

2021 年普通高等学校招生全国统一考试（江苏卷）

物 理

注意事项：

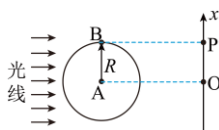
1. 答卷前，考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。

2. 回答选择题时，选出每小题答案后，用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑；如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案标号。回答非选择题时，将答案书写在答题卡上，写在本试卷上无效。

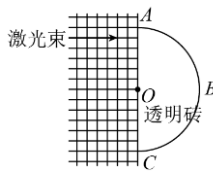
3. 考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

一、单项选择题：共 10 题，每题 4 分，共 40 分，每题只有一个选项最符合题意

- 用“中子活化”技术分析某样品的成分，中子轰击样品中的 ${}^{14}_7\text{N}$ 产生 ${}^{14}_6\text{C}$ 和另一种粒子 X，则 X 是（ ）
A. 质子 B. α 粒子 C. β 粒子 D. 正电子
- 有研究发现，某神经细胞传递信号时，离子从细胞膜一侧流到另一侧形成跨膜电流，若将该细胞膜视为 $1\times 10^{-8}\text{F}$ 的电容器，在 2ms 内细胞膜两侧的电势差从 -70mV 变为 30mV ，则该过程中跨膜电流的平均值为（ ）
A. $1.5\times 10^{-7}\text{A}$ B. $2\times 10^{-7}\text{A}$ C. $3.5\times 10^{-7}\text{A}$ D. $5\times 10^{-7}\text{A}$
- 我国航天人发扬“两弹一星”精神砥砺前行，从“东方红一号”到“北斗”不断创造奇迹。“北斗”第 49 颗卫星的发射迈出组网的关键一步。该卫星绕地球做圆周运动，运动周期与地球自转周期相同，轨道平面与地球赤道平面成一定夹角。该卫星（ ）
A. 运动速度大于第一宇宙速度
B. 运动速度小于第一宇宙速度
C. 轨道半径大于“静止”在赤道上空的同步卫星
D. 轨道半径小于“静止”在赤道上空的同步卫星
- 如图所示，半径为 R 的圆盘边缘有一钉子 B，在水平光线下，圆盘的转轴 A 和钉子 B 在右侧墙壁上形成影子 O 和 P，以 O 为原点在竖直方向上建立 x 坐标系。 $t=0$ 时从图示位置沿逆时针方向匀速转动圆盘，角速度为 ω ，则 P 做简谐运动的表达式为（ ）

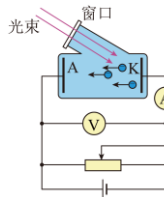


- $x = R\sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$
 - $x = R\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$
 - $x = 2R\sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$
 - $x = 2R\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$
- 在光滑桌面上将长为 πL 的软导线两端固定，固定点的距离为 $2L$ ，导线通有电流 I，处于磁感应强度大小为 B、方向竖直向下的匀强磁场中，导线中的张力为（ ）
A. BIL B. $2BIL$ C. πBIL D. $2\pi BIL$
 - 铁丝圈上附有肥皂膜，竖直放置时，肥皂膜上的彩色条纹上疏下密，由此推测肥皂膜前后两个面的侧视形状应当是（ ）
A.  B.  C.  D. 
 - 某种材料制成的半圆形透明砖平放在方格纸上，将激光束垂直于 AC 面射入，可以看到光束从圆弧面 ABC 出射，沿 AC 方向缓慢平移该砖，在如图所示位置时，出射光束恰好消失，该材料的折射率为（ ）

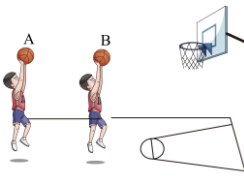


- A. 1.2 B. 1.4 C. 1.6 D. 1.8

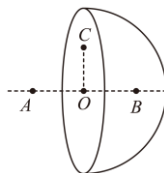
8. 如图所示，分别用 1、2 两种材料作 K 极进行光电效应探究，其截止频率 $\nu_1 < \nu_2$ ，保持入射光不变，则光电子到达 A 极时动能的最大值 E_{km} 随电压 U 变化关系的图像是（ ）



