

# 惠州市实验中学 2026 届高三（上）12 月阶段性检测

## 物理

命题人：李浩文

审题人：周亮 袁淇

考试时间：12 月 4 日

### 一、单选题（每小题 4 分，共 28 分）

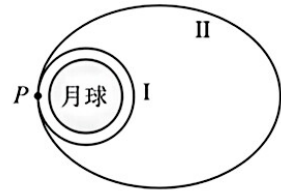
1. 如图所示，某同学的妈妈用四根手指拎一手提包。若改用一根手指拎，简化图如右图所示，两种情况手提包都处于静止状态。则一根手指拎手提包时（ ）

- A. 手对手提包的作用力变大      B. 手对手提包的的作用力变小  
C. 手提包的包带产生的拉力变小      D. 手提包的包带产生的拉力变大



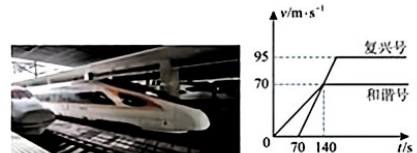
2. 2020 年 12 月 17 日，嫦娥五号成功返回地球，创造了我国到月球取土的伟大历史。如图所示，嫦娥五号取土后，在  $P$  处由圆形轨道 I 变轨到椭圆轨道 II，以便返回地球。则嫦娥五号（ ）

- A. 分别在轨道 I 和 II 上运行至  $P$  处时速度大小相等  
B. 绕轨道 I 运行的周期大于绕轨道 II 运行的周期  
C. 分别在轨道 I 和 II 上运行至  $P$  处时加速度大小相等  
D. 在轨道 I 运行时的机械能和在轨道 II 运行时的机械能相等



3. 中国高铁向世界展示了中国速度和谐号和复兴号高铁相继从沈阳站点由静止出发，沿同一方向做匀加速直线运动。两车运动的速度—时间图像如图所示，下列说法正确的是（ ）

- A. 复兴号高铁追上和谐号动车前， $t=70\text{s}$  时两车相距最远  
B. 复兴号高铁经过  $95\text{s}$  加速达到最大速度  
C.  $t=140\text{s}$  时，复兴号高铁追上和谐号动车  
D. 复兴号高铁追上和谐号动车前，两车最远相距  $4900\text{m}$



4. 抛秧是一种水稻种植方法。如图甲所示，在抛秧时，人们将育好的水稻秧苗大把抓起，然后向空中用力抛出，使秧苗分散着落入田间。这种种植方式相对传统插秧更省时省力。某同学研究抛秧的运动时，将秧苗的运动简化为以肩关节为圆心，臂长为半径的圆周运动，忽略空气阻力，如图乙所示。秧苗在起抛处速度为零，离手瞬间通过手指改变秧苗的运动方向，A、B 两秧苗同时离开手后做不同的抛体运动，其轨迹在空中交于  $P$  点。关于秧苗 A、B 在整个运动过程中，下列说法正确的是（ ）

- A. A 先经过  $P$  点  
B. 抛出后 A 初速度的水平分量一定小于 B 初速度的水平分量  
C. 抛出前在最低点，处于失重状态  
D. 起抛处，手对秧苗的作用力一定大于秧苗的重力

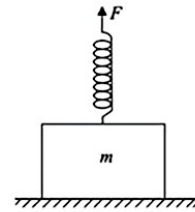


5. 排球运动员进行垫球训练, 排球以  $6\text{m/s}$  的速度竖直下落在运动员的小臂上, 然后以  $8\text{m/s}$  的速度竖直向上垫起。已知排球的质量为  $270\text{g}$ , 排球与小臂的作用时间为  $0.2\text{s}$ 。不计空气阻力, 取  $g = 10\text{m/s}^2$ , 下列说法正确的是 ( )

- A. 排球速度变化量的大小为  $2\text{m/s}$                       B. 排球对手臂的平均作用力大小为  $21.6\text{N}$   
 C. 排球动量变化量的大小为  $0.54\text{kg}\cdot\text{m/s}$               D. 排球受到手臂的冲量大小为  $3.78\text{N}\cdot\text{s}$

