

2018年北京市高考理综物理考试逐题解析

13. 在核反应方程 ${}^4_2\text{He} + {}^{14}_7\text{N} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + X$ 中，X表示的是

- A. 质子 B. 中子 C. 电子 D. α 粒子

【答案】A

【解析】

根据电荷数与质量数守恒，设X电荷数为Z，质量数为A。则有电荷数 $2 + 7 = 8 + Z$ ，质量数 $4 + 14 = 17 + A$ 。可得， $Z = 1$ ， $A = 1$ 。即X为质子，故BCD错误，A正确。

14. 关于分子动理论，下列说法正确的是

- A. 气体扩散的快慢与温度无关
B. 布朗运动是液体分子的无规则运动
C. 分子间同时存在着引力和斥力
D. 分子间的引力总是随分子间距增大而增大

【答案】C

【解析】

选项A：分子扩散属于热运动，温度越高，分子热运动越快，扩散越快，故A错误；

选项B：布朗运动是液体中固体颗粒的无规则运动，故B错误；

选项C：分子斥力和引力同时存在，故C正确；

D 分子间引力和斥力均随分子间距离的增大而减小，故D错误。

15. 用双缝干涉实验装置得到白光的干涉条纹，在光源与单缝之间加

上红色滤光片后

- A.干涉条纹消失
- B.彩色条纹中的红色条纹消失
- C.中央条纹变成暗条纹
- D.中央条纹变成红色

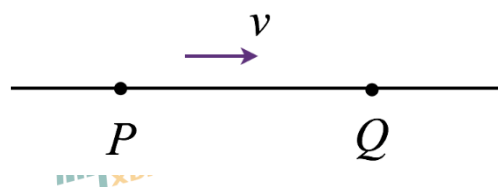
【答案】D

【解析】

红光经过双缝以后仍会产生干涉现象，A 错；白光经过红色滤光片后，其他颜色的光被吸收，仅通过红光，B 错；双缝到中央条纹的光程差为 0，是波长的整数倍，因此仍是亮条纹，C 错；经滤光片后的红光，发生双缝干涉，中央条纹为红色，D 对。

16. 如图所示，一列简谐横波向右传播，P、Q 两质点平衡位置相距 0.15m。当 P 运动到上方最大位移处时，Q 刚好运动到下方最大位移处，则这列波的波长可能是

- A. 0.60m
- B. 0.30m
- C. 0.20m
- D. 0.15m



【答案】B

【解析】

由题可知，P、Q 两点之间的距离与波长的关系，满足 $\frac{1}{2}\lambda + n\lambda = 0.15m$ ($n=0、1、2、3\dots$) 当 $n=0$ 时， $\lambda=0.3m$ ；当 $n=1$ 时， $\lambda=0.1m$ ；当 $n=2$ 时， $\lambda=0.06m$ 。依次类推， n 越大，波长越小，故答案选 B。

17. 若想检验“使月球绕地球运动的力”与“使苹果落地的力”遵循

同样的规律，在已知月地距离约为地球半径 60 倍的情况下，需要验证

- A. 地球吸引月球的力约为地球吸引苹果的力的 $1/60^2$
- B. 月球公转的加速度约为苹果落向地面加速度的 $1/60^2$
- C. 自由落体在月球表面的加速度约为地球表面的 $1/6$
- D. 苹果在月球表面受到的引力约为在地球表面的 $1/60$

【答案】 B

【解析】

选项 A: 地球对月球的引力设为 F_1 ，则有 $F_1 = \frac{GM_{地}m_{月}}{(60R_{地})^2}$ ，

地球对苹果的引力设为 F_2 ，则有 $F_2 = \frac{GM_{地}m_{苹}}{R_{地}^2}$ ，

所以 $\frac{F_1}{F_2} = \frac{m_{月}}{60^2 m_{苹}}$ ，故 A 错误；

选项 B: 分别对月球和苹果分析有：

$$\frac{GM_{地}m_{月}}{(60R_{地})^2} = m_{月}a_{月} \quad , \text{得} \quad a_{月} = \frac{GM_{地}}{(60R_{地})^2}$$

$$\frac{GM_{地}m_{苹}}{R_{地}^2} = m_{苹}a_{苹} \quad , \text{得} \quad a_{苹} = \frac{GM_{地}}{R_{地}^2}$$

$$\therefore \frac{a_{月}}{a_{苹}} = \frac{R_{地}^2}{(60R_{地})^2} = \frac{1}{60^2}$$

