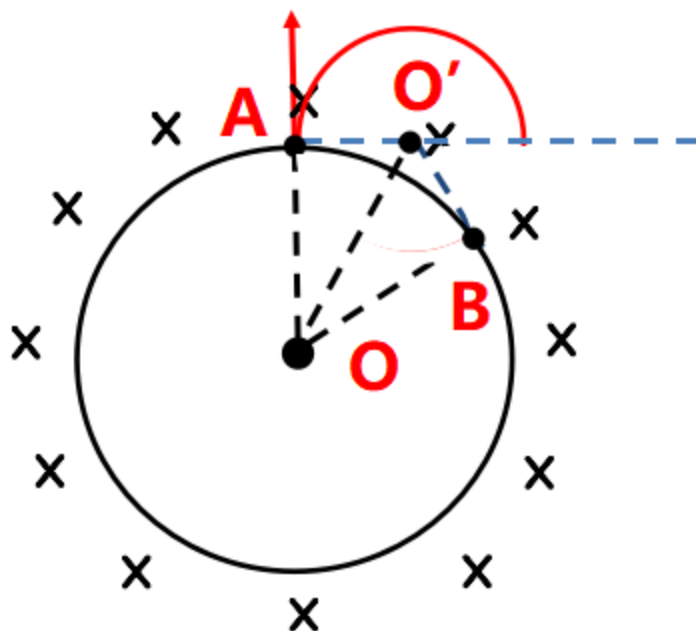
数理转换

解决问题



问题二

纸面内一半径为 R 的圆形区域外分布有垂直纸面向内的匀强磁场（范围足够大），磁感应强度为 B 。一质量为 m ，带电量为 $-q$ 的粒子以某一速度从 O 点（圆心）射出（不计重力）。试分析：粒子能否回到 O 点？



找圆心

定半径

画轨迹

找关系

解问题

沿半径进，沿半径出；沿半径出，沿半径进。



总结

找圆心

**画
轨
迹**

定半径

$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$

**用
规
律**

$$t = \frac{\theta}{2\pi} T$$

边边关系

**找
关
系**

边角关系

求速度
找半径

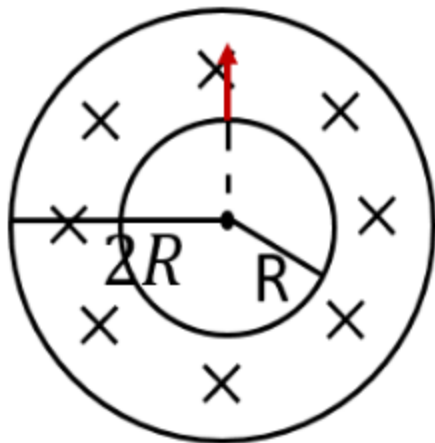
**解
问
题**

求时间
找角度



托卡马克采用磁约束的方式，把高温条件下高速运动的离子约束在小范围内巧妙实现核聚变。相当于给反应物制作一个无形的容器。

东方超环的磁约束原理简化如图两同心圆环间有很强的匀强磁场，半径分别为 $2R$ 和 R 。求中空区域内的带负电粒子 $(m, -q, v)$ 不从大圆中射出射中，对应的环中磁场的磁感应强度的最小值。





