

2021 年河北省普通高中学业水平选择性考试

物理

注意事项:

1. 答卷前, 考生务必将自己的姓名、考生号、考场号、座位号填写在答题卡上.
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: 本题共 7 小题, 每小题 4 分, 共 28 分. 在每小题给出的四个选项中, 只有一项是符合题目要求的.

1. 银河系中存在大量的铝同位素 ^{26}Al , ^{26}Al 核 β 衰变的衰变方程为 $^{26}_{13}\text{Al} \rightarrow ^{26}_{12}\text{Mg} + {}^0_1\text{e}$,

测得 ^{26}Al 核的半衰期为 72 万年, 下列说法正确的是 ()

- A. ^{26}Al 核的质量等于 ^{26}Mg 核的质量
- B. ^{26}Al 核的中子数大于 ^{26}Mg 核的中子数
- C. 将铝同位素 ^{26}Al 放置在低温低压的环境中, 其半衰期不变
- D. 银河系中现有的铝同位素 ^{26}Mg 将在 144 万年后全部衰变为 ^{26}Mg

2. 铯原子钟是精确的计时仪器, 图 1 中铯原子从 O 点以 100m/s 的初速度在真空中做平抛运动, 到达竖直平面 MN 所用时间为 t_1 ; 图 2 中铯原子在真空中从 P 点做竖直上抛运动, 到达最高点 Q 再返回 P 点, 整个过程所用时间为 t_2 , O 点到竖直平面 MN 、 P 点到 Q 点的距离均为 0.2m , 重力加速度取 $g = 10\text{m/s}^2$, 则 $t_1:t_2$ 为 ()

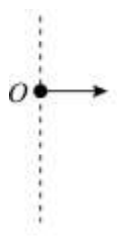


图1

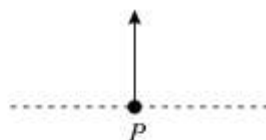


图2

- A. $100:1$
- B. $1:100$
- C. $1:200$
- D. $200:1$

3. 普朗克常量 $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$, 光速为 c , 电子质量为 m_e , 则 $\frac{h}{m_e c}$ 在国际单位制下

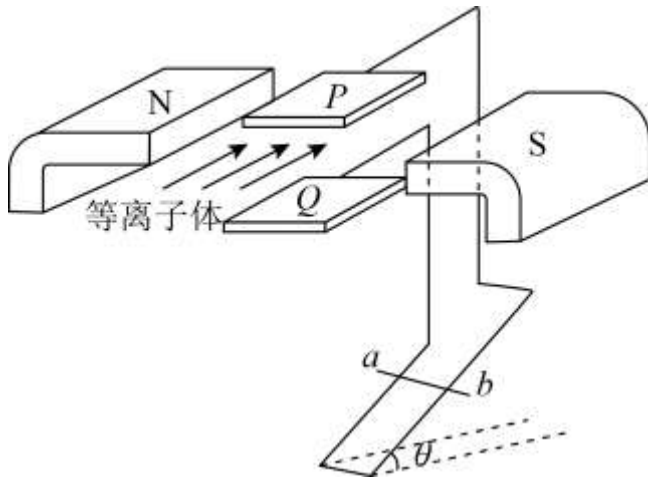
的单位是（ ）

- A. J/s B. m C. J·m D. m/s

4. “祝融号”火星车登陆火星之前，“天问一号”探测器沿椭圆形的停泊轨道绕火星飞行，其周期为2个火星日，假设某飞船沿圆轨道绕火星飞行，其周期也为2个火星日，已知一个火星日的时长约为一个地球日，火星质量约为地球质量的0.1倍，则该飞船的轨道半径与地球同步卫星的轨道半径的比值约为（ ）

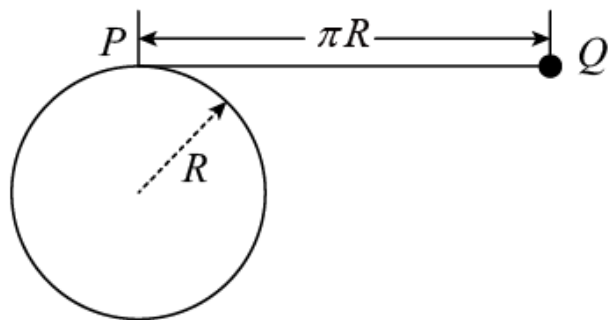
- A. $\sqrt[3]{4}$ B. $\sqrt[3]{\frac{1}{4}}$ C. $\sqrt[3]{\frac{5}{2}}$ D. $\sqrt[3]{\frac{2}{5}}$

5. 如图，距离为 d 的两平行金属板 P 、 Q 之间有一匀强磁场，磁感应强度大小为 B_1 ，一束速度大小为 v 的等离子体垂直于磁场喷入板间，相距为 L 的两光滑平行金属导轨固定在与导轨平面垂直的匀强磁场中，磁感应强度大小为 B_2 ，导轨平面与水平面夹角为 θ ，两导轨分别与 P 、 Q 相连，质量为 m 、电阻为 R 的金属棒 ab 垂直导轨放置，恰好静止，重力加速度为 g ，不计导轨电阻、板间电阻和等离子体中的粒子重力，下列说法正确的是（ ）



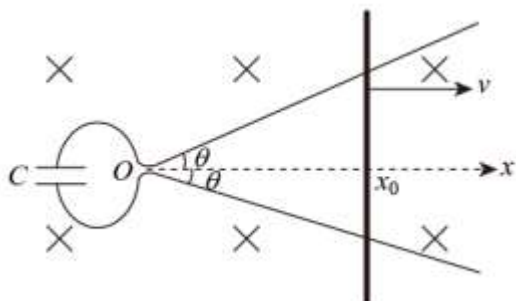
- A. 导轨处磁场的方向垂直导轨平面向上， $v = \frac{mgR \sin \theta}{B_1 B_2 L d}$
- B. 导轨处磁场的方向垂直导轨平面向下， $v = \frac{mgR \sin \theta}{B_1 B_2 L d}$
- C. 导轨处磁场 方向垂直导轨平面向上， $v = \frac{mgR \tan \theta}{B_1 B_2 L d}$
- D. 导轨处磁场的方向垂直导轨平面向下， $v = \frac{mgR \tan \theta}{B_1 B_2 L d}$

6. 一半径为 R 的圆柱体水平固定，横截面如图所示，长度为 πR 、不可伸长的轻细绳，一端固定在圆柱体最高点 P 处，另一端系一个小球，小球位于 P 点右侧同一水平高度的 Q 点时，绳刚好拉直，将小球从 Q 点由静止释放，当与圆柱体未接触部分的细绳竖直时，小球的速度大小为（重力加速度为 g ，不计空气阻力）（ ）



