2025 年贵州

1. 为测试人形机器人的稳定性和灵活性，让人形机器人按指令在一条直线上“跑步”，如图 a 所示。人形机器人在一段时间内的位置-时间图像如图 b 所示，设该机器人在 0 ~ 10 s 内的位移为 Δx_1、速度为 v_1，20 ~ 30 s 内的位移为 Δx_2、速度为 v_2，则 (D)



图 a

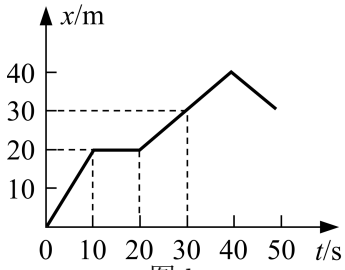


图 b

A. $\Delta x_1 < \Delta x_2$，$v_1 < v_2$　　B. $\Delta x_1 < \Delta x_2$，$v_1 > v_2$

C. $\Delta x_1 > \Delta x_2$，$v_1 < v_2$　　D. $\Delta x_1 > \Delta x_2$，$v_1 > v_2$

> 根据图像可知，0 ~ 10 s 内的位移为 $\Delta x_1 = 20\,\mathrm{m}$
>
> 速度为 $v_1 = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} = 2\,\mathrm{m/s}$
>
> 20 ~ 30 s 内的位移为 $\Delta x_2 = 30\,\mathrm{m} - 20\,\mathrm{m} = 10\,\mathrm{m}$
>
> 速度为 $v_2 = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2} = 1\,\mathrm{m/s}$
>
> 所以 $\Delta x_1 > \Delta x_2$，$v_1 > v_2$
>
> 故选 D。

2. 甲、乙两运动员在光滑水平冰面上进行滑冰训练。以速度 v_0 运动的甲推一下静止在其正前方的乙，刚分开时，甲、乙的运动方向与 v_0 的方向相同，且甲的速度为 $\frac{v_0}{3}$，则刚分开时，甲、乙的动量大小之比为 (C)

A. 3:1　　B. 2:1　　C. 1:2　　D. 1:3

> 根据 $p = mv$，设甲的初始动量为 p_0，则刚分开时，甲的末动量为 $\frac{1}{3}p_0$，甲的动量变化量大小为 $\Delta p = p_0 - \frac{1}{3}p_0 = \frac{2}{3}p_0$
>
> 根据动量守恒定律，甲、乙系统总动量守恒，乙与甲动量变化大小相等，乙的初动量为零，则刚分开时，乙的动量大小为 $\frac{2}{3}p_0$，所以甲、乙的动量大小之比为 1:2。
>
> 故选 C。

3. 天花板上有一发光的白炽灯，桌上有一盆水。某同学第一次透过偏振片观察白炽灯，如图 a 所示；第二次透过偏振片观察白炽灯在水中的倒影，如图 b 所示。在两次观察中，以所观察光的传播方向为轴旋转偏振片时，透过偏振片观察到 (C)

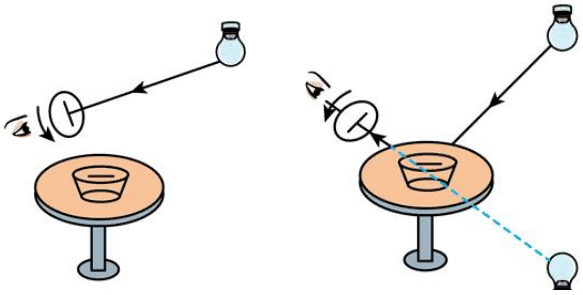


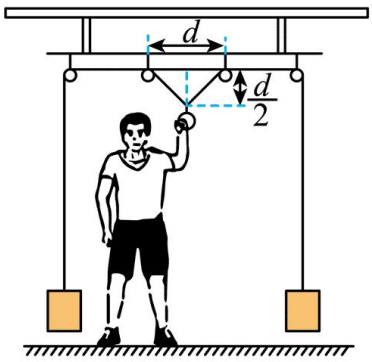
图 a 图 b

A. 白炽灯和倒影的亮度均变化 B. 白炽灯和倒影的亮度均不变

C. 白炽灯亮度不变，倒影亮度变化 D. 白炽灯亮度变化，倒影亮度不变

> 白炽灯发出的光为自然光，其振动方向均匀分布，所以第一次透过偏振片直接观察白炽灯，白炽灯亮度不变；而自然光通过水面反射后为部分偏振光，则第二次透过偏振片观察白炽灯在水中的倒影时，当旋转偏振片时，偏振片的透振方向与反射光的主要振动方向的夹角不断变化，所以倒影的亮度会发生变化。
>
> 故选 C。