6. 如图所示, 质量为  $m$  的物体静止在地面上, 物体上面连着一个轻弹簧, 用手拉住弹簧上端向上移动  $H$ , 将物体缓缓提高  $h$ , 拉力  $F$  做功  $W_F$ , 不计弹簧的质量, 已知重力加速度为  $g$ , 则下列说法正确的是 ( )

- A. 重力做功  $-mgh$ , 重力势能减少  $mgh$   
 B. 弹力做功  $-W_F$ , 弹性势能增加  $W_F$   
 C. 重力势能增加  $mgh$ , 弹性势能增加  $FH$   
 D. 重力势能增加  $mgh$ , 弹性势能增加  $W_F - mgh$



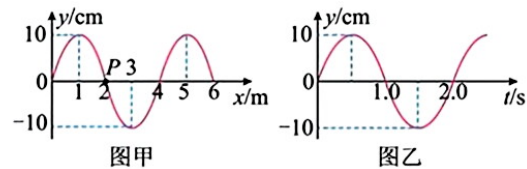
7.  $A$ 、 $B$  两个小球带同种电荷, 放在光滑的绝缘水平面上,  $A$  的质量为  $m$ ,  $B$  的质量为  $2m$ , 它们相距为  $d$ , 同时由静止释放, 在它们距离到  $2d$  时,  $A$  的加速度为  $a$ , 速度为  $v$ , 则 ( )

- A. 此时  $B$  的加速度为  $0.25a$                       B. 此过程中电势能减小  $0.625mv^2$   
 C. 此过程中电势能减小  $0.25mv^2$                       D. 此时  $B$  的速度为  $0.5v$

## 二、多选题 (共 18 分)

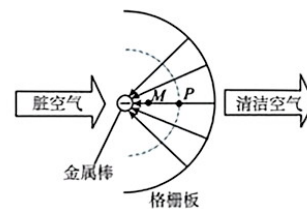
8. 一列简谐横波在  $t = 1.0\text{s}$  时的波形图如图甲所示。介质中  $x = 2\text{m}$  处的质点  $P$  的振动图像如图乙所示。下列说法正确的是 ( )

- A. 波沿  $x$  轴负方向传播  
 B. 波的传播速度的大小为  $0.5\text{m/s}$   
 C.  $t = 2.0\text{s}$  时, 质点  $P$  的速度沿  $y$  轴的正方向  
 D. 从  $t = 0.5\text{s}$  到  $t = 2.0\text{s}$ , 质点  $P$  通过的路程为  $3\text{m}$

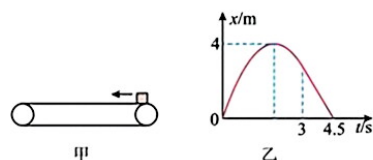


9. 如图所示为某种空气净化器的简化示意图, 带负电的金属棒和带正电的格栅板形成图示的电场, 实线为电场线, 虚线表示等势面,  $M$  点和  $P$  点在同一电场线上, 脏空气中的微粒带电后, 运动到格栅板被吸收, 从而达到清洁空气的目的, 不考虑微粒的重力以及空气阻力的影响。下列说法正确的是 ( )

- A. 脏空气中的带电微粒带负电  
 B.  $M$  点的电势比  $P$  点的电势低  
 C.  $M$  点的电场强度比  $P$  点的小  
 D. 脏空气中的带电微粒在  $M$  点的电势能比在  $P$  点的小



10. 如图甲所示，水平传送带匀速转动，一个物块从传送带的右端以一定的初速度向左滑上传送带，物块在传送带上的运动的位移随时间变化的规律如图乙所示， $0\sim 3\text{s}$ 内图像是抛物线， $3\sim 4.5\text{s}$ 内图像是直线，重力加速度为 $10\text{m/s}^2$ ，不计物块大小，则下列判断正确的是