- A. $\sqrt{(2+\pi)gR}$ B. $\sqrt{2\pi gR}$ C. $\sqrt{2(1+\pi)gR}$ D. $2\sqrt{gR}$

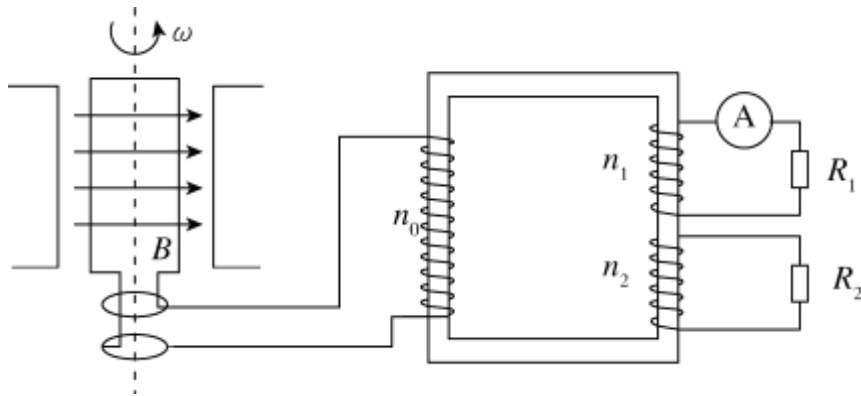
7. 如图，两光滑导轨水平放置在竖直向下的匀强磁场中，磁感应强度大小为 B ，导轨间距最窄处为一狭缝，取狭缝所在处 O 点为坐标原点，狭缝右侧两导轨与 x 轴夹角均为 θ ，一电容为 C 的电容器与导轨左端相连，导轨上的金属棒与 x 轴垂直，在外力 F 作用下从 O 点开始以速度 v 向右匀速运动，忽略所有电阻，下列说法正确的是（ ）



- A. 通过金属棒的电流为 $2BCv^2 \tan \theta$
 B. 金属棒到达 x_0 时，电容器极板上的电荷量为 $BCvx_0 \tan \theta$
 C. 金属棒运动过程中，电容器的上极板带负电
 D. 金属棒运动过程中，外力 F 做功的功率恒定

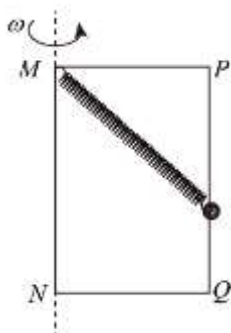
二、多项选择题：本题共 3 小题，每小题 6 分，共 18 分。在每小题给出的四个选项中，有两个或两个以上选项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

8. 如图，发电机 矩形线圈长为 $2L$ 、宽为 L ，匝数为 N ，放置在磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中，理想变压器的原、副线圈匝数分别为 n_0 、 n_1 和 n_2 ，两个副线圈分别接有电阻 R_1 和 R_2 ，当发电机线圈以角速度 ω 匀速转动时，理想电流表读数为 I ，不计线圈电阻，下列说法正确的是（ ）



- A. 通过电阻 R_2 的电流为 $\frac{n_1 I}{n_2}$
- B. 电阻 R_2 两端的电压为 $\frac{n_2 I R_1}{n_1}$
- C. n_0 与 n_1 的比值为 $\frac{\sqrt{2} N B L^2 \omega}{I R_1}$
- D. 发电机的功率为 $\frac{\sqrt{2} N B L^2 \omega I (n_1 + n_2)}{n_0}$

9. 如图，矩形金属框 $MNQP$ 竖直放置，其中 MN 、 PQ 足够长，且 PQ 杆光滑，一根轻弹簧一端固定在 M 点，另一端连接一个质量为 m 的小球，小球穿过 PQ 杆，金属框绕 MN 轴分别以角速度 ω 和 ω' 匀速转动时，小球均相对 PQ 杆静止，若 $\omega' > \omega$ ，则与以 ω 匀速转动时相比，以 ω' 匀速转动时（ ）

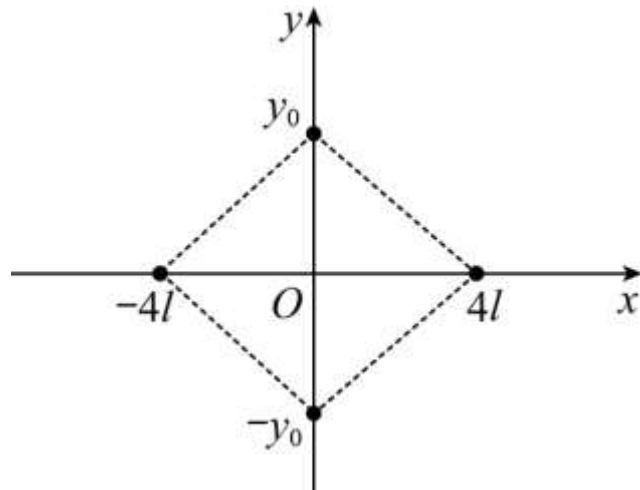


- A. 小球的高度一定降低
- B. 弹簧弹力的大小一定不变

C. 小球对杆压力的大小一定变大

D. 小球所受合外力的大小一定变大

10. 如图，四个电荷量均为 q ($q > 0$) 的点电荷分别放置于菱形的四个顶点，其坐标分别为 $(4l, 0)$ 、 $(-4l, 0)$ 、 $(0, y_0)$ 和 $(0, -y_0)$ ，其中 x 轴上的两个点电荷位置固定， y 轴上的两个点电荷可沿 y 轴对称移动 ($y_0 \neq 0$)，下列说法正确的是 ()



A. 除无穷远处之外，菱形外部电场强度处处不为零

B. 当 y_0 取某值时，可使得菱形内部只存在两个电场强度为零点

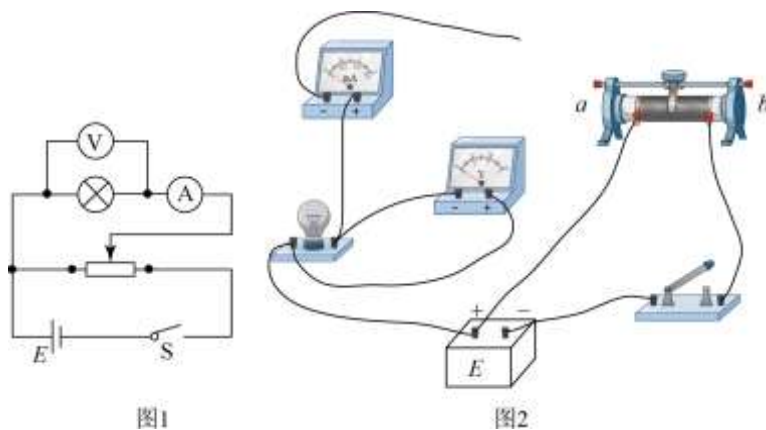
C. 当 $y_0 = 8l$ 时，将一带负电的试探电荷由点 $(4l, 5l)$ 移至点 $(0, -3l)$ ，静电力做正功