磁感应强度 B 越小，粒子做圆周运动的半径越大，如图，
轨迹半径最大时，磁感应强度最小

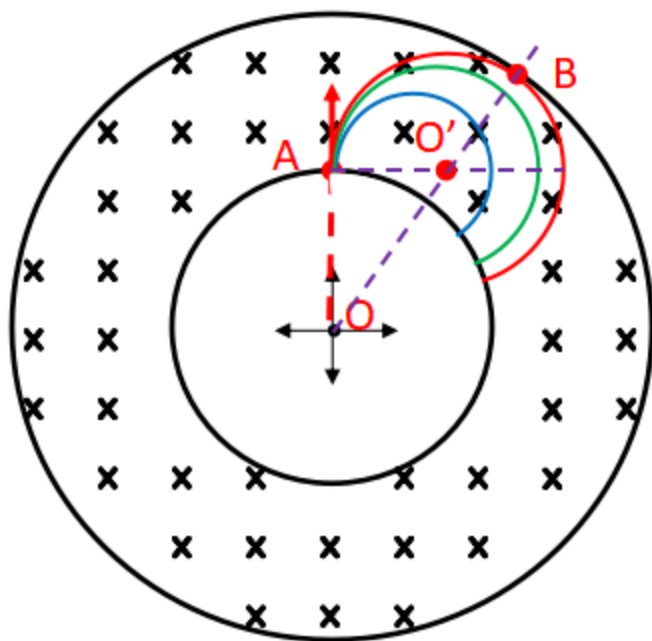
此时： $(2R-r)^2=r^2+R^2$

可得： $r=3R/4$

由： $qvB = m \frac{v^2}{r}$

得： $B = \frac{mv}{qr}$

代入想物理量得： $B = \frac{4mv}{3qR}$

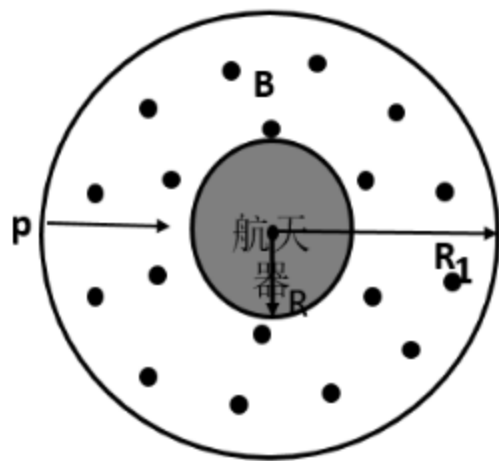




牛刀小试 (二)

