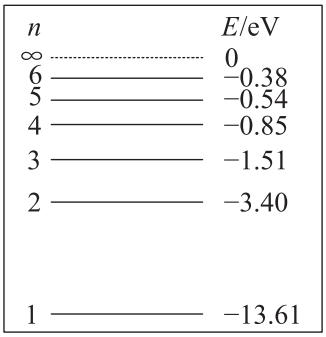
2004 年广东广西

1. 图示为氢原子的能级图，用光子能量为 13.07 eV 的光照射一群处于基态的氢原子，可能观测到氢原子发射的不同波长有多少种？(B)



A. 15　　B. 10　　C. 4　　D. 1

> 由题图知，13.07 eV 恰好为 $n=5$ 与 $n=1$ 的能级差，从而使基态氢原子跃迁到 $n=5$ 的激发态，这些氢原子再向较低能级跃迁时，可产生不同波长的光共 $C_5^2=10$ 种，故 B 正确。

2. 下列说法哪些是正确的 (AD)

A. 水的体积很难被压缩，这是分子间存在斥力的宏观表现

B. 气体总是很容易充满容器，这是分子间存在斥力的宏观表现

C. 两个相同的半球壳吻合接触，中间抽成真空（马德堡半球），用力很难拉开，这是分子间存在吸引力的宏观表现

D. 用力拉铁棒的两端，铁棒没有断，这是分子间存在吸引力的宏观表现

> 液体体积很难压缩，说明分子间存在斥力；固体很难被拉断，说明分子间存在引力，故 A、D 正确。气体容易充满容器是分子热运动的结果，抽成真空的马德堡半球很难分开是大气压强作用的结果，故 B、C 错误。

3. 一列简谐波沿一直线向左运动，当直线上某质点 a 向上运动到达最大位移时，a 点右方相距 0.15 m 的 b 点刚好向下运动到最大位移处，则这列波的波长可能是 (BD)



A. 0.6 m　　B. 0.3 m　　C. 0.2 m　　D. 0.1 m

> 由题意知，$0.15=\left(n+\frac{1}{2}\right)\lambda$（$n=0,1,2,\ldots$），得 $\lambda=\frac{0.3}{2n+1}\,\mathrm{m}$（$n=0,1,2,\ldots$），当 $n=0$ 时，$\lambda=0.3\,\mathrm{m}$；当 $n=1$ 时，$\lambda=0.1\,\mathrm{m}$，故 B、D 正确。

4. 下列说法正确的是 (D)

A. 机械能全部变成内能是不可能的

B. 第二类永动机不可能制造成功的原因是因为能量既不会凭空产生，也不会凭空消失，只能从一个物体转移到另一个物体，或从一种形式转化成另一种形式

C. 根据热力学第二定律可知，热量不可能从低温物体传到高温物体

D. 从单一热源吸收的热量全部变成功是可能的

> （广西卷）由热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$ 可知，ΔU 由 $W + Q$ 共同决定，故 A、C 错误，D 正确；机械能可以通过克服摩擦力做功全部转化为内能，故 B 错误。
>
> （广东卷）机械能可通过克服摩擦力做功全部转化为内能，故 A 错误；第二类永动机没有违背能量守恒定律，而是违反了热力学第二定律，因而不能制成，故 B 错误；由热力学第二定律可知，热量不能自发地从低温传到高温物体，但在外部条件的影响下，能从低温传到高温物体，故 C 错误；由热力学第二定律可知，从单一热源吸收热量全部变成功也是可能的，但要发生其他变化，故 D 正确。

5. 中子 n、质子 p、氘核 D 的质量分别为 m_n、m_p、m_D。现用光子能量为 E 的 γ 射线照射静止氘核使之分解，反应的方程为 $\gamma + \mathrm{D} = \mathrm{p} + \mathrm{n}$，若分解后中子、质子的动能可视为相等，则中子的动能是 (C)

A. $\frac{1}{2}[(m_D - m_p - m_n)c^2 - E]$　　B. $\frac{1}{2}[(m_p + m_n - m_D)c^2 + E]$

C. $\frac{1}{2}[(m_D - m_p - m_n)c^2 + E]$　　D. $\frac{1}{2}[(m_p + m_n - m_D)c^2 - E]$

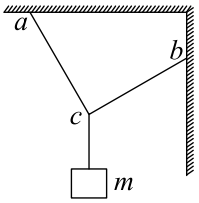
> 由能量守恒得 $E + \Delta mc^2 = 2E_k$，$\Delta m = m_D - m_p - m_n$，得 $E_k = \frac{1}{2}[E + (m_D - m_p - m_n)c^2]$，故 C 正确。