D. 当 $y_0 = 4l$ 时，将一带负电的试探电荷放置在点 (l, l) 处，其所受到的静电力方向与 x 轴正方向成 45° 倾斜向上

三、非选题：共 54 分。第 11~14 题为必考题，每个试题考生都必须作答。第 15~16 题为选考题，考生根据要求作答。

(一) 必考题：共 62 分。

11. 某同学研究小灯泡的伏安特性，实验室提供的器材有：小灯泡 (6.3V ， 0.15A)，直流电源 (9V)，滑动变阻器，量程合适的电压表和电流表，开关和导线若干，设计的电路如图 1 所示。



(1) 根据图 1，完成图 2 中的实物连线_____；

(2) 按照图 1 连线后，闭合开关，小灯泡闪亮一下后熄灭，观察发现灯丝被烧断，原因可能是_____（单项选择，填正确答案标号）；

A. 电流表短路

B. 滑动变阻器的滑片接触不良

C. 滑动变阻器滑片的初始位置在 b 端

(3) 更换小灯泡后，该同学正确完成了实验操作，将实验数据描点作图，得到 $I-U$ 图像，其中一部分如图 3 所示，根据图像计算出 P 点对应状态下小灯泡的电阻为_____ Ω （保留三位有效数字）。

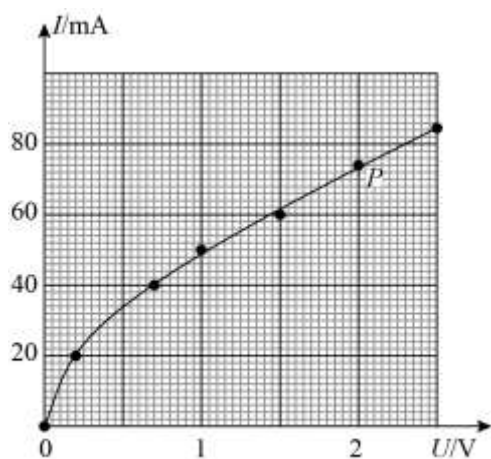


图3

12. 某同学利用图 1 中的实验装置探究机械能变化量与力做功的关系，所用器材有：一端带滑轮的长木板、轻细绳、50g 的钩码若干、光电门 2 个、数字计时器、带遮光条的滑块（质量为 200g，其上可放钩码）、刻度尺，当地重力加速度为 9.80m/s^2 ，实验操作步骤如下：

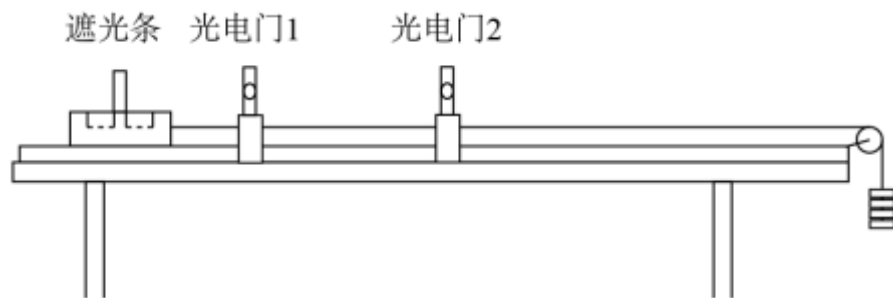


图1

- ①安装器材，调整两个光电门距离为50.00cm，轻细绳下端悬挂4个钩码，如图1所示；
- ②接通电源，释放滑块，分别记录遮光条通过两个光电门的时间，并计算出滑块通过两个光电门的速度；
- ③保持最下端悬挂4个钩码不变，在滑块上依次增加一个钩码，记录滑块上所载钩码的质量，重复上述步骤；
- ④完成5次测量后，计算出每次实验中滑块及所载钩码的总质量 M 、系统（包含滑块、滑块所载钩码和轻细绳悬挂钩码）总动能的增加量 ΔE_k 及系统总机械能的减少量 ΔE ，结果如下表所示：

M / kg	0.200	0.250	0.300	0.350	0.400
$\Delta E_k / \text{J}$	0.582	0.490	0.392	0.294	0.195
$\Delta E / \text{J}$	0.393	0.490		0.686	0.785

回答下列问题：

- (1) 实验中轻细绳所悬挂钩码重力势能的减少量为_____J（保留三位有效数字）；
- (2) 步骤④中的数据所缺数据为_____；
- (3) 若 M 为横轴， ΔE 为纵轴，选择合适的标度，在图2中绘出 $\Delta E - M$ 图像_____；

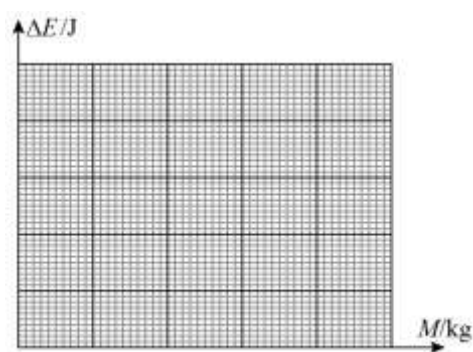


图2

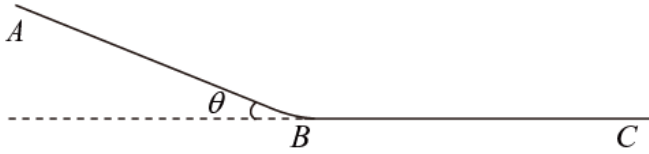
若系统总机械能的减少量等于克服摩擦力做功，则物块与木板之间的摩擦因数为_____（保留两位有效数字）

13. 如图，一滑雪道由 AB 和 BC 两段滑道组成，其中 AB 段倾角为 θ ， BC 段水平， AB 段和 BC 段由一小段光滑圆弧连接，一个质量为 2kg 的背包在滑道顶端 A 处由静止滑下，若 1s 后质量为 48kg 的滑雪者从顶端以 1.5m/s 的初速度、 3m/s^2 的加速度匀加速追赶，恰好在坡底光滑圆弧的水平处追上背包并立即将其拎起，背包与滑道的动摩擦因数为 $\mu = \frac{1}{12}$ ，重力