故 B 正确；

选项 C: 由于 $M_{地}$ ， $m_{月}$ 均未知，无法得出，故 C 错误；

选项 D: 由于 $R_{地}$ ， $R_{月}$ ， $M_{地}$ ， $m_{月}$ 均未知，无法得出，故 D 错误

18、某空间存在匀强磁场和匀强电场。一个带电粒子（不计重力）以

一定初速度射入该空间后，做匀速直线运动；若仅撤除电场，则该粒子做匀速圆周运动。下列因素与完成上述两类运动无关的是

- A. 磁场和电场的方向
- B. 磁场和电场的强弱
- C. 粒子的电性和电量
- D. 粒子入射时的速度

【答案】C

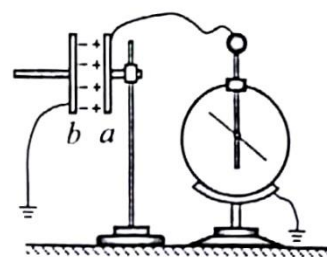
【解析】

由于粒子在做匀速直线运动，受力平衡， $qvB=qE$ ，二力等大反向。如磁场方向为垂直纸面向里且电场方向向下，或者磁场方向为垂直纸面向外且电场方向向上时，洛伦兹力与电场力方向均相反，所以与磁场和电场的方向有关，与电性无关。由 $qvB=qE$ ，等式两边 q 可约掉，可知上述运动与粒子的电量无关，故 A 错误，C 正确。

由上式可知， $E=Bv$ ，所以与磁场和电场的强弱及粒子入射速度均有关，故 BD 错误。

19. 研究与平行板电容器电容有关因素的实验装置如图所示。下列说法正确的是

- A. 实验前，只用带电玻璃棒与电容器 a 板接触，能使电容器带电
- B. 实验中，只将电容器 b 板向上平移，静电计指针的张角变小
- C. 实验中，只在极板间插入有机玻璃板，静电计指针的张角变大
- D. 实验中，只增加极板带电量，静电计指针的张角变大，表明电容增大



【答案】A

【解析】

本题考察点为电容器动态分析，题中静电计作用为显示电容器电压。

选项A：用带电玻璃棒接触金属板a时，使a板带正电，b板接地后，在a板的感应下，带等量负电荷，可达成使电容器带电的效果，故A正确；

选项B：由 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 得：b板上移时，正对面积S减小，故C减小。又由题可知，电容器与电路断开，电量保持不变。由 $C = \frac{Q}{U}$ 可知，Q不变的情况下，C减小，故电压U变大，静电计张角变大，故B错误；

选项C：由 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 得：当插入有机玻璃板时，介电常数变大，故电容C变大。Q不变的情况下，由 $C = \frac{Q}{U}$ 可知，电压U减小，故静电计张角变小，故C错误；

选项D：电容器电容由电容器构造决定，与板上电量和电压无关，故D错误。

20. 根据高中所学知识可知，做自由落体运动的小球，将落在正下方位置。但实际上，赤道上方 200m 处无初速下落的小球将落在正下方位置偏东约 6cm 处。这一现象可解释为，除重力外，由于地球自转，下落过程小球还受到一个水平向东的“力”，该“力”与竖直方向的速度大小成正比。现将小球从赤道地面竖直上抛，考虑对称性，上升过程该“力”水平向西，则小球

- A. 到最高点时，水平方向的加速度和速度均为零
- B. 到最高点时，水平方向的加速度和速度均不为零
- C. 落地点在抛出点东侧

D. 落地点在抛出点西侧

【答案】D

【解析】

由题中条件可知，小球所受到水平的“力”与竖直方向速度大小成正比，当小球到达最高点时，竖直方向速度为 0，该“力”也为 0，因此水平方向加速度为 0。同时由于上升过程中受到向西的力，在到达最高点前始终向西加速，因此在最高点时水平方向速度不为 0。故 A、B 均错误；