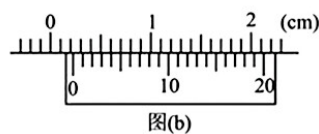
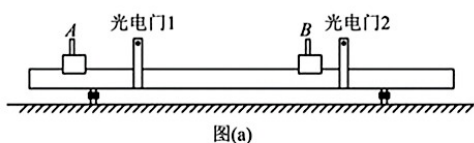


( )

- A. 传送带沿顺时针方向匀速转动      B. 传送带转动的速度大小为  $2\text{m/s}$   
 C. 物块滑上传送带时的初速度大小为  $4\text{m/s}$       D. 物块与传送带间的动摩擦因数为  $0.4$

### 三、实验题（每空 2 分，共 16 分）

11. 某同学利用图 (a) 所示的装置验证碰撞过程中的动量守恒定律。A、B 两滑块均带有弹簧片和宽度相同的遮光片，测得滑块 A、B（包含弹簧片和遮光片）的质量分别为  $m_1$  和  $m_2$ 。将两滑块放在气垫导轨上，气垫导轨右侧两支点高度固定，左侧支点高度可调。

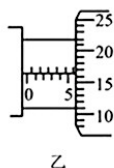
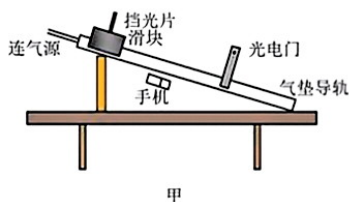


(1) 实验前，该同学用游标卡尺测量遮光条的宽度  $d$ ，结果如图 (b) 所示，则  $d=$ \_\_\_\_\_mm。

(2) 该同学在调节气垫导轨水平时，开启充气泵，将一个滑块轻放在导轨中部后，发现它向右加速运动。此时，应调节左支点使其高度\_\_\_\_\_（填“升高”或“降低”）。

(3) 将气垫导轨调节水平后，给滑块 A 一向右的初速度，使它与滑块 B 发生正碰。碰前滑块 A 通过光电门 1 的遮光时间为  $t_0$ ，A、B 碰后分别通过光电门 1 和 2，遮光时间分别为  $t_1$  和  $t_2$ ，则该同学所要验证的动量守恒定律的表达式为\_\_\_\_\_（用  $m_1$ 、 $m_2$ 、 $t_0$ 、 $t_1$  和  $t_2$  表示）。

12. 某实验小组用气垫导轨验证机械能守恒定律，装置如图甲所示。重力加速度为  $g$ 。



(1) 用螺旋测微器测出挡光片的宽度，示数如图乙所示，则挡光片宽度  $d=$ \_\_\_\_\_mm。

(2) 开动气源，让滑块在气垫导轨上 A 点（图中未标出）由静止释放，滑块通过光电门时，挡光片挡光时间为  $t$ ，用手机的测角度功能测出气垫导轨的倾角  $\theta$ ，用刻度尺测出滑块在 A 点时挡光片到光电门的距离  $L$ ，若滑块的质量为  $m$ ，则滑块从 A 点滑到光电门，滑块动能的增加量为  $\Delta E_k =$ \_\_\_\_\_，重力势能的减少量  $\Delta E_p =$ \_\_\_\_\_（用  $m$ 、 $d$ 、 $t$ 、 $g$ 、 $L$  和  $\theta$  表示）。

(3) 改变气垫导轨的倾角多次实验，每次滑块均从 A 点由静止释放，记录每次测得的气垫导轨的倾角  $\theta$ ，挡光片挡光的时间  $t$ ，根据测得的多组数据，作  $\frac{1}{t^2} - \sin \theta$  图像，如果图像是一条过原点的倾斜直线，且图像的斜率等于\_\_\_\_\_，则表明滑块滑动过程中机械能守恒。实验中为了减小实验误差，采用图像法处理数据，这是为了减小\_\_\_\_\_（填“偶然”或“系统”）误差。