加速度取 $g = 10\text{m/s}^2$ ， $\sin \theta = \frac{7}{25}$ ， $\cos \theta = \frac{24}{25}$ ，忽略空气阻力及拎包过程中滑雪者与背

包的重心变化，求：

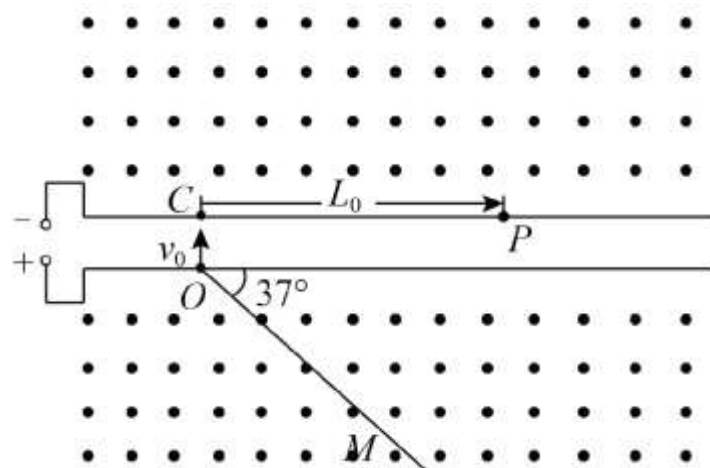
- (1) 滑道 AB 段的长度；
- (2) 滑雪者拎起背包时这一瞬间的速度。



14. 如图，一对长平行栅极板水平放置，极板外存在方向垂直纸面向外、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场，极板与可调电源相连，正极板上 O 点处的粒子源垂直极板向上发射速度为 v_0 、带正电的粒子束，单个粒子的质量为 m 、电荷量为 q ，一足够长的挡板 OM 与正极板成 37° 倾斜放置，用于吸收打在其上的粒子， C 、 P 是负极板上的两点， C 点位于 O 点的正上方， P 点处放置一粒子靶（忽略靶的大小），用于接收从上方打入的粒子， CP 长度为 L_0 ，忽略栅极的电场边缘效应、粒子间的相互作用及粒子所受重力。 $\sin 37^\circ = \frac{3}{5}$ 。

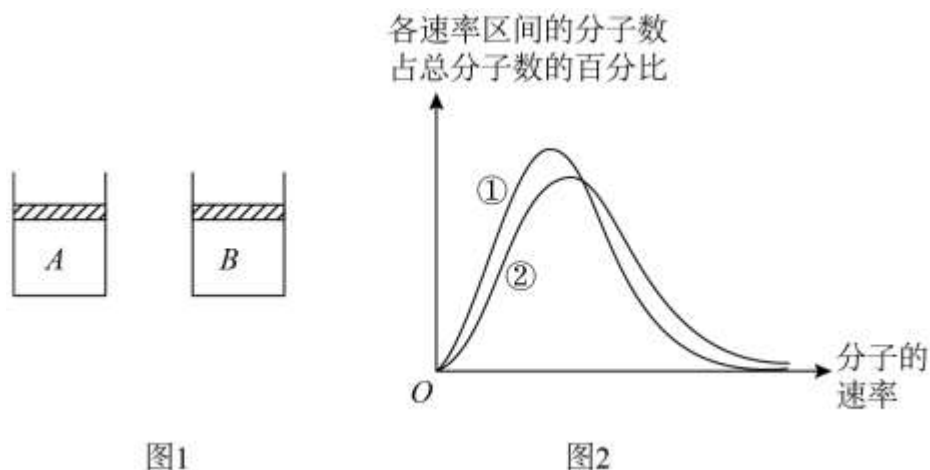
- (1) 若粒子经电场一次加速后正好打在 P 点处的粒子靶上，求可调电源电压 U_0 的大小；
- (2) 调整电压的大小，使粒子不能打在挡板 OM 上，求电压的最小值 U_{\min} ；
- (3) 若粒子靶在负极板上的位置 P 点左右可调，则负极板上存在 H 、 S 两点（ $CH \leq CP < CS$ ， H 、 S 两点未在图中标出）、对于粒子靶在 HS 区域内的每一点，当电压从零开始连续缓慢增加时，粒子靶均只能接收到 n （ $n \geq 2$ ）种能量的粒子，求 CH 和 CS 的长度（假定在每个

粒子的整个运动过程中电压恒定)。



(二) 选考题：共 12 分。请考生从 2 道题中任选一题作答，并用 2B 铅笔将答题卡上所选题目对应的题号右侧方框涂黑，按所涂题号进行评分；多涂、多答，按所涂的首题进行评分；不涂，按本选考题的首题进行评分。

15. 两个内壁光滑、完全相同的绝热汽缸 A、B，汽缸内用轻质绝热活塞封闭完全相同的理想气体，如图 1 所示，现向活塞上表面缓慢倒入细沙，若 A 中细沙的质量大于 B 中细沙的质量，重新平衡后，汽缸 A 内气体的内能_____（填“大于”“小于”或“等于”）汽缸 B 内气体的内能，图 2 为重新平衡后 A、B 汽缸中气体分子速率分布图像，其中曲线_____（填图像中曲线标号）表示汽缸 B 中气体分子的速率分布规律。



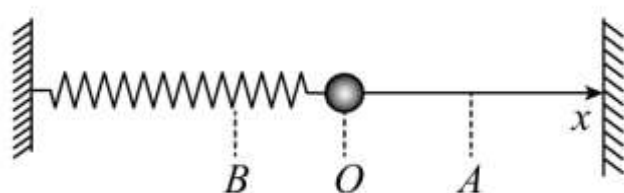
16. 某双层玻璃保温杯夹层中有少量空气，温度为 27°C 时，压强为 $3.0 \times 10^3 \text{ Pa}$ 。

(1) 当夹层中空气的温度升至 37°C ，求此时夹层中空气的压强；

(2) 当保温杯外层出现裂隙，静置足够长时间，求夹层中增加的空气质量与原有空气质量的比值，设环境温度为 27°C ，大气压强为 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

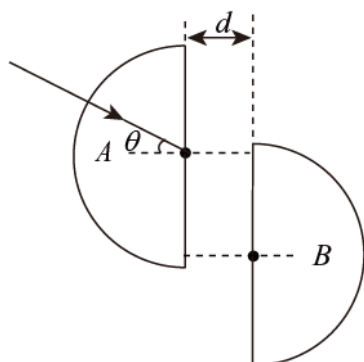
17. 如图，一弹簧振子沿 x 轴做简谐运动，振子零时刻向右经过 A 点， 2s 后第一次到达 B