9. 如图所示，A、B 两篮球从相同高度同时抛出后直接落入篮筐，落入篮筐时的速度方向相同，下列判断正确的是（ ）



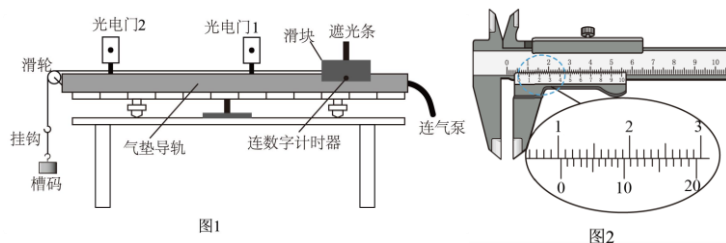
- A. A 比 B 先落入篮筐
B. A、B 运动的最大高度相同
C. A 在最高点的速度比 B 在最高点的速度小
D. A、B 上升到某一相同高度时的速度方向相同
10. 一球面均匀带有正电荷，球内的电场强度处处为零，如图所示，O 为球心，A、B 为直径上的两点， $OA = OB$ ，现垂直于 AB 将球面均分为左右两部分，C 为截面上的一点，移去左半球面，右半球面所带电荷仍均匀分布，则（ ）



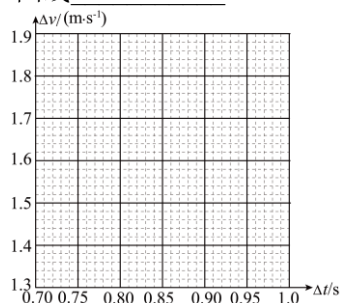
- A. O、C 两点电势相等
B. A 点的电场强度大于 B 点
C. 沿直线从 A 到 B 电势先升高后降低
D. 沿直线从 A 到 B 电场强度逐渐增大

二、非选择题：共 5 题，共 60 分。其中第 12 题~第 15 题解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤，只写出最后答案的不能得分；有数值计算时，答案中必须明确写出数值和单位。

11. (15 分) 小明利用如图 1 所示的实验装置验证动量定理。将遮光条安装在滑块上，用天平测出遮光条和滑块的总质量 $M = 200.0\text{g}$ ，槽码和挂钩的总质量 $m = 50.0\text{g}$ 。实验时，将滑块系在绕过定滑轮悬挂有槽码的细线上。滑块由静止释放，数字计时器记录下遮光条通过光电门 1 和 2 的遮光时间 Δt_1 和 Δt_2 ，以及这两次开始遮光的时间间隔 Δt ，用游标卡尺测出遮光条宽度，计算出滑块经过两光电门速度的变化量 Δv 。



- (1) 游标卡尺测量遮光条宽度如图 2 所示，其宽度 $d =$ _____ mm；
- (2) 打开气泵，带气流稳定后调节气垫导轨，直至看到导轨上的滑块能在短时间内保持静止，其目的是 _____；
- (3) 多次改变光电门 2 的位置进行测量，得到 Δt 和 Δv 的数据如下表请根据表中数据，在方格纸上作出 $\Delta v - \Delta t$ 图线 _____。

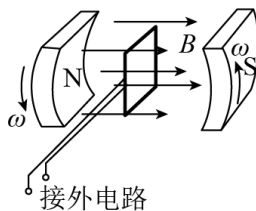


$\Delta t/s$	0.721	0.790	0.854	0.913	0.968
$\Delta v / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	1.38	1.52	1.64	1.75	1.86

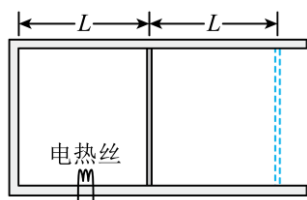
- (4) 查得当地的重力加速度 $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ ，根据动量定理， $\Delta v - \Delta t$ 图线斜率的理论值为 _____ m/s^2 ；
- (5) 实验结果发现，图线斜率的实验值总小于理论值，产生这一误差的两个可能原因时 _____。
- A. 选用的槽码质量偏小
B. 细线与气垫导轨不完全平行
C. 每次释放滑块的位置不同
D. 实验中 Δt 的测量值偏大