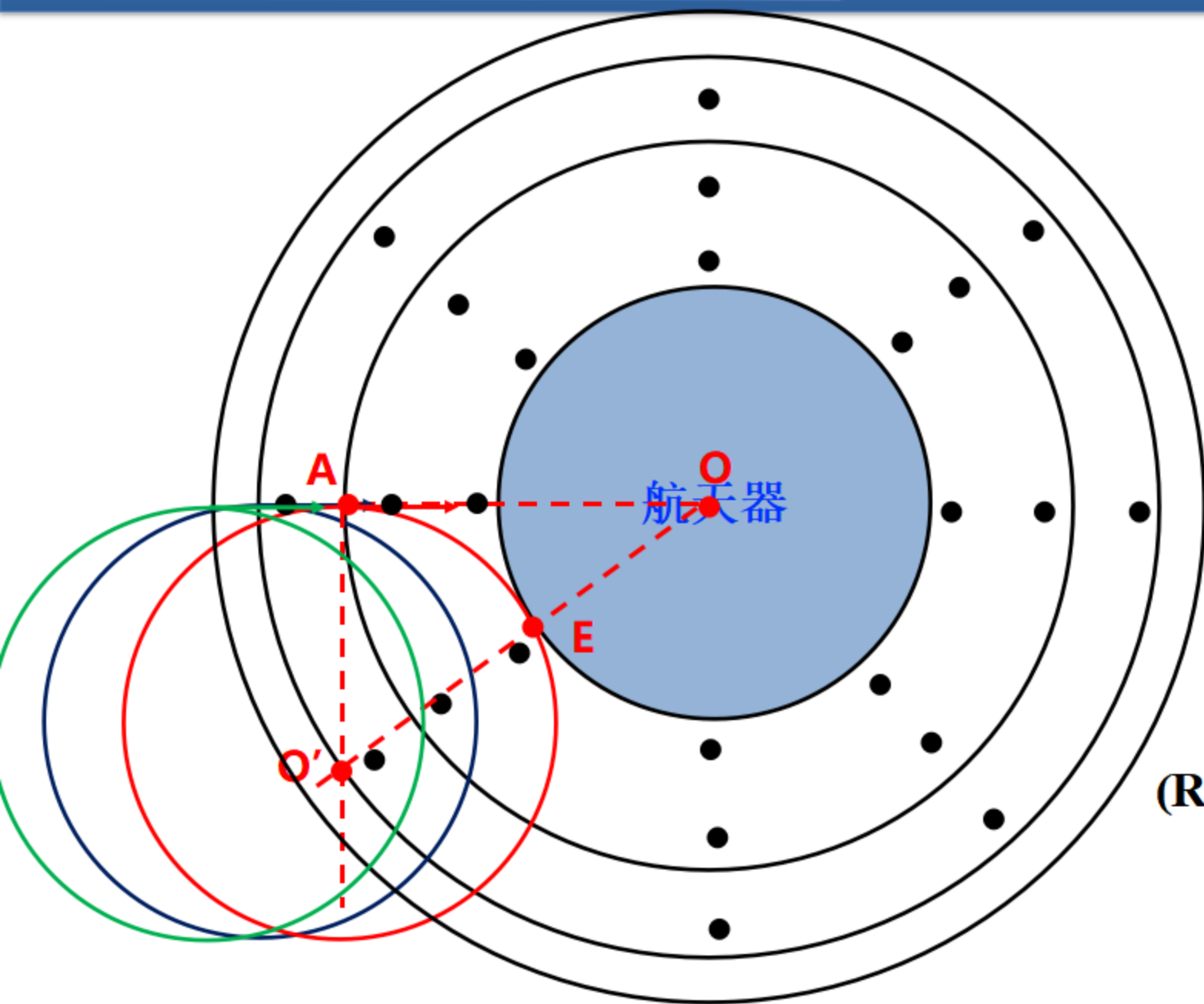
如图，航天器截面为圆形，圆心为O,半径R，匀强磁场分布在航天器外部的一个环状区域内，磁场方向垂直纸面向外，磁感应强度为B。若某种宇宙射线粒子(不计粒子重力)带正电q，质量为m，速度大小为 $v = \frac{qBR}{m}$

若粒子从P点沿半径射入，要使粒子不进入航天器，求磁场环状区域的外边界半径 R_1 的最小值。





牛刀小试 (二)