6. 分别用波长为 λ 和 $\frac{3}{4}\lambda$ 的单色光照射同一金属板，发出的光电子的最大初动能之比为 $1:2$，以 h 表示普朗克常量，c 表示真空中的光速，则此金属板的逸出功为 (B)

A. $\frac{hc}{2\lambda}$　　B. $\frac{2hc}{3\lambda}$　　C. $\frac{3}{4}hc\lambda$　　D. $\frac{4h\lambda}{5c}$

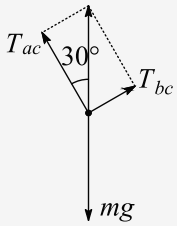
> 由光电效应方程 $E_k = h\nu - W = \frac{hc}{\lambda} - W$，对波长 λ 有 $E_{k1} = \frac{hc}{\lambda} - W$，对波长 $\frac{3}{4}\lambda$ 有 $E_{k2} = \frac{hc}{\frac{3}{4}\lambda} - W = \frac{4hc}{3\lambda} - W$。由 $E_{k1} : E_{k2} = 1:2$ 得 $E_{k2} = 2E_{k1}$，即 $\frac{4hc}{3\lambda} - W = 2\left(\frac{hc}{\lambda} - W\right)$，解得 $W = \frac{2hc}{3\lambda}$，故 B 正确。

7. 用三根轻绳将质量为 m 的物块悬挂在空中，如图所示。已知 ac 和 bc 与竖直方向的夹角分别为 $30°$ 和 $60°$，则 ac 绳和 bc 绳中的拉力分别为 (A)

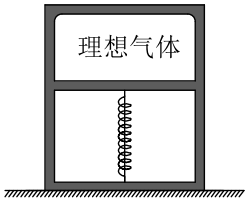


A. $\frac{\sqrt{3}}{2}mg$，$\frac{1}{2}mg$　　B. $\frac{1}{2}mg$，$\frac{\sqrt{3}}{2}mg$　　C. $\frac{\sqrt{3}}{4}mg$，$\frac{1}{2}mg$　　D. $\frac{1}{2}mg$，$\frac{\sqrt{3}}{4}mg$

对结点 c 受力分析如图所示，由平衡条件得 $T_{ac}=mg\cos 30^\circ=\frac{\sqrt{3}}{2}mg$，$T_{bc}=mg\sin 30^\circ=\frac{1}{2}mg$，故 A 正确。



8. 如图所示，密闭绝热的具有一定质量的活塞，活塞的上部封闭着气体，下部为真空，活塞与器壁的摩擦忽略不计，置于真空中的轻弹簧的一端固定于容器的底部。另一端固定在活塞上，弹簧被压缩后用绳扎紧，此时弹簧的弹性势能为 E_p（弹簧处于自然长度时的弹性势能为零），现绳突然断开，弹簧推动活塞向上运动，经过多次往复运动后活塞静止，气体达到平衡态，经过此过程（D）



A. E_p 全部转换为气体的内能

B. E_p 一部分转换成活塞的重力势能，其余部分仍为弹簧的弹性势能

C. E_p 全部转换成活塞的重力势能和气体的内能

D. E_p 一部分转换成活塞的重力势能，一部分转换为气体的内能，其余部分仍为弹簧的弹性势能

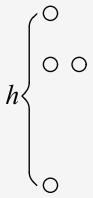
由题意，断开绳子，活塞最终静止后的位置高于初始位置，E_p 的能量转化有三种形式：活塞的重力势能、气体的内能和弹簧的弹性势能，故 D 正确。

9. 一杂技演员，用一只手抛球。他每隔 0.40 s 抛出一球，接到球便立即把球抛出，已知除抛、接球的时刻外，空中总有四个球，将球的运动看作是竖直方向的运动，球到达的最

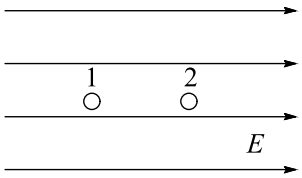
大高度是（高度从抛球点算起，取 $g=10\,\mathrm{m/s^2}$）(C)