12. (8 分) 贯彻新发展理念，我国风力发电发展迅猛，2020 年我国风力发电量高达 4000 亿千瓦时。某种风力发电机的原理如图所示，发电机的线圈固定，磁体在叶片驱动下绕线圈对称轴转动，已知磁体间的磁场为匀强磁场，磁感应强度的大小为 0.20 T ，线圈的匝数为 100、面积为 0.5 m^2 ，电阻为 0.6Ω ，若磁体转动的角速度为 90 rad/s ，线圈中产生的感应电流为 50 A 。求：

- (1) 线圈中感应电动势的有效值 E ；
- (2) 线圈的输出功率 P 。



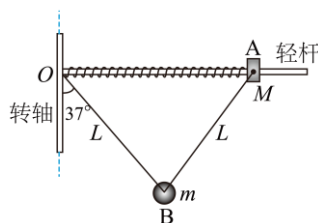
13. (8 分) 如图所示，一定质量理想气体被活塞封闭在气缸中，活塞的面积为 S ，与气缸底部相距 L ，气缸和活塞绝热性能良好，气体的压强、温度与外界大气相同，分别为 p_0 和 t_0 。现接通电热丝加热气体，一段时间后断开，活塞缓慢向右移动距离 L 后停止，活塞与气缸间的滑动摩擦为 f ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，整个过程中气体吸收的热量为 Q ，求该过程中
- (1) 内能的增加量 ΔU ；
- (2) 最终温度 T 。



14. (13 分) 如图所示的离心装置中，光滑水平轻杆固定在竖直转轴的 O 点，小圆环 A 和轻质弹簧套在轻杆上，长为 $2L$ 的细线和弹簧两端分别固定于 O 和 A ，质量为 m 的小球 B 固定在细线的中点，装置静止时，细

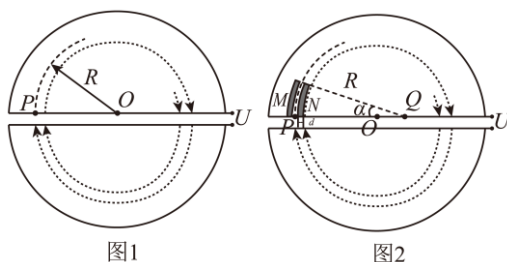
线与竖直方向的夹角为 37° ，现将装置由静止缓慢加速转动，当细线与竖直方向的夹角增大到 53° 时，A、B间细线的拉力恰好减小到零，弹簧弹力与静止时大小相等、方向相反，重力加速度为 g ，取 $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ ，求：

- (1) 装置静止时，弹簧弹力的大小 F ；
- (2) 环 A 的质量 M ；
- (3) 上述过程中装置对 A、B 所做的总功 W 。



15. (16 分) 如图 1 所示，回旋加速器的圆形匀强磁场区域以 O 点为圆心，磁感应强度大小为 B ，加速电压的大小为 U 、质量为 m 、电荷量为 q 的粒子从 O 附近飘入加速电场，多次加速后粒子经过 P 点绕 O 做圆周运动，半径为 R ，粒子在电场中的加速时间可以忽略。为将粒子引出磁场，在 P 位置安装一个“静电偏转器”，如图 2 所示，偏转器的两极板 M 和 N 厚度均匀，构成的圆弧形狭缝圆心为 Q 、圆心角为 α ，当 M 、 N 间加有电压时，狭缝中产生电场强度大小为 E 的电场，使粒子恰能通过狭缝，粒子在再次被加速前射出磁场，不计 M 、 N 间的距离。求：

- (1) 粒子加速到 P 点所需要的时间 t ；
- (2) 极板 N 的最大厚度 d_m ；
- (3) 磁场区域的最大半径 R_m 。



1. A

【详解】该核反应方程为 ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$

可知 X 是质子。故选 A。

2. D

【详解】根据 $Q = CU$

可知 $\Delta Q = C\Delta U = 10^{-8} \times (30 + 70) \times 10^{-3} \text{C} = 10^{-9} \text{C}$