$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$

$$v = \frac{qBR}{m}$$

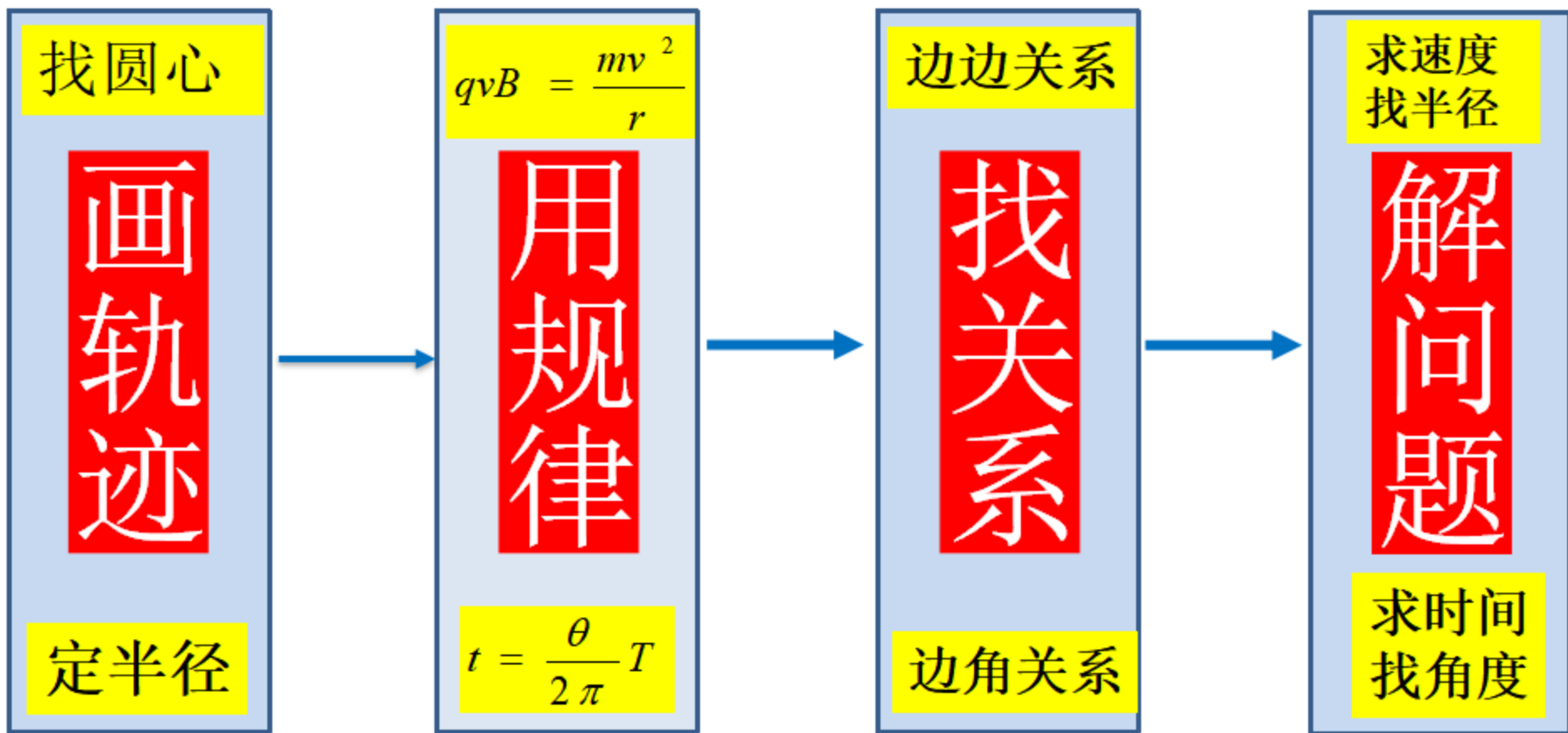
$$r = R$$

$$(R+r)^2 = r^2 + R_1^2$$

$$R_1 = \sqrt{3}R$$



总结



情景

建立模型

用规律
找关系

数理转换

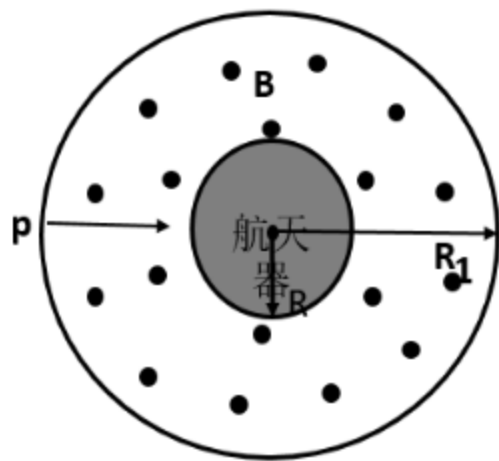
解决问题



课外练习

如图，航天器截面为圆形，圆心为O,半径R，匀强磁场分布在航天器外部的一个环状区域内，磁场方向垂直纸面向外，磁感应强度为B。若某种宇宙射线粒子(不计粒子重力)带正电q，质量为m，速度大小为 $v = \frac{qBR}{m}$

若粒子从P点沿任意方向射入，要使粒子不进入航天器，求磁场环状区域的外边界半径 R_1 的最小值。





致 谢

THANK YOU
谢谢观看

CCTV 13

新闻

CNTV

新闻联播
XINWEN LIANBO

快剪辑