4. 一不可伸长的轻绳跨过同一水平线上的定滑轮，中间两定滑轮的间距为 d，在绳中央固定有一轻质吊环，绳两端分别挂有质量均为 m 的配重物，配重物静止在地面上且绳恰好伸直。如图，某同学在健身时把吊环竖直向下缓慢拉 $\frac{d}{2}$ 的距离后保持静止，已知重力加速度大小为 g，不计摩擦及滑轮大小，则静止时该同学对吊环的拉力大小为 (A)

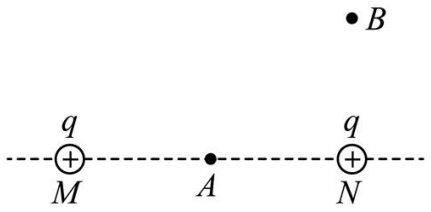


A. $\sqrt{2}mg$ B. mg C. $\frac{\sqrt{2}}{2}mg$ D. $\frac{1}{2}mg$

> 根据几何关系可知，吊环两边的细绳与竖直方向的夹角为 45°，则由平衡可知
>
> $F = 2T\cos 45°$
>
> 其中 $T = mg$，可得 $F = \sqrt{2}mg$
>
> 故选 A。

5. 如图，M 和 N 是在一直线上相距 L 的两点，A 是 MN 的中点，直线外的 B 点与 N 点相距 $\frac{L}{2}$。在 M、N 两点分别固定等量的正点电荷 q，选取无穷远处为零电势点，设

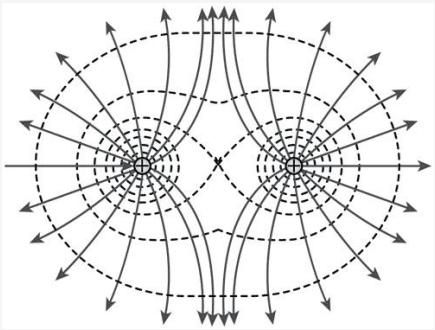
A、B 两点的电场强度大小分别为 E_A、E_B，电势分别为 φ_A、φ_B，则 (A)



A. $E_A < E_B$，$\varphi_A > \varphi_B$　　B. $E_A < E_B$，$\varphi_A < \varphi_B$

C. $E_A > E_B$，$\varphi_A > \varphi_B$　　D. $E_A > E_B$，$\varphi_A < \varphi_B$

根据 $E = k\frac{Q}{r^2}$，结合矢量合成可知，两电荷在 A 点产生场强等大反向，所以 $E_A = 0$。而两电荷在 B 点合场强不为零，所以 $E_A < E_B$。等量同种点电荷的电场分布，如图所示。



根据沿着电场线方向电势逐渐降低，可看出 $\varphi_A > \varphi_B$。

故选 A。

6. 一质量为 m 的人造卫星绕地球做轨道半径为 R 的匀速圆周运动。由于存在稀薄空气，经过一段时间后，卫星做圆周运动的轨道半径变为 kR。已知地球的质量为 M，引力常量为 G，则在该段时间内人造卫星所受力的合力做的功为 (B)

A. $\frac{GMm(k-1)}{2R}$　　B. $\frac{GMm(1-k)}{2kR}$　　C. $\frac{GMm(k-1)}{R}$　　D. $\frac{GMm(1-k)}{kR}$

根据动能定理，合外力做功等于物体动能的变化量，即 $W_{合} = \Delta E_{\mathrm{k}}$

卫星绕地球做匀速圆周运动时，万有引力提供向心力，由 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$

可得卫星动能 $E_{\mathrm{k}} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{GMm}{2r}$

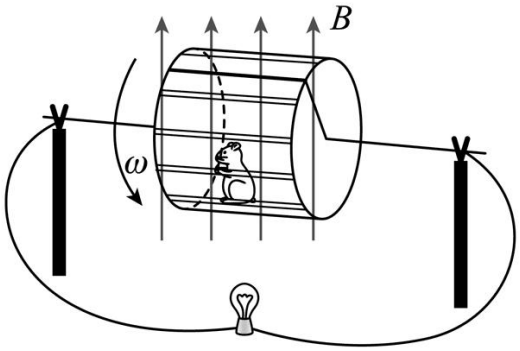
初态轨道半径为 R，初动能 $E_{\mathrm{k1}} = \frac{GMm}{2R}$

末态轨道半径为 kR，末动能 $E_{\mathrm{k2}} = \frac{GMm}{2kR}$

代入动能定理计算得 $W_{合} = \frac{GMm}{2kR} - \frac{GMm}{2R} = \frac{GMm(1-k)}{2kR}$

故选 B。

7. 某同学将一底面半径为 r、高为 L 的圆柱形绝缘竹笼改造成仓鼠玩具。如图，在竹笼柱面上平行于轴线固定有一长为 L 的轻质金属棒，其两端通过导线连接一电阻为 R 的小灯泡，竹笼所在区域存在竖直向上、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场。若仓鼠在竹笼中奔跑时，竹笼绕水平中轴线以角速度 ω 匀速转动，小灯泡电阻视为不变，不计其他电阻，则竹笼转动一圈小灯泡消耗的电能为 (B)