小球在到达最高点前始终向西加速，到达最高点时有水平向西的速度。下落过程中，小球受到向东的力，开始水平向西减速。由于竖直方向的运动是对称的，因此小球会落到抛出点西侧，故 C 错误，D 正确。

21. (18 分)

用图 1 所示的实验装置研究小车速度随时间变化的规律。

主要实验步骤如下：

- 安装好实验器材。接通电源后，让拖着纸带的小车沿长木板运动，重复几次。
- 选出一条点迹清晰的纸带，找一个合适的点当作计时起点 $O(t=0)$ ，然后每隔相同的时间间隔 T 选取一个计数点，如图 2 中 A、B、C、D、E、F……所示。

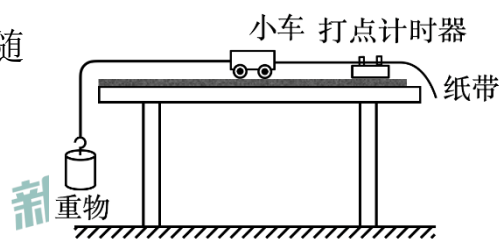


图1

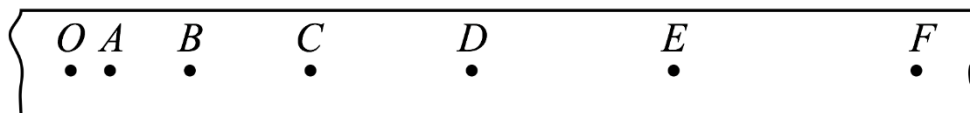


图2

- c. 通过测量、计算可以得到在打 A 、 B 、 C 、 D 、 E ……点时小车的速度，分别记作 v_1 、 v_2 、 v_3 、 v_4 、 v_5 ……
- d. 以速度 v 为纵轴、时间 t 为横轴建立直角坐标系，在坐标纸上描点，如图 3 所示。

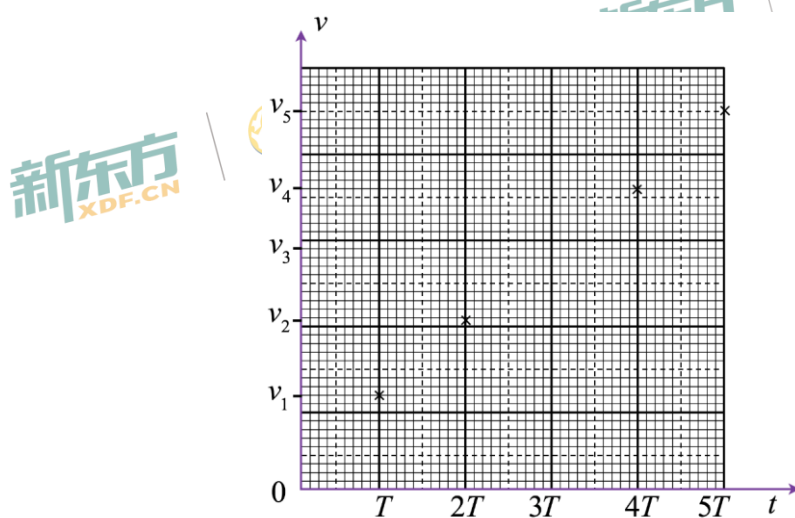


图3

综合上述实验步骤，请你完成下列任务：

(1) 在下列仪器和器材中，还需要使用的有_____和_____（填选项前的字母）。

- A. 电压合适的 50Hz 交流电源
- B. 电压可调的直流电源
- C. 刻度尺
- D. 秒表
- E. 天平（含砝码）

(2) 在图 3 中已标出计数点 A 、 B 、 D 、 E 对应的坐标点，请在该图中标出计数点 C 对应的坐标点，并画出 $v - t$ 图像。

(3) 观察 $v-t$ 图像，可以判断小车做匀变速直线运动，其依据是_____。 $v-t$ 图像斜率的物理意义是_____。

(4) 描绘 $v-t$ 图像前，还不知道小车是否做匀变速直线运动。用平均速度 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 表示各计数点的瞬时速度，从理论上讲，对 Δt 的要求是_____（选填“越小越好”或“与大小无关”）；从实验的角度看，选取的 Δx 大小与速度测量的误差_____（选填“有关”或“无关”）。