则该过程中跨膜电流的平均值为 $I = \frac{\Delta Q}{t} = \frac{10^{-9}}{2 \times 10^{-3}} \text{A} = 5 \times 10^{-7} \text{A}$ 故选 D。

3. B

【详解】AB. 第一宇宙速度是指绕地球表面做圆周运动的速度，是环绕地球做圆周运动的所有卫星的最大环绕速度，该卫星的运转半径远大于地球的半径，可知运行线速度小于第一宇宙速度，选项 A 错误 B 正确；

CD. 根据 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ 可知 $r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$

因为该卫星的运动周期与地球自转周期相同，等于“静止”在赤道上空的同步卫星的周期，可知该卫星的轨道半径等于“静止”在赤道上空的同步卫星的轨道半径，选项 CD 错误。故选 B。

4. B

【详解】由图可知，影子 P 做简谐运动的振幅为 R，以向上为正方向，设 P 的振动方程为 $x = R \sin(\omega t + \varphi)$

由图可知，当 $t = 0$ 时，P 的位移为 R，所用时间为 $t = \frac{\pi}{\omega}$

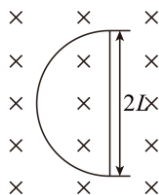
代入振动方程解得 $\varphi = \frac{\pi}{2}$ 则 P 做简谐运动的表达式为 $x = R \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$

故 B 正确，ACD 错误。故选 B。

5. A

【详解】

从上向下看导线的图形如图所示



导线的有效长度为 $2L$ ，则所受的安培力大小 $F = 2BIL$

设绳子的张力为 T ，由几何关系可知 $T = \frac{F}{2}$ 解得 $T = BIL$

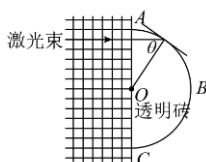
故 A 正确，BCD 错误。故选 A。

6. C

【详解】薄膜干涉为前后两个面反射回来的光发生干涉形成干涉条纹，在复色光时，出现彩色条纹，由于重力作用，肥皂膜前后表面的厚度从上到下逐渐增大，从而使干涉条纹的间距上密下疏，由于表面张力的作用，使得肥皂膜向内凹陷，故 C 正确，ABD 错误。故选 C。

7. A

【详解】画出激光束从玻璃砖射出时恰好发生全反射的入射角如图所示



全反射的条件 $\sin \theta = \frac{1}{n}$ 由几何关系知 $\sin \theta = \frac{5}{6}$

联立解得 $n = 1.2$

故 A 正确, BCD 错误. 故选 A.

8. C

【详解】光电管所加电压为正向电压, 则根据爱因斯坦光电效应方程可知光电子到达 A 极时动能的最大值

$$E_{km} = Ue + h\nu - h\nu_{\text{截止}}$$

可知 $E_{km} - U$ 图像的斜率相同, 均为 e ; 截止频率越大, 则图像在纵轴上的截距越小, 因 $\nu_1 < \nu_2$, 则图像 C 正确, ABD 错误. 故选 C.

9. D

【详解】AB. 若研究两个过程的逆过程, 可看做是从篮筐沿同方向斜向上的斜抛运动, 落到同一高度上的 AB 两点, 则 A 上升的高度较大, 高度决定时间, 可知 A 运动时间较长, 即 B 先落入篮筐中, AB 错误;

C. 因为两球抛射角相同, A 的射程较远, 则 A 球的水平速度较大, 即在最高点的速度比 B 在最高点的速度大, C 错误;

D. 由斜抛运动的对称性可知, 当 A、B 上升到与篮筐相同高度时的速度方向相同, D 正确. 故选 D.

10. A

【详解】A. 由于球壳内部的场强为零, 补全以后可知在右侧球壳任取一点, 该点和 C 连线后过左半边球壳一点, 两点对 C 的库仑力为零, 即等大反向共线, 将左侧沿竖直对称到右侧球面, 则可以知道这两个点在 C 点的合场强水平向左, 根据叠加原理可知 C 点场强向左, 同理 OC 上都是水平向左, 因此 OC 是等势线, 故 A 正确;