点，已知振子经过 A 、 B 两点时的速度大小相等， 2s 内经过的路程为 0.4m 。该弹簧振子的周期为_____s，振幅为_____m。



18. 将两块半径均为 R 、完全相同的透明半圆柱体 A 、 B 正对放置，圆心上下错开一定距离，如图所示，用一束单色光沿半径照射半圆柱体 A ，设圆心处入射角为 θ ，当 $\theta = 60^\circ$ 时， A 右侧恰好无光线射出；当 $\theta = 30^\circ$ 时，有光线沿 B 的半径射出，射出位置与 A 的圆心相比下移 h ，不考虑多次反射，求：

- (1) 半圆柱体对该单色光的折射率；
- (2) 两个半圆柱体之间的距离 d 。



2021 年河北省普通高中学业水平选择性考试

物理 答案解析

一、单项选择题：

1. C

解析：

半衰期是原子核固有的属性，与外界条件无关，C 正确；故选 C。

2. C

解析：

铯原子做平抛运动，水平方向上做匀速直线运动，即

$$x = vt_1$$

解得

$$t_1 = \frac{x}{v} = \frac{0.2}{100} \text{ s}$$

铯原子做竖直上抛运动，抛至最高点用时 $\frac{t_2}{2}$ ，逆过程可视为自由落体，即

$$x = \frac{1}{2} g \left(\frac{t_2}{2} \right)^2$$

解得

$$t_2 = \sqrt{\frac{8x}{g}} = \sqrt{\frac{8 \times 0.2}{10}} = 0.4 \text{ s}$$

则

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{\frac{0.2}{100}}{0.4} = \frac{1}{200}$$

故选 C。

3. B

解析：

根据 $\frac{h}{m_e c}$ 可得它们的单位为：

$$\frac{\text{Js}}{\text{kgm/s}} = \frac{\text{Nm s}}{\text{kgm/s}} = \frac{\text{kgm/s}^2 \text{m s}}{\text{kgm/s}} = \text{m}$$

故选 B。

4. D

解析：

绕中心天体做圆周运动，根据万有引力提供向心力，可得

$$\frac{GMm}{R^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$$

则

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{GM}}, \quad R = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$$

由于一个火星日的时长约为一个地球日，火星质量约为地球质量的 0.1 倍，则飞船的轨道半径

$$R_{\text{飞}} = \sqrt[3]{\frac{GM_{\text{火}}(2T)^2}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{G \times 0.1M_{\text{地}} \times 4 \times \frac{4\pi^2 R_{\text{同}}^3}{GM_{\text{地}}}}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{2}{5}} R_{\text{同}}$$

则

$$\frac{R_{\text{飞}}}{R_{\text{同}}} = \sqrt[3]{\frac{2}{5}}$$

故选 D。

5. B

解析：

等离子体垂直于磁场喷入板间时，根据左手定则可得金属板 Q 带正电荷，金属板 P 带负电荷，则电流方向由金属棒 a 端流向 b 端。等离子体穿过金属板 P、Q 时产生的电动势 U 满足

$$q \frac{U}{d} = qB_1 v$$

由欧姆定律 $I = \frac{U}{R}$ 和安培力公式 $F = BIL$ 可得

$$F_{\text{安}} = B_2 L \times \frac{U}{R} = \frac{B_2 B_1 L v d}{R}$$

再根据金属棒 ab 垂直导轨放置，恰好静止，可得

$$F_{\text{安}} = mg \sin \theta$$

则

$$v = \frac{mgR \sin \theta}{B_1 B_2 L d}$$

金属棒 ab 受到的安培力方向沿斜面向上，由左手定则可判定导轨处磁场的方向垂直导轨平面向下。故选 B。

6. A

解析：

小球下落的高度为

$$h = \pi R - \frac{\pi}{2}R + R = \frac{\pi + 2}{2}R$$

小球下落过程中，根据动能定理有

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

综上有

$$v = \sqrt{(\pi + 2)gR}$$

故选 A。

7. A

解析：

由题知导体棒匀速切割磁感线，根据几何关系切割长度为

$$L = 2x \tan \theta, \quad x = vt$$

则产生的感应电动势为

$$E = 2Bv^2 t \tan \theta$$

由题图可知电容器直接与电源相连，则电容器的电荷量为

$$Q = CE = 2BCv^2 t \tan \theta$$

则流过导体棒的电流

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = 2BCv^2 \tan \theta$$

A 正确；故选 A。

二、多项选择题：本题共 3 小题，每小题 6 分，共 18 分。在每小题给出的四个选项中，有两个或两个以上选项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

8. BC

解析：

由题知理想电流表读数为 I ，则根据欧姆定律

$$U_1 = IR_1$$

根据变压器电压与匝数的关系有

$$\frac{n_0}{n_1} = \frac{U_0}{U_1}, \quad \frac{n_0}{n_2} = \frac{U_0}{U_2}$$

代入数据有

$$U_0 = \frac{n_0}{n_1} IR_1, \quad U_2 = \frac{n_2}{n_1} IR_1$$

再由欧姆定律有

$$U_2 = I_2 R_2$$

可计算出

$$I_2 = \frac{n_2 R_1}{n_1 R_2} I$$

综上所述， B 正确；

由于矩形线圈产生的交变电流直接输入原线圈，则有

$$E_{\max} = NB2L^2\omega, \quad U_0 = \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} NBL^2\omega$$