A. $\frac{2\pi\omega B^2L^2r^2}{R}$　　B. $\frac{\pi\omega B^2L^2r^2}{R}$　　C. $\frac{\pi\omega B^2L^4}{2R}$　　D. $\frac{\pi\omega B^2r^4}{2R}$

根据正弦式交流电产生原理可知，交流电最大值为 $E_m = BLr\omega$

电压有效值为 $U = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$

竹笼转动一圈小灯泡消耗的电能为 $E = \frac{U^2}{R} \times \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\pi\omega B^2L^2r^2}{R}$

故选 B。

8. 观测分子云中的 CO 射电谱线对我们理解恒星的诞生、星际物质循环等具有重要意义。我国正在开展的第二期“银河画卷”巡天项目中，观测 $^{12}C^{16}O$、$^{13}C^{16}O$、$^{12}C^{18}O$ 同位素分子辐射出的电磁波的频率如表所示。下列说法正确的是 (BD)

CO 同位素分子	频率/（10^{11} Hz）
$^{12}C^{16}O$	1.153
$^{13}C^{16}O$	1.102
$^{12}C^{18}O$	1.098

A. $^{12}C^{18}O$ 比 $^{12}C^{16}O$ 多两个质子　　B. $^{13}C^{16}O$ 比 $^{12}C^{16}O$ 多一个中子

C. $^{12}C^{16}O$ 辐射出的光子的能量最小　　D. $^{12}C^{16}O$ 辐射出的电磁波的波长最短

A．$^{12}C^{18}O$ 和 $^{12}C^{16}O$ 中 C 均为 ^{12}C，质子数均为 6，氧的质子数均为 8，两者分子总质子数均为 $6+8=14$，质子数相等，故 A 错误；

B．^{13}C 中子数为 $13-6=7$，^{12}C 中子数为 $12-6=6$，^{13}C 比 ^{12}C 多 1 个中子，两者的 O 均为 ^{16}O，中子数相同，故 $^{13}C^{16}O$ 总中子数比 $^{12}C^{16}O$ 多 1，故 B 正确；

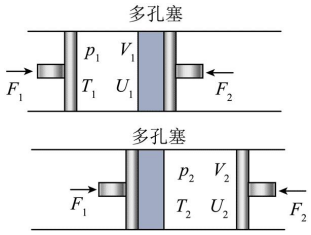
C．光子能量公式为 $E = h\nu$，由表格可知 $^{12}C^{16}O$ 的辐射频率最大，对应光子能量最

大，故 C 错误；

D．电磁波波长与频率关系为 $\lambda=\frac{c}{\nu}$，频率越大波长越短，$^{12}C^{16}O$ 频率最大，故波长最短，故 D 正确。

故选 BD。

9. 如图，在固定的绝热气缸中固定一多孔塞，其两侧各有一绝热活塞。开始时，多孔塞左侧有一定质量的理想气体，其状态参量为 p_1、V_1、T_1，内能为 U_1，右侧活塞紧靠多孔塞。在外力 F_1 作用下，左侧气体在压强 p_1 不变的条件下缓慢通过多孔塞流向右侧，右侧气体压强因外力 F_2 作用始终为 p_2。当气体全部流入右侧后，其状态参量为 p_2、V_2、T_2，内能为 U_2。已知 $p_1>p_2$，$\frac{U_1}{T_1}=\frac{U_2}{T_2}$，不计活塞与气缸间的摩擦，装置密闭性良好，则 (AC)