(5) 早在 16 世纪末，伽利略就猜想落体运动的速度应该是均匀变化的。当时只能靠滴水计时，为此他设计了如图 4 所示的“斜面实验”，反复做了上百次，验证了他的猜想。请你结合匀变速直线运动的知识，分析说明如何利用伽利略

“斜面实验”检验小球的速度是随时间均匀变化的。

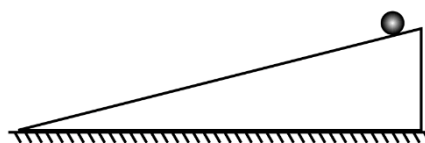


图4

【答案】

(1) A, C

(2)

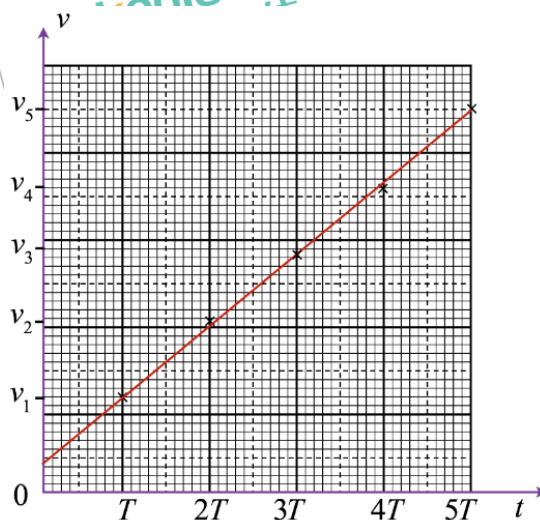


图3

(3) v-t 图像是一条倾斜直线,加速度

(4) 越小越好, 有关

(5) 小球通过的位移与所用时间的二次方成正比, 所以小球做匀变速直线运动, 所以小球的速度是随时间均匀变化的

【解析】

(1) 电磁打点计时器的工作电压为 4-6V 的交流电, 频率为 50Hz; 所以电源为 A, 另本实验需要用刻度尺测量纸带上两点之间的距离, 所以还需要 C。

(2) 如图所示

(3) 由加速度定义式得 $\frac{\Delta v}{\Delta t} = a$ 。

(4) 时间越短, 平均速度越接近瞬时速度, 所以越小越好。测量距离过小导致误差增大, 故有关

(5) 小球通过的位移与所用时间的二次方成正比, 所以小球做匀变速直线运动, 所以小球的速度是随时间均匀变化的

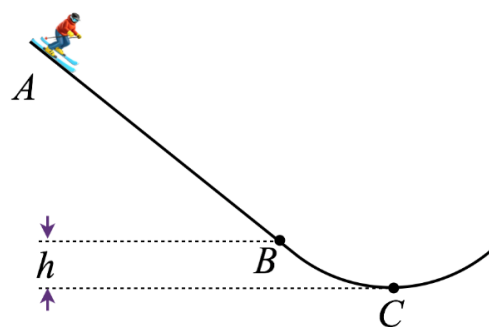
22. (16 分)

2022 年将在我国举办第二十四届冬奥会, 跳台滑雪是其中最具观赏性的项目之一。某滑道示意图如下, 长直助滑道 AB 与弯曲滑道 BC 平滑衔接, 滑道 BC 高 $h=10\text{m}$, C 是半径 $R=20\text{m}$ 圆弧的最低点。质量 $m=60\text{kg}$ 的运动员从 A 处由静止开始匀加速下滑, 加速度 $a=4.5\text{m/s}^2$, 到达 B 点时速度 $v_B=30\text{m/s}$, 取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ 。

(1) 求长直助滑道 AB 的长度 L;

(2) 求运动员在 AB 段所受合外力的冲量 I 的大小;

(3) 若不计 BC 段的阻力, 画出运动员经过 C 点时的受力图, 并求其所受支持力 F_N 的大小。



【答案】(1) 100m (2) $1800\text{N} \cdot \text{s}$ (3) 3900N

【解析】

(1) A 到 B 的过程中, 运动员做匀加速直线运动:

$$v_B^2 - 0 = 2aL$$

$$L = 100\text{m}$$

(2) A 到 B 的过程中, 根据动量定理:

$$I = mv_B - 0 = 1800\text{N} \cdot \text{s}$$

(3) B 到 C 的过程中, 根据动能定理:

$$mgh = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$F_N - mg = m\frac{v_C^2}{R}$$