由选项 AB 知

$$U_0 = \frac{n_0}{n_1} IR_1$$

则

$$\frac{n_0}{n_1} = \frac{\sqrt{2} NBL^2\omega}{IR_1}$$

C 正确；故选 BC。

9. BD

解析：

对小球受力分析，设弹力为 T ，弹簧与水平方向 夹角为 θ ，则对小球竖直方向

$$T \sin \theta = mg$$

而

$$T = k\left(\frac{MP}{\cos \theta} - l_0\right)$$

可知 θ 为定值， T 不变，则当转速增大后，小球的高度不变，弹簧的弹力不变。则 A 错误，

B 正确；

水平方向当转速较小时，杆对小球的弹力 F_N 背离转轴，则

$$T \cos \theta - F_N = m\omega^2 r$$

即

$$F_N = T \cos \theta - m\omega^2 r$$

当转速较大时， F_N 指向转轴

$$T \cos \theta + F'_N = m\omega'^2 r$$

即

$$F'_N = m\omega'^2 r - T \cos \theta$$

则因 $\omega' > \omega$ ，根据牛顿第三定律可知，小球对杆的压力不一定变大。则 C 错误；

根据

$$F_{\text{合}} = m\omega^2 r$$

可知，因角速度变大，则小球受合外力变大。则 D 正确。

故选 BD。

10. ACD

解析：

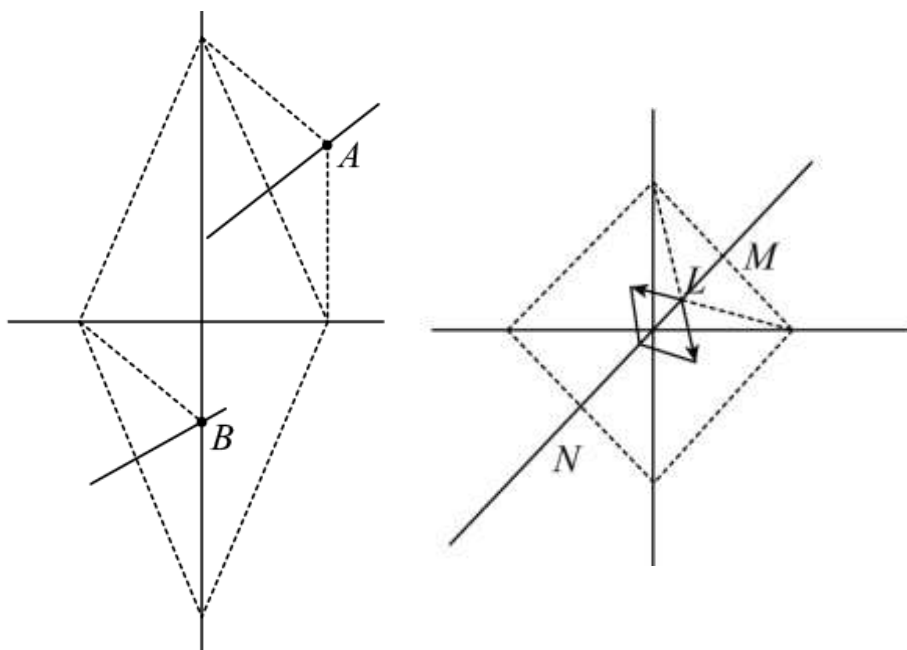
根据场强叠加原理可知，除无穷远处之外，菱形外部电场强度处处不为零，选项 A 正确；

由几何关系可知，坐标为 $(4l, 5l)$ 的 A 点在第一象限内所在的虚像的垂直平分线的上方；

坐标为 $(0, -3l)$ 的 B 点在第三象限内所在的虚像的垂直平分线的上方，且到达虚线的距离

相等，由电势叠加可知，B 点的电势高于 A 点，则带负电的试探电荷在 A 点的电势能较大，

从 A 点到 B 点电势能减小，可知电场力做正功，选项 C 正确；



若 $y_0=4l$ ，则四个点构成正方形，由对称可知在点 (l, l) 处的场强一定沿着过该点与原点连线的方向上；在 y 轴正向和 x 正向上的点电荷在 (l, l) 处的合场强

$$E_1 = 2 \frac{kq}{(\sqrt{9l^2 + l^2})^2} \cdot \frac{2\sqrt{2}l - \sqrt{2}l}{\sqrt{9l^2 + l^2}} = \frac{kq}{5\sqrt{5}l^2}$$

在 y 轴负向和 x 负向上的点电荷在 (l, l) 处的合场强

$$E_2 = 2 \frac{kq}{(\sqrt{25l^2 + l^2})^2} \cdot \frac{2\sqrt{2}l + \sqrt{2}l}{\sqrt{25l^2 + l^2}} = \frac{kq}{\frac{13}{3}\sqrt{13}l^2} < E_1$$

可知 (l, l) 点的场强沿着 MN 方向且与 x 轴从成 45° 角的方向向下，将一带负电的试探电荷放置在点 (l, l) 处，其所受到的静电力方向与 x 轴正方向成 45° 倾斜向上，选项 D 正确。故选 ACD。

三、非选题：

(一) 必考题：

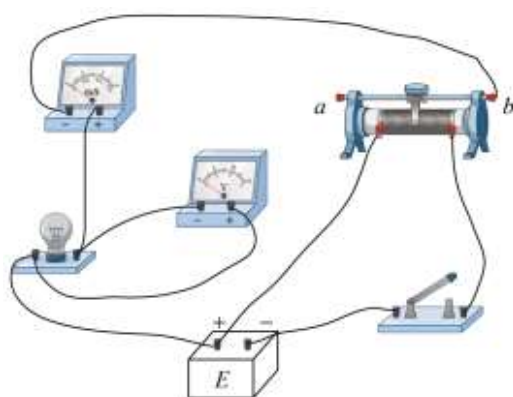
11.

答案：

(1).

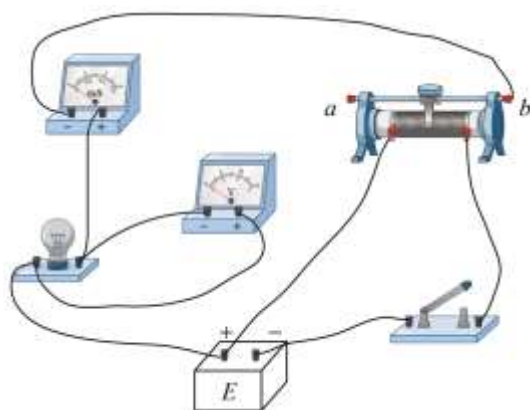
(2). C

(3). 27.0



解析：

(1) [1]电流表负极与滑动变阻器的右端的 b 位置连接，如图



(2) [2]开关闭合，小灯泡闪亮一下后灯丝烧断，说明通过小灯泡的电流过大。

A. 电流表内阻非常小，短路几乎不影响通过小灯泡的电流，与灯丝烧断无关，A 错误；

B. 滑动变阻器滑片接触不良，无电流通过小灯泡，B 错误；

C. 滑动变阻器的滑片开始时置于 b 端，小灯泡部分分压达到最大，通过电流最大，可能会烧断小灯泡灯丝，C 正确；

故选 C。

(3) 根据小灯泡的伏安特性曲线可知在 P 点时的电压和电流分别为

$$U = 2\text{V}, I = 74\text{mA}$$

根据欧姆定律 $I = \frac{U}{R}$ 可知小灯泡的电阻为

$$R = \frac{U}{I} = \frac{2}{74 \times 10^{-3}} \Omega = 27.0 \Omega$$

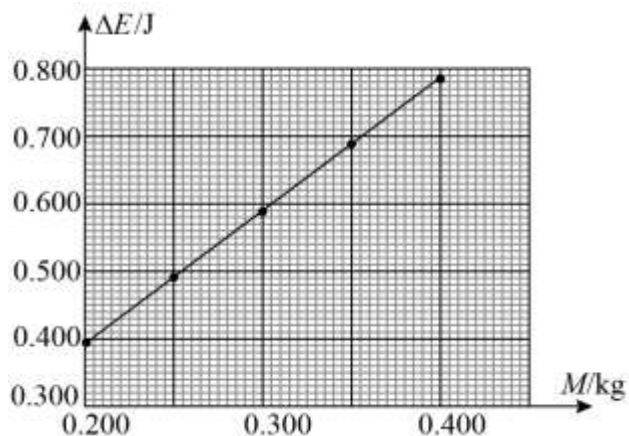
12.