#### 四、解答题（共 38 分）

13. (10 分) 一款气垫运动鞋如图甲所示，在鞋底塑料空间内设置有可形成气垫的储气腔，里面充满气体（可视为理想气体），运动时通过压缩气体来提供一定的缓冲效果，降低运动时脚踝和地面撞击造成的损伤。单只鞋子鞋底的塑料空间可等效为如图乙所示的模型，已知鞋子未被穿上时，环境温度为  $T_0 = 300\text{K}$ ，每只鞋气垫内气体体积为  $V_0 = 36\text{cm}^3$ ，压强为  $p_0 = 1.0 \times 10^5\text{Pa}$ ，等效作用面积恒为  $S = 200\text{cm}^2$ ，忽略鞋底其他结构产生的弹力，取  $g = 10\text{m/s}^2$ 。

(1) 若质量为  $m = 88\text{kg}$  的运动员穿上该运动鞋，单脚站立时，气垫不漏气，且气垫内气体与环境温度始终相等，求触地的鞋气垫内气体的体积。

(2) 若某次跑步过程中，气垫内气体被反复压缩、扩张，最终气垫内气体恢复初始体积，温度变为  $1.2T_0$ ，求此时气垫内气体的压强。

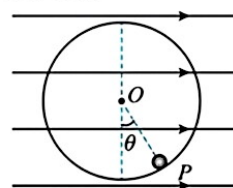


14. (12 分) 如图所示，竖直固定的光滑绝缘圆轨道处于水平方向的匀强电场中，轨道半径为  $R$ 。一质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  ( $q > 0$ ) 的带电小球（可视为质点）在轨道内侧的  $P$  点处于静止，过  $P$  点的轨道半径与竖直方向的夹角  $\theta = 37^\circ$ ， $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ ，重力加速度为  $g$ 。某时刻，沿轨道切线方向给小球一大小为  $v$  的速度，使小球能沿轨道做完整的圆周运动。

(1) 求电场强度的大小；

(2) 求小球做圆周运动通过  $P$  点时对轨道的压力大小；

(3) 设  $P$  点的电势为零，求小球在运动过程中的最大电势能和最大动能。

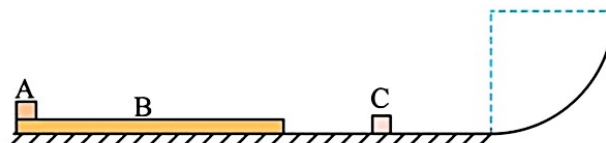


15. (本题 16 分) 如图所示，光滑固定轨道由足够长的水平直轨和  $\frac{1}{4}$  圆弧平滑连接组成，木板  $B$  静止在直轨上，小物块  $A$  放在长木板  $B$  的左端，小物块  $C$  静置于木板  $B$  的右侧水平直轨上。已知  $A$ 、 $B$ 、 $C$  的质量分别为  $m$ 、 $3m$ 、 $6m$ ，木板  $B$  长为  $L$ 。现给小物块  $A$  一水平向右的初速度  $v_0$ ，经过一段时间后木板  $B$  与小物块  $C$  发生弹性碰撞，小物块  $C$  冲上圆弧轨道后一段时间， $A$ 、 $B$  两物块相对地面静止，此时物块  $A$  距木板  $B$  的左端距离为  $0.9L$ ，又经过一段时间，物块  $C$  返回水平轨道第二次与木板  $B$  发生弹性碰撞。求：

(1)  $B$ 、 $C$  第一次碰撞前瞬间  $B$  的速度大小；

(2) 从  $A$  开始运动到  $B$ 、 $C$  第二次碰撞前， $A$ 、 $B$  间因摩擦产生的热量  $Q$ ；

(3) 通过计算说明物块  $A$  最终是否与木板  $B$  脱离。



《惠州市实验中学 2026 届高三（上）12 月阶段性检测 物理》参考答案

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	D	C	B	B	B	D	D	AC	AB	ABC

1. D 【详解】AB. 手对手提包的作用力大小不变始终等于包的重力，故 AB 错误；

CD. 包带与竖直方向得夹角为  $\alpha$ ，则  $2T \cos \alpha = mg$ ，解得  $T = \frac{mg}{2 \cos \alpha}$

