2021 年河北省普通高中学业水平选择性考试（重排版）

物理

16 题（第 15、16 题为选考题，任选一题作答）　|　满分 100 分（选考 12 分）　|　建议用时 90 分钟

题干、选项与配图均按原卷重新校对排版；公式采用 *Times New Roman* 斜体，矢量插图按原图重绘或高清置入。参考答案与详解另册，为本站自编。

一、选择题

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

（4 分）

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

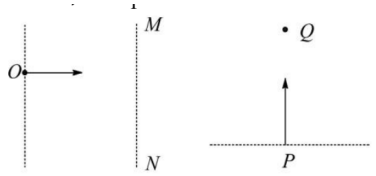


图1　　图2

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

（4 分）

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 $\frac{h}{m_e c}$ 在国际单位制下的单位是（　　）

A. J/s　　**B.** m　　**C.** J · m　　**D.** m/s

（4 分）

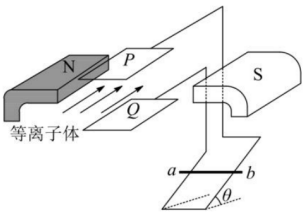
4. “祝融号”火星车登陆火星之前，“天问一号”探测器沿椭圆形的停泊轨道绕火星飞行，其周期为 2 个火星日。假设某飞船沿圆轨道绕火星飞行，其周期也为 2 个火星日。已知一个火星日的时长约为一个地球日，火星质量约为地球质量的 0.1 倍，则该飞船的轨道半径与地球同步卫星的轨道半径的比值约为（　　）

A. $\sqrt[3]{4}$　　**B.** $\sqrt[3]{\frac{1}{4}}$

C. $\sqrt[3]{\frac{5}{2}}$　　**D.** $\sqrt[3]{\frac{2}{5}}$

（4 分）

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，$v=\frac{mgR\sin\theta}{B_1B_2Ld}$

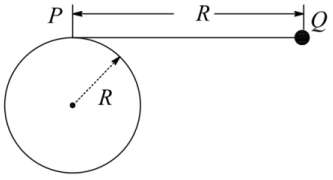
B. 导轨处磁场的方向垂直导轨平面向下，$v=\frac{mgR\sin\theta}{B_1B_2Ld}$

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，$v=\frac{mgR\tan\theta}{B_1B_2Ld}$

（4 分）

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）（　　）

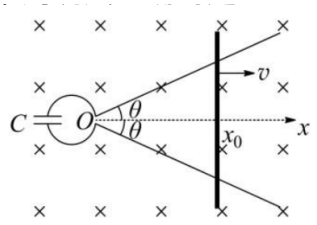


A. $\sqrt{(2+\pi)gR}$　　**B.** $\sqrt{2\pi gR}$

C. $\sqrt{2(1+\pi)gR}$　　**D.** $2\sqrt{gR}$

（4 分）

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 $BCvx_0\tan\theta$

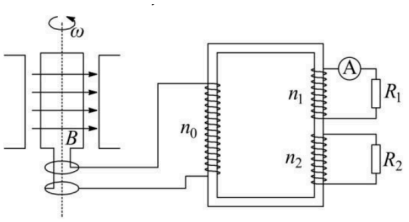
C. 金属棒运动过程中，电容器的上极板带负电

D. 金属棒运动过程中，外力 F 做功的功率恒定

（4 分）

二、多项选择题

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 $\frac{n_1 I}{n_2}$

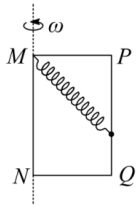
B. 电阻 R_2 两端的电压为 $\frac{n_2 I R_1}{n_1}$

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 $\frac{\sqrt{2}NBL^2\omega I(n_1+n_2)}{n_0}$

（6 分）

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

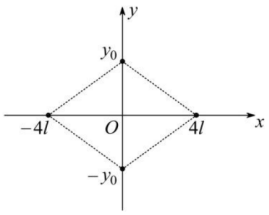
B. 弹簧弹力的大小一定不变

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

（6 分）

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

（6 分）

三、非选择题

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。

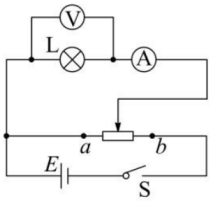


图1

（1）参照图1，完成图2中的实物连线。

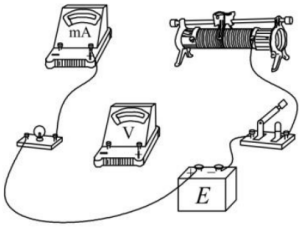


图2

（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。

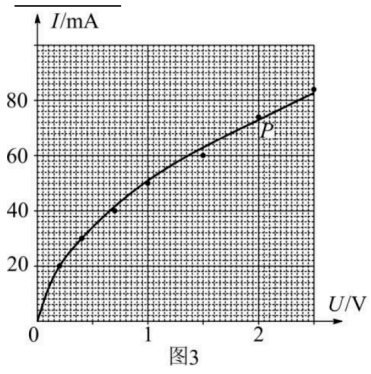


图3

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）。（6 分）

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/s^2。实验操作步骤如下：

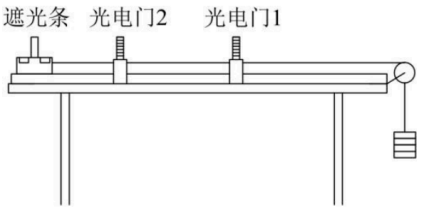


图1

①安装器材，调整两个光电门距离为 *50.00* 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保持绳下端悬挂 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
ΔE_k/J	0.587	0.490	0.392	0.294	0.195
ΔE/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中的表格所缺数据为_____；