A. $1.6\,\mathrm{m}$　　B. $2.4\,\mathrm{m}$　　C. $3.2\,\mathrm{m}$　　D. $4.0\,\mathrm{m}$

如图所示，当某一球刚上抛时，最高点有一球，则 $h=\frac{1}{2}gt^2=\frac{1}{2}\times10\times(2\times0.4)^2\,\mathrm{m}=3.2\,\mathrm{m}$，故 C 正确。



10. 在场强为 E 的匀强电场中固定放置两个小球 1 和 2，它们的质量相等，电荷分别为 q_1 和 $-q_2$（$q_1\neq q_2$）。球 1 和球 2 的连线平行于电场线，如图。现同时放开 1 球和 2 球，于是它们开始在电场力的作用下运动，如果球 1 和球 2 之间的距离可以取任意有限值，则两球刚被放开时，它们的加速度可能是 (ABC)



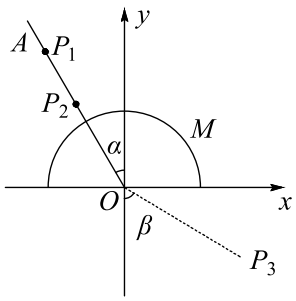
A. 大小相等，方向相同　　B. 大小不等，方向相反

C. 大小不等，方向相同　　D. 大小相等，方向相反

设两球距离为 r，取向右为正，由牛顿第二定律，对球 1 有 $q_1E-k\frac{q_1q_2}{r^2}=ma_1$，对球 2 有 $k\frac{q_1q_2}{r^2}-q_2E=ma_2$，由于 $q_1\neq q_2$ 且 r 为任意有限值，可知 A、B、C 正确。要使 D 成立，必须 $q_1=q_2$，与题意矛盾，故 D 错误。

11. 如图，画有直角坐标系 Oxy 的白纸位于水平桌面上，M 是放在白纸上的半圆形玻璃砖，其底面的圆心在坐标的原点，直边与 x 轴重合，OA 是画在纸上的直线，P_1、P_2 为竖直地插在直线 OA 上的两枚大头针，P_3 是竖直地插在纸上的第三枚大头针，α 是直线 OA 与 y 轴正方向的夹角，β 是直线 OP_3 与 y 轴负方向的夹角，只要直线 OA 画得合适，且 P_3 的位置取得正确，测得角 α 和 β，便可求得玻璃的折射率。

某学生在用上述方法测量玻璃的折射率，在他画出的直线 OA 上竖直插上了 P_1、P_2 两枚大头针，但在 $y<0$ 的区域内，不管眼睛放在何处，都无法透过玻璃砖看到 P_1、P_2 的像，他应该采取的措施是 在白纸上另画一条与 y 轴正方向的夹角较小的直线 OA，把大头针 P_1、P_2 竖直地插在所画的直线上，直到在 $y<0$ 的区域内透过玻璃砖能看到 P_1、P_2 的像。若他已透过玻璃砖看到了 P_1、P_2 的像，确定 P_3 位置的方法是 插上 P_3 后，P_3 刚好能挡住 P_1、P_2 的像。若他已正确地测得了的 α、β 的值，则玻璃的折射率 $n=\frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$。



在白纸上另画一条与 y 轴正方向的夹角较小的直线 OA，把大头针 P_1、P_2 竖直地插在所画的直线上，直到在 $y<0$ 的区域内透过玻璃砖能看到 P_1、P_2 的像。

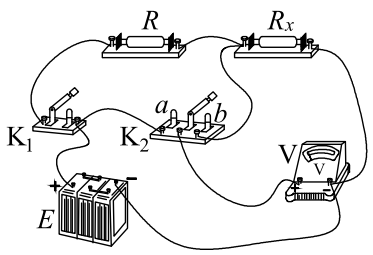
插上 P_3 后，P_3 刚好能挡住 P_1、P_2 的像。

$n=\frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$。

12. 图中 R 为已知电阻，R_x 为待测电阻，K_1 为单刀单掷开关，K_2 为单刀双掷开关，V 为电压表（内阻极大），E 为电源（电阻不可忽略）。现用图中电路测量电源电动势 ε 及电阻 R_x。

(1) 写出操作步骤：

(2) 由 R 及测得的量，可测得 $\varepsilon=$ ，$R_x=$ 。



(1) ① K_1 断开，K_2 接到 a 端，记下电压表的读数 U_1；② K_2 仍接到 a 端，闭合 K_1，记下电压表的读数 U_2；③ K_1 仍闭合，K_2 接到 b 端，记下电压表的读数 U_3。 (2) U_1，$\frac{U_3}{U_2-U_3}R$。