A. 整个过程中左侧活塞对气缸中气体做功为 p_1V_1

B. 整个过程中气缸中气体对右侧活塞做功为 p_1V_2

C. $U_1+p_1V_1=U_2+p_2V_2$

D. $T_1<T_2$

A．气体缓慢通过多孔塞，设圆柱的横截面积为 S，所以整个过程中左侧活塞对气缸中气体做功为 $W=F_1L_1=p_1SL_1=p_1V_1$，故 A 正确；

B．同理，整个过程中气缸中气体对右侧活塞做功为 $W'=p_2\Delta V=p_2V_2$，故 B 错误；

C．固定的绝热气缸两侧有绝热活塞，该系统为绝热系统即 $Q=0$，根据热力学第一定律可知 $\Delta U=W$

即 $U_2-U_1=p_1V_1+(-p_2V_2)$

整理得 $U_1+p_1V_1=U_2+p_2V_2$，故 C 正确；

D．内能与温度成正比 $U_1=kT_1$，$U_2=kT_2$

根据 $\frac{pV}{T}=C$ 得 $p_1V_1=CT_1$，$p_2V_2=CT_2$

代入方程 $U_1+p_1V_1=U_2+p_2V_2$

得 $kT_1+CT_1=kT_2+CT_2$

两边约掉 $(k+C)$ 得 $T_1=T_2$，故 D 错误。

故选 AC。

10. 如图 a，一竖直固定的透明塑料管内固定有 6 个小磁铁，相邻磁铁同极靠近、间距很小，取距离最上端的小磁铁 S 极 0.15 m 处为坐标原点 O，y 轴正方向竖直向下。将一内径略大于塑料管外径的金属环套在塑料管上，在 O 点处由静止释放，金属环的速度一位置图像如图 b 所示。已知金属环的质量为 35.9 g，取重力加速度大小为 10 m/s^2，不计摩擦和空气阻力，则下落过程中，金属环 (AC)

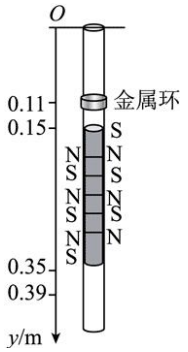


图 a

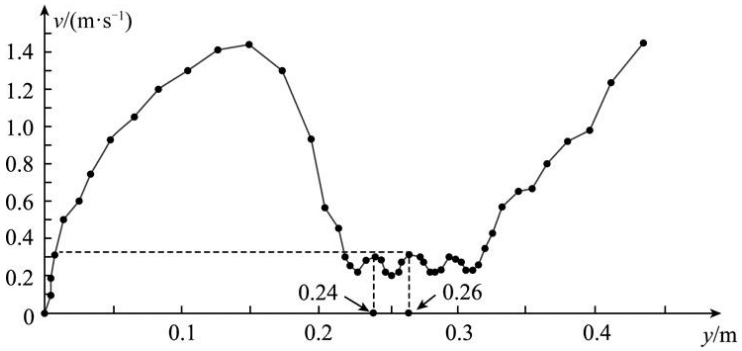


图 b

A. 在 $0.11 \le y \le 0.15$ m 内所受安培力方向竖直向上

B. 在 $0.35 \le y \le 0.39$ m 内所受安培力方向竖直向下

C. 在 $0.24 \le y \le 0.26$ m 内克服安培力做的功为 7.18×10^{-3} J

D. 在 $0.11 \le y \le 0.15$ m 内感应电流方向为顺时针方向（从上向下看）

AD．在 $0.11 \le y \le 0.15$ m 内，由图（a）可知，穿过金属环的磁通量向下增大，根据楞次定律可知，感应电流产生的磁场方向向上，由安培定则可知，感应电流方向为逆时针方向（从上向下看）；根据楞次定律“来拒去留”推论可知，金属环所受安培力方向竖直向上，故 A 正确，D 错误；

B．在 $0.35 \le y \le 0.39$ m 内，穿过金属环的磁通量向上减小，根据楞次定律结合安培定则可知，感应电流方向为逆时针（从上向下看），根据楞次定律“来拒去留”推论可知，金属环所受安培力方向竖直向上，故 B 错误；

C. 由图（b）可知，在 $0.24 \le y \le 0.26$ m 内金属环的动能变化为 0，根据动能定理可得 $mgh - W = 0$，可得克服安培力做的功为 $W = mgh = 35.9\times10^{-3}\times10\times(0.26-0.24)$ J $= 7.18 \times 10^{-3}$ J，故 C 正确。

故选 AC。

11. 在“探究平抛运动的特点”实验中，某同学使用视频分析软件提取小球运动的位置数据。所用器材有高速摄像机、小钢球、斜槽轨道、铅垂线、刻度尺等。

请完成下列步骤：

(1) 固定斜槽轨道并使其末端 水平。

(2) 在斜槽轨道上某位置释放小钢球，用摄像机录制小钢球的运动过程。

(3) 通过视频分析，提取一段时间内每隔 0.05 s 小钢球的位置，测量得到小钢球相邻两个位置的水平间距 Δx 和竖直间距 Δy 如下表所示：

$\Delta x/\,\mathrm{m}$	0.0517	0.0514	0.0505	0.0504
$\Delta y/\,\mathrm{m}$	0.0975	0.1217	0.1465	0.1704

经初步分析，可判断小钢球在水平方向做匀速直线运动、竖直方向做匀变速直线运动。充分利用数据计算得小钢球的水平方向速度大小为 1.02 m/s、竖直方向加速度大小为 9.77 $\mathrm{m/s^2}$。（结果均保留 2 位小数）