（3）以 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，则滑块与木板之间的动摩擦因数为_____（保留两位有效数字）。

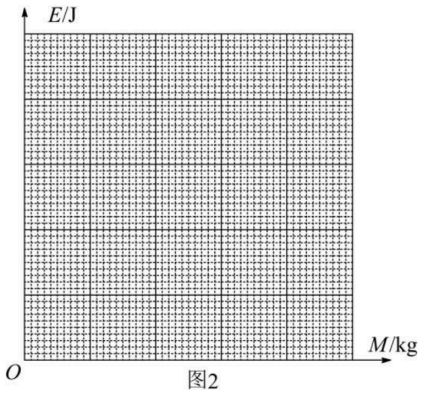
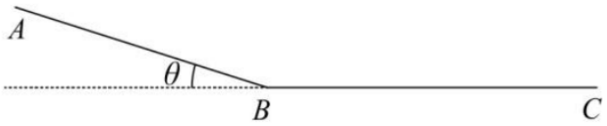


图2

（9 分）

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。

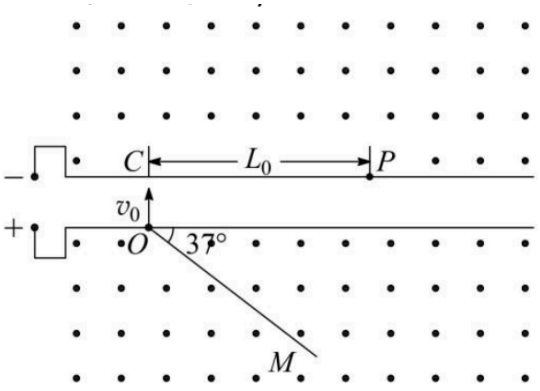


一个质量为 $2\,\mathrm{kg}$ 的背包在滑道顶端 A 处由静止滑下，若 $1\,\mathrm{s}$ 后质量为 $48\,\mathrm{kg}$ 的滑雪者从顶端以 $1.5\,\mathrm{m/s}$ 的初速度、$3\,\mathrm{m/s^2}$ 的加速度匀加速追赶，恰好在坡底光滑圆弧的水平处追上背包并立即将其拎起。背包与滑道的动摩擦因数为 $\mu=\frac{1}{72}$，重力加速度取 $g=10\,\mathrm{m/s^2}$，$\sin\theta=\frac{7}{25}$，$\cos\theta=\frac{24}{25}$，忽略空气阻力及拎包过程中滑雪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。 （11 分）

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（$CH\le CP<CS$，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（$n\ge 2$）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）。

（16 分）

（二）选考题

15. （1）（4 分）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。

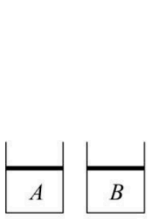


图1

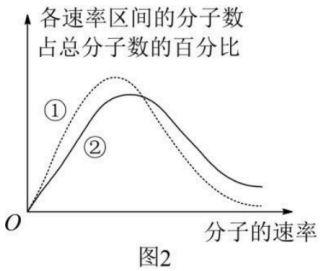


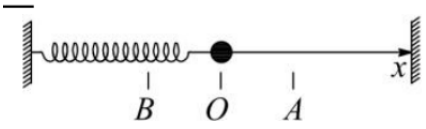
图2

（2）（8 分）某双层玻璃保温杯夹层中有少量空气，温度为 $27^{\circ}\mathrm{C}$ 时，压强为 $3.0\times10^{3}\ \mathrm{Pa}$。

（ⅰ）当夹层中空气的温度升至 $37^{\circ}\mathrm{C}$，求此时夹层中空气的压强；

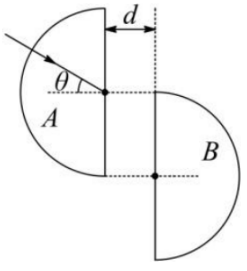
（ⅱ）当保温杯外层出现裂隙，静置足够长时间，求夹层中增加的空气质量与原有空气质量的比值。设环境温度为 $27^{\circ}\mathrm{C}$，大气压强为 $1.0\times10^{5}\ \mathrm{Pa}$。（12 分）

16. （1）（4 分）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，$2\ \mathrm{s}$ 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，$2\ \mathrm{s}$ 内经过的路程为 $0.4\ \mathrm{m}$。该弹簧振子的周期为_____ s，振幅为_____ m。

（2）（8 分）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。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：



（ⅰ）半圆柱体对该单色光的折射率；

（ⅱ）两个半圆柱体之间的距离 d。（12 分）