2021 年河北

1. 银河系中存在大量的铝同位素 $^{26}\mathrm{Al}$，$^{26}\mathrm{Al}$ 核 β 衰变的衰变方程为 $^{26}_{13}\mathrm{Al}\longrightarrow{}^{26}_{12}\mathrm{Mg}+{}^{0}_{1}\mathrm{e}$，测得 $^{26}\mathrm{Al}$ 核的半衰期为 72 万年，下列说法正确的是（　）

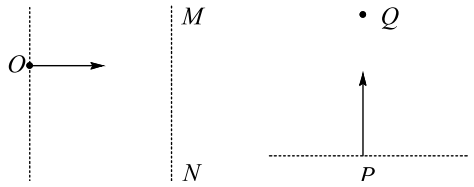
A. $^{26}\mathrm{Al}$ 核的质量等于 $^{26}\mathrm{Mg}$ 核的质量

B. $^{26}\mathrm{Al}$ 核的中子数大于 $^{26}\mathrm{Mg}$ 核的中子数

C. 将铝同位素 $^{26}\mathrm{Al}$ 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 $^{26}\mathrm{Al}$ 将在 144 万年后全部衰变为 $^{26}\mathrm{Mg}$

2. 铯原子钟是精确的计时仪器，图 1 中铯原子从 O 点以 100 m/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 0.2 m，重力加速度取 $g=10\,\mathrm{m/s^2}$，则 $t_1:t_2$ 为（　）



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

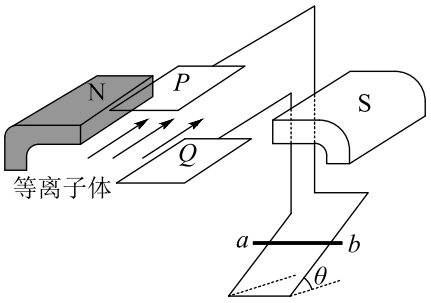
3. 普朗克常量 $h=6.626\times10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}$，光速为 c，电子质量为 m_e，则 $\frac{h}{m_ec}$ 在国际单位制下的单位是（　）

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（　）



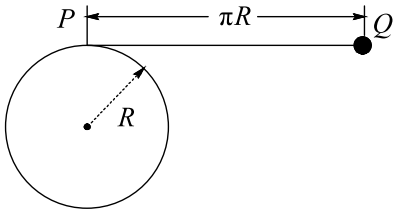
A. 导轨处磁场的方向垂直导轨平面向上，$v=\frac{mgR\sin\theta}{B_1B_2Ld}$

B. 导轨处磁场的方向垂直导轨平面向下，$v=\frac{mgR\sin\theta}{B_1B_2Ld}$

C. 导轨处磁场的方向垂直导轨平面向上，$v=\frac{mgR\tan\theta}{B_1B_2Ld}$

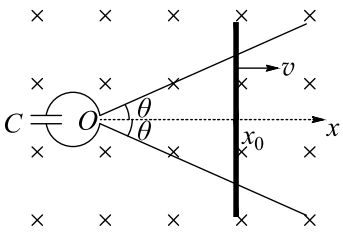
D. 导轨处磁场的方向垂直导轨平面向下，$v=\frac{mgR\tan\theta}{B_1B_2Ld}$

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 (　)



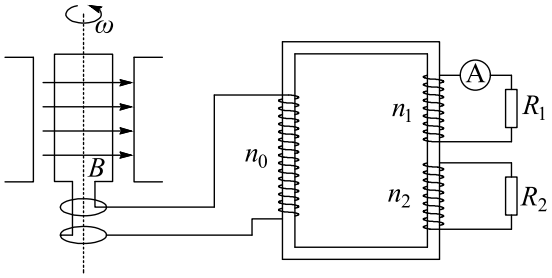
A. 通过金属棒的电流为 $2BCv^2\tan\theta$

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

8. 如图，发电机的矩形线圈长为 $2L$、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（　）



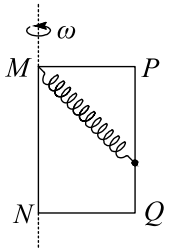
A. 通过电阻 R_2 的电流为 $\frac{n_1 I}{n_2}$

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 $\frac{\sqrt{2}NBL^2\omega}{IR_1}$