(1) 水平　(2) （本步骤无作答内容）　(3) 1.02（1.01 或 1.03），9.77

（1）固定斜槽轨道并使其末端水平，以保证小球做平抛运动；

（3）由表中数据可知，水平位移的平均值为 $x=\frac{0.0517+0.0514+0.0505+0.0504}{4}\,\mathrm{m}=0.051\,\mathrm{m}$

小钢球的水平方向速度大小 $v_0=\frac{x}{T}=\frac{0.051}{0.05}\,\mathrm{m/s}=1.02\,\mathrm{m/s}$

竖直方向根据 $\Delta y'=gT^2$，结合逐差法可得

$g=\frac{(\Delta y_4+\Delta y_3)-(\Delta y_2+\Delta y_1)}{4T^2}=\frac{(0.1704+0.1465)-(0.1217+0.0975)}{4\times0.05^2}\,\mathrm{m/s^2}=9.77\,\mathrm{m/s^2}$

12. 某实验小组为测量粗细均匀的铅笔芯单位长度电阻及电压表的内阻，选用的器材有：

待测铅笔芯；

电源 E（电动势 1.5 V，内阻不计）；

毫安表 A（内阻约 10 Ω，量程 0 ~ 100 mA）；

电压表 V（内阻约几百欧，量程 0 ~ 1 V）；

滑动变阻器（阻值 0 ~ 20 Ω）；

刻度尺；开关；导线若干。

请完成下列步骤：

(1) 该小组设计了如图 a 所示的电路图。根据图 a 在答题卡上完成图 b 中的实物图连线。

(2) 闭合开关 S 前，应将滑动变阻器的滑片调到 B 端（填“A”或“B”）。

(3) 移动滑动触头 P 到铅笔芯上的某位置，测量铅笔芯接入电路部分的长度 x；闭合 S，移动滑动变阻器的滑片使毫安表示数 $I_0=50.0\,\mathrm{mA}$，读出此时电压表的示数 U，断开 S。

(4) 重复步骤（3），得到多组 $I_0 = 50.0\,\text{mA}$ 条件下不同 x 对应的 U，如下表所示。表中电压的某个数据记录有误，有误的数据是 0.4。

$x/\,\text{cm}$	3.00	4.00	6.00	10.00	14.00
$U/\,\text{V}$	0.13	0.18	0.26	0.4	0.57

(5) 实验小组更正表中的数据后，计算出 $\frac{1}{x}$ 和 $\frac{1}{U}$ 的值，并以 $\frac{1}{x}$ 为横坐标、$\frac{1}{U}$ 为纵坐标对其进行线性拟合，得到直线的斜率 $k = 0.23\,\text{m}\cdot\text{V}^{-1}$，纵轴截距 $b = 0.06\,\text{V}^{-1}$。计算出该铅笔芯单位长度（1 m）的电阻为 87 Ω，电压表的内阻为 333 Ω。（结果均保留至整数）

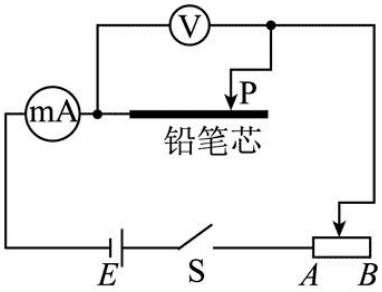


图 a

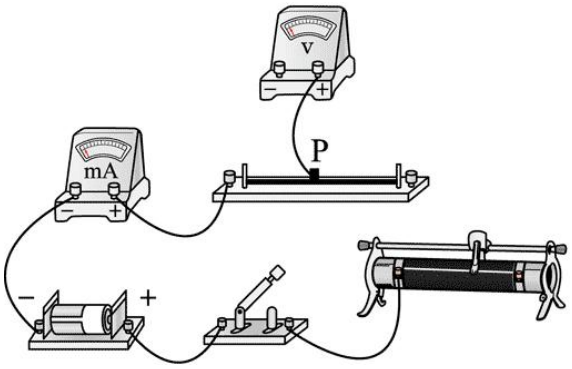
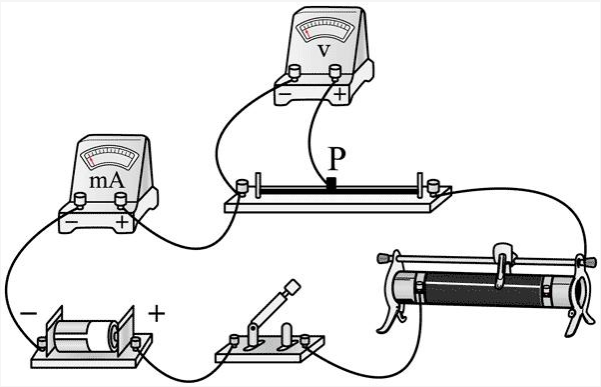