代入数据得: $F_N = 3900\text{N}$



23. (18 分)

如图 1 所示, 用电动势为 E 、内阻为 r 的电源, 向滑动变阻器 R 供电。改变变阻器 R 的阻值, 路端电压 U 与电流 I 均随之变化。

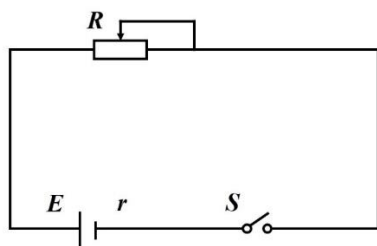


图 1

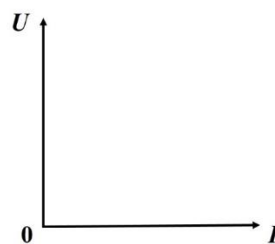


图 2

(1) 以 U 为纵坐标, I 为横坐标, 在图 2 中画出变阻器阻值 R 变化过程中 $U - I$ 图像的示意图, 并说明 $U - I$ 图像与两坐标轴交点的物理意义。

(2) a. 请在图 2 画好的 $U - I$ 关系图线上任取一点, 画出带网格的图形, 以其面积表示此时电源的输出功率;

b. 请推导该电源对外电路能够输出的最大电功率及条件。

(3) 请写出电源电动势定义式, 并结合能量守恒定律证明: 电源电动势在数值上等于内、外电路电势降落之和。

【答案】

(1) 图像见解析, 与纵轴交点为电动势, 与横轴交点即为电源短路时的电流;

(2) a. 图形见解析

b. 当 $R = r$ 时, $P_{\text{输出}}$ 有最大值 $\frac{E^2}{4r}$, 推导详见解析;

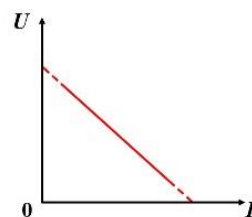
(3) 证明详见解析。

【解析】

$$(1) U = E - I \cdot r$$

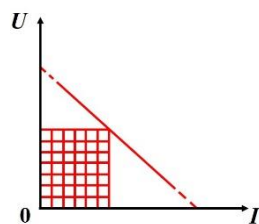
所以 U 与 I 为一次函数关系, $U - I$ 图像为直线, 截距为 E , 斜率为 $-r$

与纵轴交点: $I=0$, $U=E$, 即电动势;



与横轴交点： $U=0$ ， $I = \frac{E}{r}$ ，即电源短路时的电流。

(2) a. 输出功率 $P = U \cdot I$ ，即该点横纵坐标之积，即图中矩形部分的面积。



b. 方法一：因为网格面积代表输出功率，所以

$$P = U \cdot I$$

$$= (E - I r) \cdot I$$

$$= E \cdot I - I^2 r$$

$$= -r \cdot \left(I - \frac{E}{2r} \right)^2 + \frac{E^2}{4r}$$

当 $I = \frac{E}{2r}$ ，即 $\frac{E}{R+r} = \frac{E}{2r}$ ， $R = r$ 时， P 有最大值 $\frac{E^2}{4r}$

方法二： $P = I^2 \cdot R$

$$= \left(\frac{E}{R+r} \right)^2 \cdot R$$

$$= \frac{E^2}{R^2 + 2Rr + r^2} \cdot R$$

$$= \frac{E^2}{R + \frac{r^2}{R}}$$

由均值不等式，当 $R = \frac{r^2}{R}$ ，即 $R=r$ 时， $R + \frac{r^2}{R}$ 有最小值 $2r$ ，所以 P 有最大值 $\frac{E^2}{4r}$ 。