D. 发电机的功率为 $\frac{\sqrt{2}NBL^2\omega I(n_1+n_2)}{n_0}$

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（　）



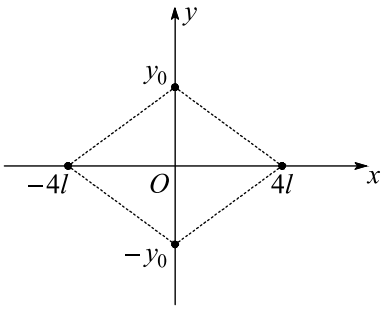
A. 小球的高度一定降低

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的点

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

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（6.3 V，0.15 A），直流电源（9 V），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 _____；

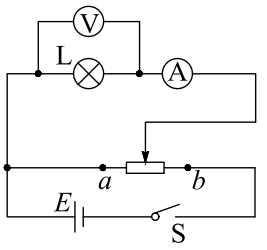
(2) 按照图 1 连线后，闭合开关，小灯泡闪亮一下后熄灭，观察发现灯丝被烧断，原因可能是 _____（单项选择，填正确答案标号）；

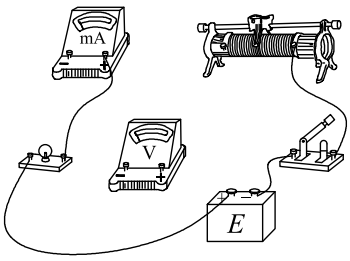
A．电流表短路

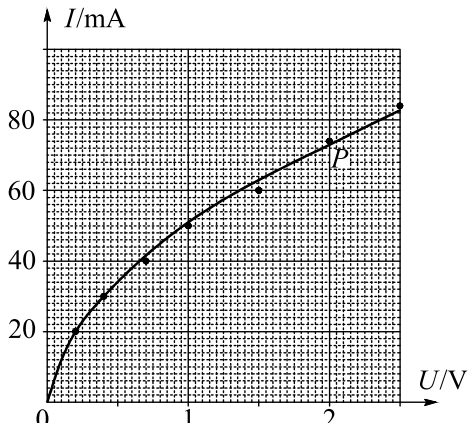
B．滑动变阻器的滑片接触不良

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）。







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、50 g 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 200 g，其上可放钩码）、刻度尺，当地重力加速度为 9.80 m/s²，实验操作步骤如下：

① 安装器材，调整两个光电门距离为 50.00 cm，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：

$M/\,\mathrm{kg}$	0.200	0.250	0.300	0.350	0.400
$\Delta E_k/\,\mathrm{J}$	0.587	0.490	0.392	0.294	0.195
$\Delta E/\,\mathrm{J}$	0.393	0.490		0.686	0.785