答 案 ：

(1). 0.980

(2). 0.588

(3).



(4). 0.40 (0.38~0.42)

解析：

(1) [1]四个钩码重力势能的减少量为

$$\Delta E_p = 4mgL = 4 \times 0.05 \times 9.8 \times 0.5 \text{ J} = 0.980 \text{ J}$$

(2) [2]对滑块和钩码构成的系统，由能量守恒定律可知

$$4mgL - W_f = \frac{1}{2}(4m + M)v_2^2 - \frac{1}{2}(4m + M)v_1^2$$

其中系统减少的重力势能为

$$\Delta E_p = 4mgL$$

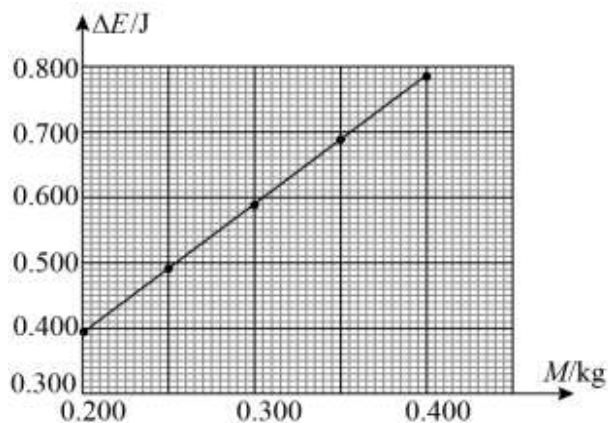
系统增加的动能为

$$\Delta E_k = \frac{1}{2}(4m + M)v_2^2 - \frac{1}{2}(4m + M)v_1^2$$

系统减少的机械能为 $\Delta E = W_f$ ，则代入数据可得表格中减少的机械能为

$$\Delta E_4 = 0.98 - 0.392 = 0.588 \text{ J}$$

(3) [3]根据表格数据描点得 $\Delta E - M$ 的图像为



[4]根据做功关系可知

$$\Delta E = \mu MgL$$

则 $\Delta E - M$ 图像的斜率为

$$k = \mu gL = \frac{0.785 - 0.393}{0.4 - 0.2} = 1.96$$

解得动摩擦因数为

$$\mu = 0.40 \quad (0.38 \sim 0.42)$$

13.

答案: (1) $L = 9\text{m}$; (2) $v = 7.44\text{m/s}$

解析:

(1) 设斜面长度为 L , 背包质量为 $m_1 = 2\text{kg}$, 在斜面上滑行的加速度为 a_1 , 由牛顿第二定律有

$$m_1 g \sin \theta - \mu m_1 g \cos \theta = m_1 a_1$$

解得

$$a_1 = 2\text{m/s}^2$$

滑雪者质量为 $m_2 = 48\text{kg}$, 初速度为 $v_0 = 1.5\text{m/s}$, 加速度为 $a_2 = 3\text{m/s}^2$, 在斜面上滑行时间为 t , 落后时间 $t_0 = 1\text{s}$, 则背包的滑行时间为 $t + t_0$, 由运动学公式得

$$L = \frac{1}{2} a_1 (t + t_0)^2$$

$$L = v_0 t + \frac{1}{2} a_2 t^2$$

联立解得

$$t = 2\text{s} \text{ 或 } t = -1\text{s}(\text{舍去})$$

故可得

$$L = 9\text{m}$$

(2) 背包和滑雪者到达水平轨道时的速度为 v_1 、 v_2 , 有

$$v_1 = a_1 (t + t_0) = 6\text{m/s}$$

$$v_2 = v_0 + a_2 t = 7.5\text{m/s}$$

滑雪者拎起背包的过程, 系统在光滑水平面上外力为零, 动量守恒, 设共同速度为 v , 有

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$$

解得

$$v = 7.44 \text{ m/s}$$

14.

答案： (1) $U_0 = \frac{B^2 q L_0^2}{8m} - \frac{mv_0^2}{2q}$; (2) $U_{\min} = \frac{7mv_0^2}{18q}$; (3) $CH = \frac{10mv_0}{3qB}$; $CS \rightarrow \infty$

解析：

(1) 从 O 点射出的粒子在板间被加速，则

$$U_0 q = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

粒子在磁场中做圆周运动，则半径

$$r = \frac{L_0}{2}$$

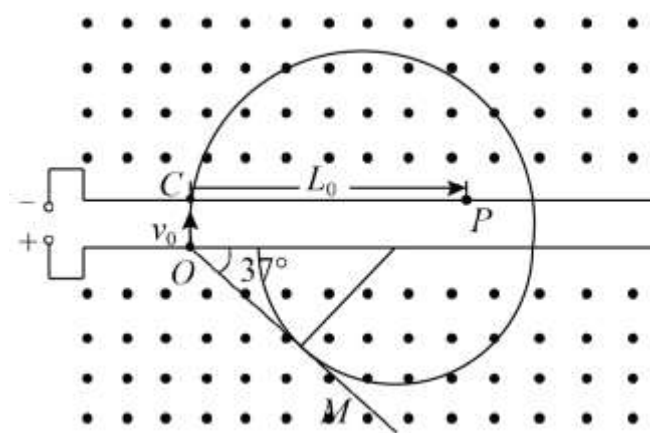
由

$$qvB = m \frac{v^2}{r}$$

解得

$$U_0 = \frac{B^2 q L_0^2}{8m} - \frac{mv_0^2}{2q}$$

(2) 当电压有最小值时，当粒子穿过下面的正极板后，圆轨道与挡板 OM 相切，此时粒子恰好不能打到挡板上，则



从 O 点射出的粒子在板间被加速，则

$$U_{\min} q = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

粒子在负极板上方的磁场中做圆周运动

$$qvB = m \frac{v^2}{r_{\min}}$$

粒子从负极板传到正极板时速度仍减小到 v_0 ，则

$$qv_0B = m \frac{v_0^2}{r'}$$

由几何关系可知

$$2r_{\min} = \frac{r'}{\sin 37^\circ} + r'$$

联立解得

$$v = \frac{4v_0}{3}$$

$$U_{\min} = \frac{7mv_0^2}{18q}$$

(3) 设粒子第一次经过电场加速，在负极板上方磁场区域偏转的轨迹半径为 r_0 ，若粒子在电场加速电压小于 U_{\min} ，粒子穿过磁场在正极板下方磁场运动时，会被 OM 板吸收。则第一