图 b

(1) （连线图见详解） (2) B (3) （本步骤无作答内容） (4) 0.4 (5) 87，333

（1）根据电路图描绘实物图如下



（2）滑动变阻器限流式连接，闭合开关 S 前，应将滑动变阻器的滑片调到 B 端使回路电阻最大。

（4）表格中电压表的读数均为保留两位小数，电压有误的数据是 0.4 V，应为 0.40 V。

（5）设该铅笔芯单位长度（1 m）的电阻为 R_0，根据电路图可知

$U = (I_0 - \frac{U}{R_\text{V}})R_x = (I_0 - \frac{U}{R_\text{V}}) \times xR_0$

整理得 $\frac{1}{U} = \frac{1}{x} \cdot \frac{1}{I_0 R_0} + \frac{1}{I_0 R_\text{V}}$

已知 $k=\frac{1}{I_0R_0}=0.23\,\mathrm{m}\cdot\mathrm{V}^{-1}$，$b=\frac{1}{I_0R_\mathrm{V}}=0.06\,\mathrm{V}^{-1}$

计算得 $R_0=87\,\Omega$，$R_\mathrm{V}=333\,\Omega$

13. 贵州黎平的肇兴侗寨有“鼓楼之乡”的美誉，图 a 的建筑群展示了精湛的传统鼓楼木构技艺。为保护鼓楼等传统木质建筑，可采用超声横波法进行无损检测，获得其弹性模量等力学参数，从而采取相应的保护措施。在某次检测中，有一列简谐横波在木材中沿 x 轴传播，$t=0$ 时刻的波形图如图 b 所示，位于 x 轴上的质点 P 的振动图像如图 c 所示。求：



图 a

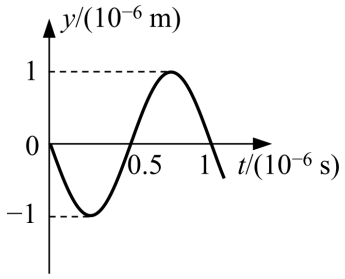


图 c

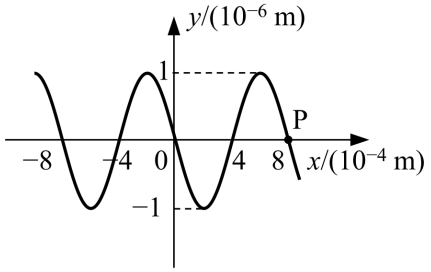


图 b

(1) 波在木材中的传播方向及速度；

(2) 在 $0\sim3\times10^{-6}\,\mathrm{s}$ 时间内，质点 P 运动的路程。

(1) 传播方向沿 x 轴负方向，$800\,\mathrm{m/s}$　(2) $1.2\times10^{-5}\,\mathrm{m}$

（1）由 P 点的振动图像可知，$t=0$ 时刻质点 P 在平衡位置沿 y 轴负向振动，结合波形图可知，波传播方向沿 x 轴负方向；

根据波形图可知波长 $\lambda=8\times10^{-4}\,\mathrm{m}$，根据振动图像可知周期 $T=1\times10^{-6}\,\mathrm{s}$。

波在木材中的传播速度 $v=\frac{\lambda}{T}=800\,\mathrm{m/s}$

（2）时间关系 $3\times10^{-6}\,\mathrm{s}=3T$，可知 $0\sim3\times10^{-6}\,\mathrm{s}$ 时间内，质点 P 完成了 3 个全振动，故其运动的路程 $s=3\times4A=12\times1\times10^{-6}\,\mathrm{m}=1.2\times10^{-5}\,\mathrm{m}$

14. 杵臼是我国古代加工谷物的重要工具，在《诗经 · 大雅》中有明确记载。使用杵臼的示意图如图 a 所示，舂捣臼中谷物时，手紧握质量为 m 的石杵（石杵与谷物接触但未陷入），对其施加一竖直向上的恒力 F_1 使其上升，作用一段时间 t_1 后松手，松手后不考

虑手与石杵的作用力。当石杵上升到最高点时，手再次紧握石杵并对其施加一竖直向下的作用力 F_2，其大小随下降距离 x 的变化关系如图 b 所示，图中 F_m 为 F_2 的最大值。石杵接触谷物时松手，松手后不考虑手与石杵的作用力，再经过 Δt 时间石杵静止，完成一次舂捣。已知 $m=2.5\,\mathrm{kg}$，$F_1=\frac{200}{7}\,\mathrm{N}$，$F_m=50\,\mathrm{N}$，$t_1=0.7\,\mathrm{s}$，$\Delta t=0.025\,\mathrm{s}$，取重力加速度大小 $g=10\,\mathrm{m/s^2}$。求：