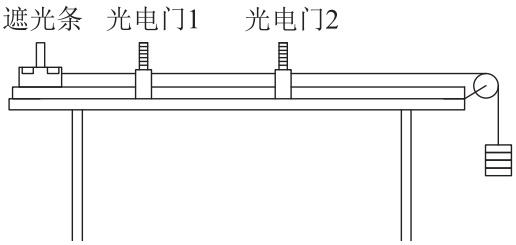
回答下列问题：

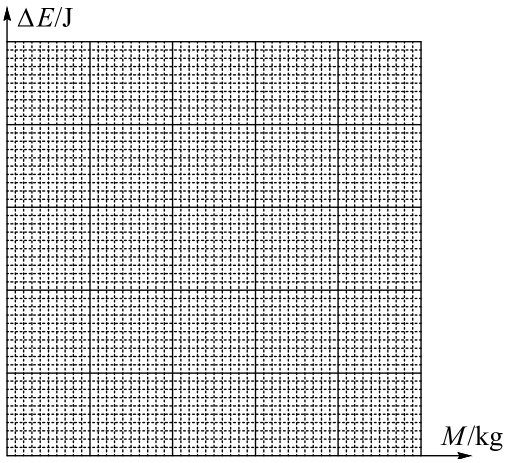
(1) 实验中轻细绳所悬挂钩码重力势能的减少量为 _____ J（保留三位有效数字）；

(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 _____；

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）。

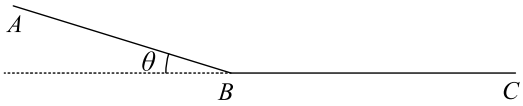




13. 如图，一滑雪道由 AB 和 BC 两段滑道组成，其中 AB 段倾角为 θ，BC 段水平，AB 段和 BC 段由一小段光滑圆弧连接，一个质量为 2 kg 的背包在滑道顶端 A 处由静止滑下，若 1 s 后质量为 48 kg 的滑雪者从顶端以 1.5 m/s 的初速度、3 m/s^2 的加速度匀加速追赶，恰好在坡底光滑圆弧的水平处追上背包并立即将其拎起，背包与滑道的动摩擦因数为 $\mu=\frac{1}{12}$，重力加速度取 $g=10\,\mathrm{m/s^2}$，$\sin\theta=\frac{7}{25}$，$\cos\theta=\frac{24}{25}$，忽略空气阻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。

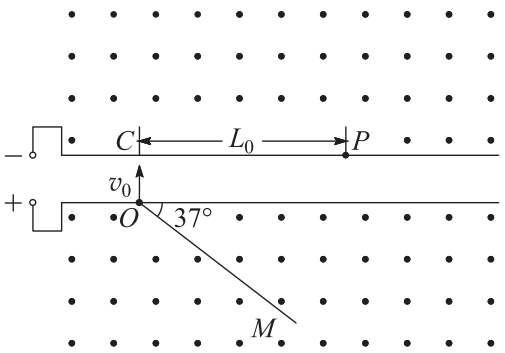


14. 如图，一对长平行栅极板水平放置，极板外存在方向垂直纸面向外、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场，极板与可调电源相连，正极板上 O 点处的粒子源垂直极板向上发射速度为 v_0、带正电的粒子束，单个粒子的质量为 m、电荷量为 q，一足够长的挡板 OM 与正极板成 37° 倾斜放置，用于吸收打在其上的粒子，C、P 是负极板上的两点，C 点位于 O 点的正上方，P 点处放置一粒子靶（忽略靶的大小），用于接收从上方打入的粒子，CP 长度为 L_0，忽略栅极的电场边缘效应、粒子间的相互作用及粒子所受重力。$\sin 37° = \frac{3}{5}$。

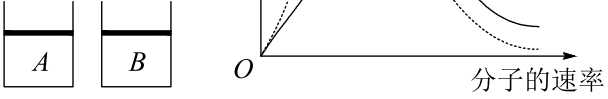
(1) 若粒子经电场一次加速后正好打在 P 点处的粒子靶上，求可调电源电压 U_0 的大小；

(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（$CH \leqslant CP < CS$，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（$n \geqslant 2$）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）。



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。

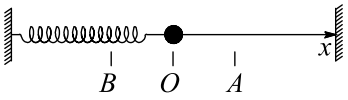


16. 某双层玻璃保温杯夹层中有少量空气，温度为 27 °C 时，压强为 3.0×10^3 Pa。

(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 1.0×10^5 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，2 s 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，2 s 内经过的路程为 0.4 m。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 $\theta = 60°$ 时，A 右侧恰好无光线射出；当 $\theta = 30°$ 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。