(3) 电动势定义式： $E = \frac{W_{\text{非}}}{q}$ ①

在时间 t 内通过电路的电荷量为 $q = It$ ②

根据能量守恒定律，非静电力做的功应该等于内外电路产生焦耳热的总和。

$$\text{即 } W_{\text{非}} = Q_{\text{内}} + Q_{\text{外}} \quad \text{③}$$

$$\text{在时间 } t \text{ 内: } Q_{\text{外}} = I^2 R t, \quad \text{④}$$

$$Q_{\text{内}} = I^2 r t \quad \text{⑤}$$

$$\text{联立①②③④⑤式, } E I t = I^2 R t + I^2 r t \quad \text{即 } E = IR + Ir$$

$$\text{得到: } E = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$$

其中 $U_{\text{外}}$ 即外电路电势降落, $U_{\text{内}}$ 即内电路电势降落。

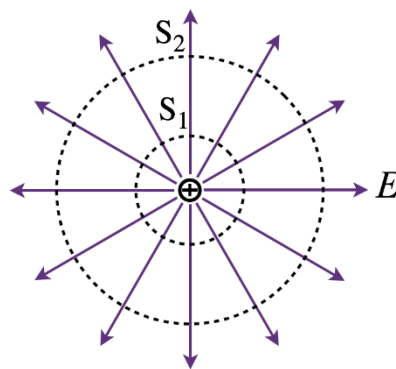
24. (20分)

(1) 静电场可以用电场线和等势面形象描述。

a. 请根据电场强度的定义和库仑定律推导出点电荷 Q 的场强表达式;

b. 点电荷的电场线和等势面分布如图所示, 等势面 s_1 、 s_2 到点电荷

的距离分别为 r_1 、 r_2 。我们知道, 电场线的疏密反映了空间区域电场强度的大小。请计算 s_1 、 s_2 上单位面积通过的电场线条数之比 N_1/N_2 。



(2) 观测宇宙中辐射电磁波的天体, 距离越远单位面积接收的电磁波功率越小, 观测越困难。为了收集足够强的来自天体的电磁波, 增大望远镜口径是提高天文观测能力的一条重要途径。

2016年9月25日, 世界上最大的单口径球面射电望远镜 FAST 在我国贵州落成启用, 被誉为“中国天眼”。FAST 直径为 500m, 有效提高了人类观测宇宙的精度和范围。

- a. 设直径为 100m 的望远镜能够接收到的来自某天体的电磁波功率为 P_1 ，计算 FAST 能够接收到的来自该天体的电磁波功率 P_2 ；
- b. 在宇宙大尺度上，天体的空间分布是均匀的。仅以辐射功率为 P 的同类天体为观测对象，设直径为 100m 望远镜能够观测到的此类天体数目是 N_0 ，计算 FAST 能够观测到的此类天体数目 N 。

【答案】(1) a. $E = k \frac{Q}{r^2}$ b. $\frac{N_1}{N_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$

(2) a. $P_2 = 25P_1$ b. $N = 125N_0$

【解析】

(1) a. 场强定义式: $E = \frac{F}{q}$

库仑定律: $F = k \frac{Qq}{r^2}$

联立解得: $E = k \frac{Q}{r^2}$

b. 设总电场线条数为 N

则 $N_1 = \frac{N}{4\pi r_1^2}$

$N_2 = \frac{N}{4\pi r_2^2}$

则 $\frac{N_1}{N_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$

(2) a. 设望远镜单位面积接收到的功率为 P_0

则 $P_1 = P_0 \cdot S_1 = P_0 \cdot \pi R_1^2$ $R_1 = \frac{D_1}{2} = 50\text{m}$

$P_2 = P_0 \cdot S_2 = P_0 \cdot \pi R_2^2$ $R_2 = \frac{D_2}{2} = 250\text{m}$

则 $P_2 = 25P_1$

b. 距离天体 r 位置，天体单位面积辐射功率为 $P_0 = \frac{P}{4\pi r^2}$

设望远镜能接收到的最小功率为 P'

$$P' = \frac{P}{4\pi r_1^2} \cdot \pi R_1^2 = \frac{P}{4\pi r_2^2} \cdot \pi R_2^2$$

$$\frac{r_1^2}{r_2^2} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$$

$$\text{则 } \frac{r_1}{r_2} = \frac{1}{5}$$

因为天体的空间分布是均匀的，设单位体积内功率为 P 的天

体个数为 n ，则：

$$n = \frac{N_0}{\frac{4}{3}\pi r_1^3} = \frac{N}{\frac{4}{3}\pi r_2^3}$$

$$\text{则 } \frac{N}{N_0} = \frac{r_2^3}{r_1^3} = 125$$

$$N = 125N_0$$