（1）① K_1 断开，K_2 接到 a 端，记下电压表的读数 U_1；② K_2 仍接到 a 端，闭合 K_1，记下电压表的读数 U_2；③ K_1 仍闭合，K_2 接到 b 端，记下电压表的读数 U_3。

（2）U_1，$\frac{U_3}{U_2-U_3}R$。

13. 已经证实，质子、中子都是由上夸克和下夸克的两种夸克组成的，上夸克带电为 $\frac{2}{3}e$，下夸克带电为 $-\frac{1}{3}e$，e 为电子所带电量的大小，如果质子是由三个夸克组成的，且各个夸克之间的距离都为 l，$l=1.5\times10^{-15}\,\mathrm{m}$，试计算质子内相邻两个夸克之间的静电力（库仑力）。

上夸克与上夸克间的静电力为斥力，大小为 46 N；上夸克与下夸克间的静电力为吸引力，大小为 23 N。

质子带电为 $+e$，所以它是由 2 个上夸克和 1 个下夸克组成的，三个夸克位于等边三角形的三个顶点处，这时上夸克与上夸克之间的静电力应为 $F_1 = k\frac{\frac{2}{3}e\times\frac{2}{3}e}{l^2} = \frac{4}{9}k\frac{e^2}{l^2}$ ①

代入数值，得 $F_1 = 46\,\mathrm{N}$，为斥力②

上夸克与下夸克之间的静电力为 $F_2 = k\frac{\frac{2}{3}e\times\frac{1}{3}e}{l^2} = \frac{2}{9}k\frac{e^2}{l^2}$ ③

代入数值，得 $F_2 = 23\,\mathrm{N}$，为引力④

评分参考：①式 4 分，②式 2 分；③式 4 分，④式 2 分。

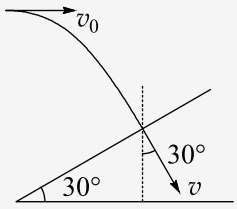
14. 一质量为 m 的小球，以初速度 v_0 沿水平方向射出，恰好垂直地射到一倾角为 30° 的固定斜面上，并立即反方向弹回。已知反弹速度的大小是入射速度大小的 $\frac{3}{4}$，求在碰撞中斜面对小球的冲量大小。

$I = \frac{7}{2}mv_0$

小球在碰撞斜面前做平抛运动。设刚要碰撞斜面时小球速度为 v。由题意，v 的方向与竖直线的夹角为 30°，且水平分量仍为 v_0，如右图。由此得 $v = 2v_0$ ①

碰撞过程中，小球速度由 v 变为反向 $\frac{3}{4}v$。碰撞时间极短，可不计重力的冲量，由动量定理，斜面对小球的冲量为 $I = m\left(\frac{3}{4}v\right) + mv$ ②

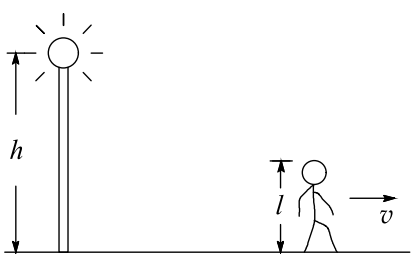
由①②得 $I = \frac{7}{2}mv_0$ ③



15. 一路灯距地面的高度为 h，身高为 l 的人以速度 v 匀速行走，如图所示。

(1) 试证明人的头顶的影子作匀速运动；

(2) 求人影的长度随时间的变化率。



(1) $OM=\frac{hv}{h-l}t$，因 OM 与时间成正比，故人头顶的影子作匀速运动； (2) $k=\frac{lv}{h-l}$。

（1）设 $t=0$ 时刻，人位于路灯的正下方 O 处，在时刻 t，人走到 s 处，根据题意有 $OS=vt$ ①

过路灯 P 和人头顶的直线与地面的交点 M 为 t 时刻人头顶影子的位置，如图所示，OM 为人头顶影子到 O 点的距离，由几何关系，有 $\frac{h}{OM}=\frac{l}{OM-OS}$ ②