(1) 石杵上升的最大高度 h_0 及上升过程所用的时间；

(2) Δt 时间内石杵对谷物的平均作用力大小。



图 a

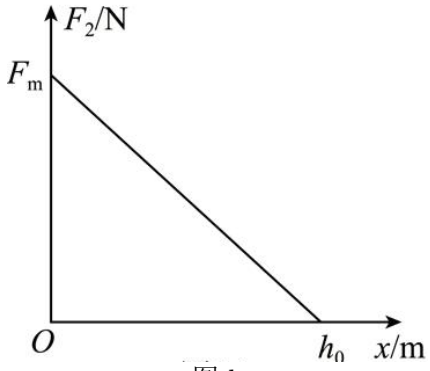


图 b

(1) 0.4 m，0.8 s　(2) 425 N

（1）对石杵施加一竖直向上的恒力 F_1，当作用时间为 t_1 的过程中的加速度

$a=\frac{F_1-mg}{m}=\frac{10}{7}\,\mathrm{m/s^2}$

此时的速度 $v_1=at_1=1\,\mathrm{m/s}$

上升的位移 $h_1=\frac{v_1}{2}t_1=0.35\,\mathrm{m}$

撤去 F_1 后还能上升的高度 $h_2=\frac{v_1^2}{2g}=0.05\,\mathrm{m}$

还能上升的时间 $t_2=\frac{v_1}{g}=0.1\,\mathrm{s}$

石杵上升的最大高度 $h_0=h_1+h_2=0.4\,\mathrm{m}$

上升过程所用的时间 $t_0=t_1+t_2=0.8\,\mathrm{s}$

（2）根据图像，石杵下落过程中 F_2 对石杵做功为

$W=\frac{1}{2}F_mh_0=\frac{1}{2}\times 50\times 0.4\,\mathrm{J}=10\,\mathrm{J}$

当到达石杵接触谷物时由动能定理

$W+mgh_0=\frac{1}{2}mv_2^2$

解得 $v_2=4\,\mathrm{m/s}$

石杵与谷物作用的过程，对石杵由动量定理（向上为正）$(F-mg)\Delta t=0-(-mv_2)$

解得 $F = 425\,\mathrm{N}$

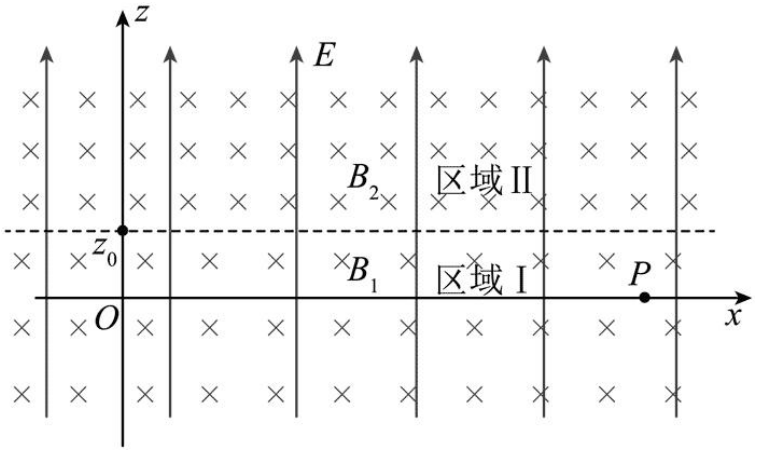
根据牛顿第三定律可知，石杵对谷物的平均作用力大小 $425\,\mathrm{N}$。

15. 如图，建立直角坐标系 $O-xyz$，x 轴正方向水平向右，y 轴正方向垂直纸面向里（y 轴未画出），z 轴正方向竖直向上。空间中存在方向竖直向上的匀强电场，在 $z \le z_0$ 的区域 I 和 $z > z_0$ 的区域 II 中均存在方向垂直纸面向里的匀强磁场，区域 I 的磁感应强度大小为 B_1，区域 II 的磁感应强度大小 B_2 未知。有一带正电荷的粒子，质量为 m、电荷量为 q，以速率 v 从 O 点沿 x 轴正方向射出后，在区域 I 、II 中均可做匀速圆周运动，且恰好能经过 x 轴上的 P 点，P 点坐标为（$\frac{16v^2}{5g}$，0，0）。已知 $z_0 = \frac{2v^2}{5g}$，$B_1 = \frac{mg}{qv}$，g 为重力加速度。