次出现能吸收到 n ($n \geq 2$) 种能量的位置 (即 H 点)，为粒子通过极板电压 $U_{\min} = \frac{7mv_0^2}{18q}$ 时，

粒子第二次从上方打到负极板的位置 (轨迹如图中蓝色线条所示)。由 (2) 的计算可知

$$r_1 = \frac{4mv_0}{3qB}$$

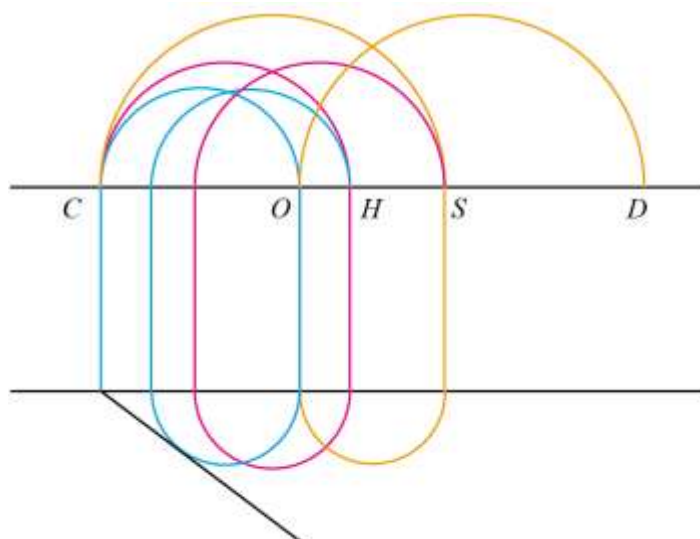
则

$$CH = 4r - 2r' = \frac{10mv_0}{3qB}$$

极板电压大于 $U_{\min} = \frac{7mv_0^2}{18q}$ 时，粒子均不会被 OM 吸收，可以经过正极板下方磁场偏转，

回到负极板上方磁场中，偏转后打在负极板上。则 H 点右方的点的粒子靶都可以接受到 n

($n \geq 2$) 种能量的粒子。即 $CS \rightarrow \infty$ 。



(二) 选考题：共 12 分。请考生从 2 道题中任选一题作答，并用 2B 铅笔将答题卡上所选题目对应的题号右侧方框涂黑，按所涂题号进行评分；多涂、多答，按所涂的首题进行评分；不涂，按本选考题的首题进行评分。

15.

答案： (1). 大于 (2). ①

解析：

[1]对活塞分析有

$$p = \frac{mg}{s}$$

因为 A 中细沙的质量大于 B 中细沙的质量，故稳定后有 $p_A > p_B$ ；所以在达到平衡过程中外界对气体做功有

$$W_A > W_B$$

则根据

$$\Delta U = W + Q$$

因为气缸和活塞都是绝热的，故有

$$\Delta U_A > \Delta U_B$$

即重新平衡后 A 气缸内的气体内能大于 B 气缸内的气体内能；

[2]由图中曲线可知曲线②中分子速率大的分子数占总分子数百分比较大，即曲线②的温度较高，所以由前面分析可知 B 气缸温度较低，故曲线①表示气缸 B 中气体分子的速率分布。

16.

答案：(1) $p_2 = 3.1 \times 10^3 \text{ Pa}$; (2) $\frac{97}{3}$

解析：

(1) 由题意可知夹层中的气体发生等容变化，根据理想气体状态方程可知

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

代入数据解得

$$p_2 = 3.1 \times 10^3 \text{ Pa}$$

(2) 当保温杯外层出现裂缝后，静置足够长时间，则夹层压强和大气压强相等，设夹层体积为 V ，以静置后的所有气体为研究对象有

$$p_0 V = p_1 V_1$$

解得

$$V_1 = \frac{100}{3} V$$

则增加空气的体积为

$$\Delta V = V_1 - V = \frac{97}{3} V$$

所以增加的空气质量与原有空气质量之比为

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{\Delta V}{V} = \frac{97}{3}$$

17.

答案： (1). 4 (2). 0.2

解析：

[1] 根据简谐运动对称性可知，振子零时刻向右经过 A 点， 2s 后第一次到达 B 点，已知振子经过 A 、 B 两点时的速度大小相等，则 A 、 B 两点关于平衡位置对称，而振动经过了半个周期的运动，则周期为

$$T = 2t = 4\text{s}$$

[2] 从 A 到 B 经过了半个周期的振动，路程为 $s = 0.4\text{m}$ ，而一个完整的周期路程为 0.8m ，为 4 个振幅的路程，有

$$4A = 0.8\text{m}$$

解得振幅为

$$A = 0.2\text{m}$$

18.

答案：(i) $n = \frac{2}{3}\sqrt{3}$; (ii) $d = \sqrt{2}(h - \frac{R}{2})$

解析：

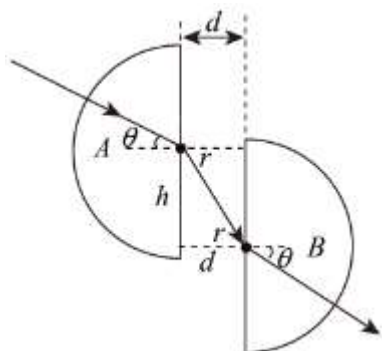
(i) 光从半圆柱体 A 射入，满足从光密介质到光疏介质，当 $\theta = 60^\circ$ 时发生全反射，有

$$\sin \theta = \frac{1}{n}$$

解得

$$n = \frac{2}{3}\sqrt{3}$$

(ii) 当入射角 $\theta = 30^\circ$ ，经两次折射从半圆柱体 B 的半径出射，设折射角为 r ，光路如图



由折射定律有

$$\sin \theta \cdot n = \sin r$$

有几何关系有

$$\tan r = \frac{h - R \sin \theta}{d}$$

联立解得

$$d = \sqrt{2}(h - \frac{R}{2})$$