BD. 将题中半球壳补成一个完整的球壳, 且带电均匀, 设左、右半球在 A 点产生的电场强度大小分别为 E_1 和 E_2 ; 由题知, 均匀带电球壳内部电场强度处处为零, 则知 $E_1 = E_2$

根据对称性, 左右半球在 B 点产生的电场强度大小分别为 E_2 和 E_1 , 且 $E_1 = E_2$

在图示电场中, A 的电场强度大小为 E_2 , 方向向左, B 的电场强度大小为 E_1 , 方向向左, 所以 A 点的电场强度与 B 点的电场强度相同, 沿直线从 A 到 B 电场强度不可能逐渐增大, 故 BD 错误;

C. 根据电场的叠加原理可知, 在 AB 连线上电场线方向向左, 沿着电场线方向电势逐渐降低, 则沿直线从 A 到 B 电势升高, 故 C 错误; 故选 A.

11. 10.20 将气垫导轨调至水平 见解析

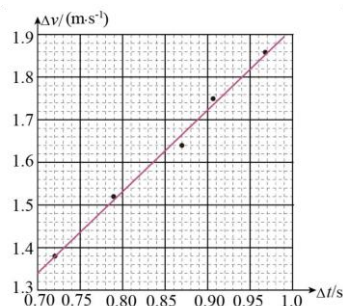
1.96 BD/DB

【详解】

(1) [1]游标卡尺的读数为 $10\text{mm} + 4 \times 0.05\text{mm} = 10.20\text{mm}$;

(2) [2]滑块保持稳定, 说明气垫导轨水平;

(3) [3]根据表格中数据描点并用直线连接



(4) [4] 根据动量定理 $F\Delta t = M\Delta v$ 变形得 $mg\Delta t = (M + m)\Delta v$

则 $\Delta v - \Delta t$ 图线斜率的理论值 $k = \frac{mg}{M + m} \text{m/s}^2 = 1.96 \text{m/s}^2$

(5) [5]根据动量定理 $F\Delta t = M\Delta v$ 变形得 $\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{F}{M}$

A. 槽码质量偏小, 而实际的槽码质量偏大, 则合外力 F 偏大, 所以图线斜率的实验值偏大, A 错误;

B. 细线与气垫导轨不平行, 滑块实际所受合外力为 F 的水平分力, 所以图线斜率的实验值偏小, B 正确;

C. 滑块释放的位置与斜率相关的参量无关, C 错误;

D. Δt 偏大, 则 $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 偏小, 图线斜率偏小, D 正确。故选 BD。

12. (1) $E = 6.4 \times 10^2 \text{ V}$; (2) $P = 3.1 \times 10^4 \text{ W}$

【详解】(1) 电动势的最大值 $E_m = NBS\omega$

$$\text{有效值 } E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

$$\text{解得 } E = \frac{NBS\omega}{\sqrt{2}}$$

代入数据得 $E = 6.4 \times 10^2 \text{ V}$

(2) 输出电压 $U = E - Ir$

输出功率 $P = IU$ 解得 $P = I(E - Ir)$

代入数据得 $P = 3.1 \times 10^4 \text{ W}$

13. (1) $\Delta U = Q - (p_0 S + f)L$; (2) $T = \frac{2(p_0 S + f)}{p_0 S} T_0$

【详解】(1) 活塞移动时受力平衡 $p_1 S = p_0 S + f$

气体对外界做功 $W = p_1 SL$

根据热力学第一定律 $\Delta U = Q - W$ 解得 $\Delta U = Q - (p_0 S + f)L$

(2) 活塞发生移动前, 等容过程 $\frac{p_0}{t_0} = \frac{p_1}{t_1}$

活塞向右移动了 L , 等压过程 $\frac{V_1}{t_1} = \frac{V_2}{T}$

且 $V_2 = 2V_1$ 解得 $T = \frac{2(p_0 S + f)}{p_0 S} t_0$

14. (1) $\frac{3mg}{8}$; (2) $\frac{9}{64}m$; (3) $\frac{31}{30}mgL$

【详解】(1) 设 AB 、 OB 的张力分别为 F_1 、 F_2 , A 受力平衡 $F = F_1 \sin 37^\circ$

B 受力平衡 $F_1 \cos 37^\circ + F_2 \cos 37^\circ = mg$ $F_1 \sin 37^\circ = F_2 \sin 37^\circ$