(1) 求电场强度大小 E 及该粒子第一次经过 $z = z_0$ 平面时的位置对应的 x 坐标值；

(2) 求粒子从 O 点到 P 点的运动时间最短时区域 II 的磁感应强度大小 B_2；

(3) 若仅将匀强电场的方向改为沿 y 轴正向，该粒子仍以速率 v 从 O 点沿 x 轴正方向射出，求该粒子的轨迹方程。

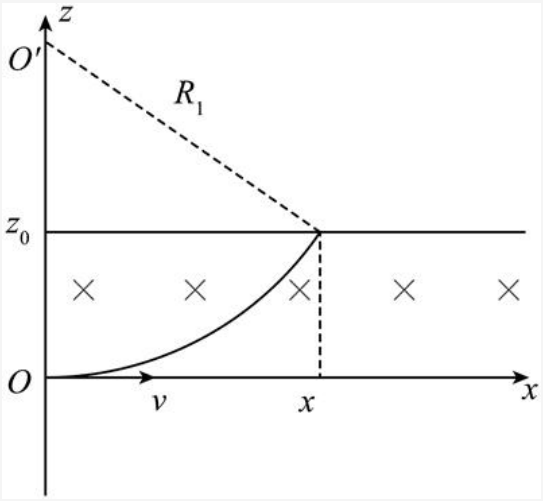


(1) $E = \frac{mg}{q}$，$x = \frac{4v^2}{5g}$　(2) $B_2 = \frac{3mg}{qv}$　(3) $y = \frac{gx^2}{2v^2}$

（1）由题意可知，粒子受到重力、洛伦兹力和电场力做匀速圆周运动，可以判断粒子受到的电场力与重力平衡，则有 $Eq = mg$

解得 $E = \frac{mg}{q}$

粒子在 I 区做匀速圆周运动，运动轨迹如图所示



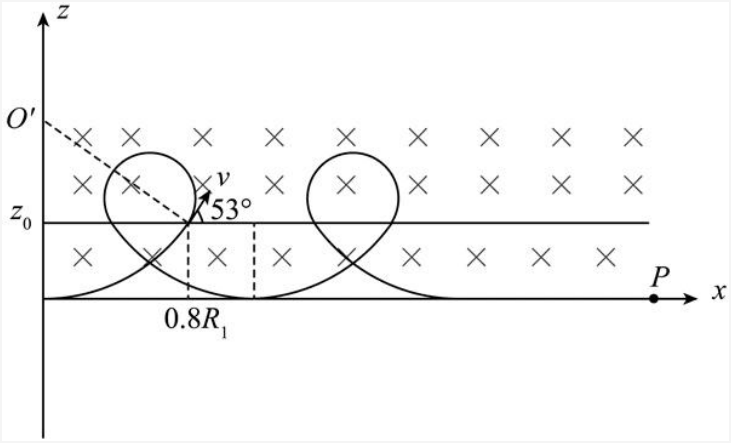
根据洛伦兹力提供向心力有 $qvB_1 = m\frac{v^2}{R_1}$

解得 $R_1 = \frac{v^2}{g}$

又根据几何关系有 $x^2 + (R_1 - z_0)^2 = R_1^2$

解得 $x = \frac{4v^2}{5g}$

（2）粒子做匀速圆周运动，可能的运动轨迹如图所示



设粒子进入 B_2 磁场中速度方向与磁场分界面成 θ 角，根据几何关系有 $\cos(90° - \theta) = \frac{x}{R_1}$

解得 $\theta = 53°$

设粒子在 B_2 磁场中运动的轨道半径为 R_2，根据圆周运动轨迹可知粒子运动到 P 点应满足

$n(2R_1 \sin\theta - 2R_2 \sin\theta) = \frac{16v^2}{5g}$

当 n 取最小值时，运动时间最短。结合上图分析，可知带电粒子在 B_2 磁场中至少绕 3 次才能到达 P 点，环绕的次数越少，用时越短，即 $n = 3$ 时所用的时间最短，则有

$3\times(2R_1\sin\theta-2R_2\sin\theta)=\frac{16v^2}{5g}$

解得 $R_2=\frac{v^2}{3g}$

根据洛伦兹力提供向心力有 $qvB_2=m\frac{v^2}{R_2}$

解得 $B_2=\frac{3mg}{qv}$

（3）若将电场方向改为 y 轴方向正方向，由受力分析，粒子受到沿 z 轴正方向的洛伦兹力、沿 z 轴负方向的重力、沿 y 轴正方向的电场力，则粒子在 I 区受到的洛伦兹力大小为

$f=qvB_1=mg$

正好与重力相平衡，所以粒子在 y 轴正方向做匀加速直线运动，有 $y=\frac{1}{2}at^2$

根据牛顿第二定律有 $Eq=ma$

解得 $a=g$

粒子在 x 轴正方向做匀速直线运动，有 $x=vt$

联立解得 $y=\frac{gx^2}{2v^2}$