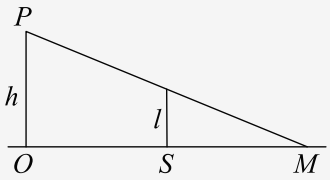
解①②得 $OM=\frac{hv}{h-l}t$ ③

因 OM 与时间成正比，故人头顶的影子作匀速运动。

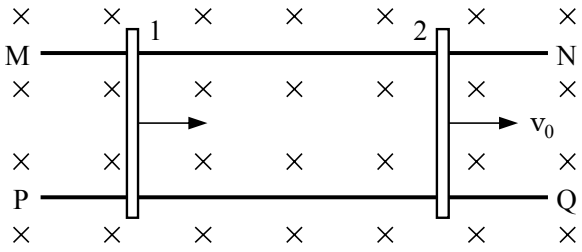
（2）由图可知，在时刻 t，人影的长度为 SM，由几何关系，有 $SM=OM-OS$ ④

由①③④式得 $SM=\frac{lv}{h-l}t$ ⑤

可见影长 SM 与时间 t 成正比，所以影长随时间的变化率 $k=\frac{lv}{h-l}$ ⑥



16. 如图，在水平面上有两条平行导电导轨 MN、PQ，导轨间距离为 l，匀强磁场垂直于导轨所在的平面（纸面）向里，磁感应强度的大小为 B，两根金属杆 1、2 摆在导轨上，与导轨垂直，它们的质量和电阻分别为 m_1、m_2 和 R_1、R_2，两杆与导轨接触良好，与导轨间的动摩擦因数为 μ，已知：杆 1 被外力拖动，以恒定的速度 v_0 沿导轨运动；达到稳定状态时，杆 2 也以恒定速度沿导轨运动，导轨的电阻可忽略，求此时杆 2 克服摩擦力做功的功率。



$P=\mu m_2 g\left[v_0-\frac{\mu m_2 g}{B^2l^2}(R_1+R_2)\right]$

解法一：设杆 2 的运动速度为 v，由于两杆运动时，两杆和导轨构成的回路的磁通量发生变化，产生感应电动势 $\varepsilon=Bl(v_0-v)$ ①

感应电流 $I=\frac{\varepsilon}{R_1+R_2}$ ②

杆 2 运动受到的安培力等于摩擦力 $BIl=\mu m_2 g$ ③

导体杆 2 克服摩擦力做功的功率 $P=\mu m_2 g v$ ④

解得 $P=\mu m_2 g\left[v_0-\frac{\mu m_2 g}{B^2 l^2}(R_1+R_2)\right]$ ⑤

解法二：以 F 表示拖动杆 1 的外力，I 表示回路的电流，达到稳定时，对杆 1 有 $F-\mu m_1 g-BIl=0$ ①

对杆 2 有 $BIl-\mu m_2 g=0$ ②

外力的功率 $P_F=Fv_0$ ③

以 P 表示杆 2 克服摩擦力做功的功率，则有 $P=P_F-I^2(R_1+R_2)-\mu m_1 g v_0$ ④

解得 $P=\mu m_2 g\left[v_0-\frac{\mu m_2 g}{B^2 l^2}(R_1+R_2)\right]$ ⑤

①②③④⑤各 3 分。

17. 某颗地球同步卫星正下方的地球表面上有一观察者，他用天文望远镜观察被太阳光照射的此卫星，试问，春分那天（太阳光直射赤道）在日落后 12 小时内有多长时间该观察者看不见此卫星？已知地球半径为 R，地球表面处的重力加速度为 g，地球自转周期为 T，不考虑大气对光的折射。

$t=\frac{T}{\pi}\arcsin\left(\frac{4\pi^2 R}{gT^2}\right)^{\frac{1}{3}}$

设所求的时间为 t，用 m、M 分别表示卫星和地球的质量，r 表示卫星到地心的距离，有 $G\frac{mM}{r^2}=mr\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$ ①

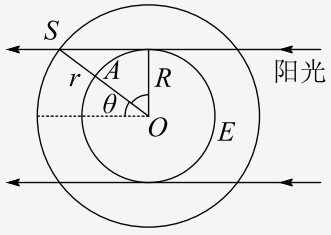
春分时，如图所示，圆 E 表示轨道，S 表示卫星，A 表示观察者，O 表示地心，由图可以看出当卫星 S 绕地心 O 转到图示位置以后（设地球自转是沿图中逆时针方向），其正下方的观察者将看不见它，据此再考虑对称性，有 $r\sin\theta=R$ ②

$t=\frac{2\theta}{2\pi}T$ ③

$G\frac{M}{R^2}=g$ ④

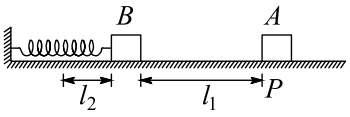
由以上各式解得 $t=\frac{T}{\pi}\arcsin\left(\frac{4\pi^2 R}{gT^2}\right)^{\frac{1}{3}}$ ⑤