$$\text{解得 } F = \frac{3mg}{8}$$

(2) 设装置转动的角速度为 ω , 对 A $F = M\omega^2 \cdot \frac{8}{5}L$

对 B $mg \tan 53^\circ = m\omega^2 \cdot \frac{4}{5}L$ 解得 $M = \frac{9}{64}m$

(3) B 上升的高度 $h = \frac{1}{5}L$, A 、 B 的动能分别为 $E_{kA} = \frac{1}{2}M\left(\omega \frac{8}{5}L\right)^2$; $E_{kB} = \frac{1}{2}m\left(\omega \frac{4}{5}L\right)^2$

根据能量守恒定律可知 $W = (E_{kA} - 0) + (E_{kB} - 0) + mgh$ 解得 $W = \frac{31}{30}mgL$

15. (1) $\left(\frac{qB^2 R^2}{2mU} - 1\right) \frac{\pi m}{qB}$; (2) $2\left(\sqrt{R^2 - \frac{2mU}{qB^2}} - \sqrt{R^2 - \frac{4mU}{qB^2}}\right)$; (3) $R + \frac{2mER}{qB^2 R - mE} \sin \frac{\alpha}{2}$

【详解】

(1) 设粒子在 P 的速度大小为 v_P ，则根据 $qvB = m \frac{v^2}{r}$

可知半径表达式为 $R = \frac{mv_P}{qB}$

根据动能定理粒子在静电场中加速有 $nqU = \frac{1}{2}mv_P^2$

粒子在磁场中运动的周期为 $T = \frac{2\pi m}{qB}$

粒子运动的总时间为 $t = (n-1) \times \frac{T}{2}$ 解得 $t = \left(\frac{qB^2 R^2}{2mU} - 1 \right) \frac{\pi m}{qB}$

(2) 由粒子的运动半径 $r = \frac{mv}{qB}$ ，结合动能表达式 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 变形得 $r = \frac{\sqrt{2mE_k}}{qB}$

则粒子加速到 P 前最后两个半周的运动半径为 $r_1 = \frac{\sqrt{2m(E_{kP} - qU)}}{qB}$ ， $r_2 = \frac{\sqrt{2m(E_{kP} - 2qU)}}{qB}$

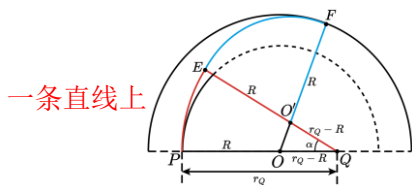
由几何关系 $d_m = 2(r_1 - r_2)$

结合且 $E_{kP} = \frac{(qBR)^2}{2m}$ 解得 $d_m = 2 \left(\sqrt{R^2 - \frac{2mU}{qB^2}} - \sqrt{R^2 - \frac{4mU}{qB^2}} \right)$

(3) 设粒子在偏转器中的运动半径为 r_Q ，则在偏转器中，要使粒子半径变大，电场力应和洛伦兹力反向，共

同提供向心力 $qv_P B - qE = m \frac{v_P^2}{r_Q}$

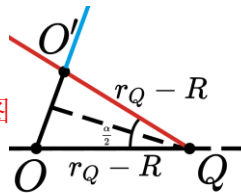
设粒子离开偏转器的点为 E ，圆周运动的圆心为 O' 。由题意知， O' 在 SQ 上，且粒子飞离磁场的点与 O 、 O' 在



粒子在偏转器中运动的圆心在 Q 点，从偏转器飞出，即从 E 点离开，又进入回旋加速器中的磁场，此时粒子的运动半径又变为 R ，然后轨迹发生偏离，从偏转器的 F 点飞出磁场，那么磁场的最大半径即为

$$R_m = OF = R + OO'$$

将等腰三角形 $VOO'Q$ 放大如图



虚线为从 Q 点向 OO' 所引垂线，虚线平分 α 角，则 $OO' = 2(r_Q - R)$

解得最大半径为 $R_m = R + \frac{2mER}{qB^2 R - mE} \sin \frac{\alpha}{2}$