①式 2 分，②式 5 分，③式 5 分，④式 1 分，⑤式 3 分。



18. 图中，轻弹簧的一端固定，另一端与滑块 B 相连，B 静止在水平导轨上，弹簧处在原长

状态。另一质量与 B 相同滑块 A，从导轨上的 P 点以某一初速度向 B 滑行，当 A 滑过距离 l_1 时，与 B 相碰，碰撞时间极短，碰后 A、B 紧贴在一起运动，但互不粘连。已知最后 A 恰好返回出发点 P 并停止。滑块 A 和 B 与导轨的滑动摩擦因数都为 μ，运动过程中弹簧最大形变量为 l_2，求 A 从 P 出发时的初速度 v_0。



$v_0 = \sqrt{\mu g(10l_1 + 16l_2)}$

令 A、B 质量皆为 m，A 刚接触 B 时的速度为 v_1（碰前），由功能关系有 $\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \mu mgl_1$ ①

A、B 碰撞过程中动量守恒，令碰后 A、B 共同运动的速度为 v_2，有 $mv_1 = 2mv_2$ ②

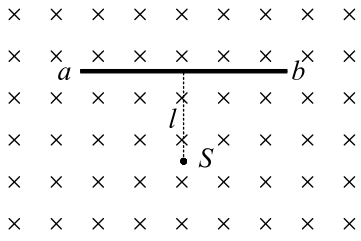
碰后，A、B 先一起向左运动，接着 A、B 一起被弹回，当弹簧恢复到原长时，设 A、B 的共同速度为 v_3，在这过程中，弹簧势能始末两态都相等，利用功能关系，有 $\frac{1}{2}(2m)v_2^2 - \frac{1}{2}(2m)v_3^2 = \mu(2m)g(2l_2)$ ③

此后 A、B 开始分离，A 单独向右滑到 P 点停下，由功能关系有 $\frac{1}{2}mv_3^2 = \mu mgl_1$ ④

由以上各式，解得 $v_0 = \sqrt{\mu g(10l_1 + 16l_2)}$ ⑤

①②式各 2 分，③式 6 分，④⑤式各 3 分。

19. 如图，真空室内存在匀强磁场，磁场方向垂直于纸面向里，磁感应强度的大小 $B = 0.60\,\mathrm{T}$，磁场内有一块平面感光板 ab，板面与磁场方向平行，在距 ab 的距离 $l = 16\,\mathrm{cm}$ 处，有一个点状的 α 放射源 S，它向各个方向发射 α 粒子，α 粒子的速度都是 $v = 3.0 \times 10^6\,\mathrm{m/s}$，已知 α 粒子的电荷与质量之比 $\frac{q}{m} = 5.0 \times 10^7\,\mathrm{C/kg}$，现只考虑在图纸平面中运动的 α 粒子，求 ab 上被 α 粒子打中的区域的长度。



20 cm

α 粒子带正电，故在磁场中沿逆时针方向做匀速圆周运动，用 R 表示轨道半径，有 $qvB = m\frac{v^2}{R}$ ①

由此得 $R = \frac{v}{(\frac{q}{m})B}$

代入数值得 $R = 10\,\mathrm{cm}$，可见 $2R > l > R$。

因朝不同方向发射的 α 粒子的圆轨迹都过 S，由此可知，某一圆轨迹在图中 N 左侧与 ab 相切，则此切点就是 α 粒子能打中的左侧最远点，为定出 P_1 点的位置，可作平行于 ab 的直线 cd，cd 到 ab 的距离为 R，以 S 为圆心，R 为半径，作弧交 cd 于 Q 点，过 Q 点作 ab 的垂线，它与 ab 的交点即为 P_1，由图中几何关系得 $NP_1 = \sqrt{R^2 - (l-R)^2}$ ②

再考虑 N 的右侧，任何 α 粒子在运动过程中离 S 的距离不可能超过 $2R$，以 $2R$ 为半径，S 为圆心作圆，交于 N 右侧的 P_2 点，此即右侧能打到的最远点。由图中几何关系得 $NP_2 = \sqrt{(2R)^2 - l^2}$ ③

所求长度为 $P_1P_2 = NP_1 + NP_2$ ④

代入数值 $P_1P_2 = 20\,\mathrm{cm}$ ⑤

①式 3 分，②③式各 5 分，④式 1 分，⑤式 3 分。