一根手指拎手提包时  $\alpha$  较大， $\cos \alpha$  较小，则  $T$  较大，故 C 正确，D 错误。

故选 D。

2. C 【详解】A. 嫦娥五号在轨道上经过  $P$  点时经加速后进入轨道 II 运行，故嫦娥五号在轨道 I 上  $P$  处的速率小于在轨道 II 运行至  $P$  处时速率；加速后引力势能不变，动能增大，则机械能增大，AD 错误；

B. 由于椭圆轨道 II 的半长轴大于圆形轨道 I 的半径。根据开普勒第三定律可知。嫦娥五号探测器沿着椭圆轨道 II 运行的周期大于沿着圆形轨道 I 的周期，B 错误；

C. 在  $P$  处时万有引力  $F = G \frac{Mm}{r^2}$ ，解得  $a = \frac{GM}{r^2}$

则在轨道 I 和 II 上运行至  $P$  处时加速度大小相等，C 正确。故选 C。

3. B 【详解】ACD. 由  $v-t$  图像可知， $0 \leq t \leq 140s$  时，和谐号动车速度大于复兴号高铁， $t > 140s$  时，和谐号动车速度小于复兴号高铁，故复兴号高铁追上和谐号动车前， $t = 140s$  时两车相距最远，根据  $v-t$  图像与坐标轴围成的面积表示位移，可知复兴号高铁追上和谐

号动车前，两车最远相距  $\Delta x = \frac{1}{2} \times 140 \times 70 - \frac{1}{2} \times (140 - 70) \times 70m = 2450m$ ，故 ACD 错误；

B. 复兴号高铁的加速度为  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{70}{140 - 70} m/s^2 = 1m/s^2$

复兴号高铁加速达到最大速度所需的时间为  $t_1 = \frac{v_m}{a} = \frac{95}{1} = 95s$ ，故 B 正确。故选 B。

4. B 【详解】A. 因 A 做斜上抛运动，则经过  $P$  点时用时间较长，可知 A 后经过  $P$  点，A 错误；

B. 因 A、B 水平位移相等，而 A 运动时间较长，可知 A 的水平速度较小，即抛出后 A 初速度的水平分量一定小于 B 初速度的水平分量，B 正确；

C. 抛出前在最低点，加速度向上，处于超重状态，C 错误；

D. 起抛处，手对秧苗的作用力为  $F = mg \cos \theta$  ( $\theta$  为手对秧苗的作用力与竖直方向的夹

角) 可知手对秧苗的作用力一定小于秧苗的重力，D 错误。故选 B。

5. B 【详解】A. 速度变化量为矢量，初速度向下为  $-6m/s$ ，末速度向上为  $8m/s$ ，故

$\Delta v = v_{末} - v_{初} = 8m/s - (-6m/s) = 14m/s$ ，故 A 错误；

BC. 根据动量定理, 总冲量为动量变化量  $\Delta p = m\Delta v = 0.27 \text{ kg} \times 14 \text{ m/s} = 3.78 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

总冲量由手臂作用力  $F$  和重力共同提供, 即  $(F - mg)\Delta t = \Delta p$

$$\text{解得 } F = \frac{\Delta p}{\Delta t} + mg = \frac{3.78}{0.2} \text{ N} + 0.27 \times 10 \text{ N} = 21.6 \text{ N}$$

根据牛顿第三定律, 排球对手臂的平均作用力大小为  $21.6 \text{ N}$ , 故 B 正确, C 错误;

D. 排球受到手臂的冲量为  $I = F\Delta t = 21.6 \times 0.2 \text{ N} \cdot \text{s} = 4.32 \text{ N} \cdot \text{s}$ , 故 D 错误。故选 B。

6. D 【详解】由题知重物缓慢上升  $h$ , 则重力做功为  $W_G = -mgh$ , 重力势能增加  $mgh$

整个过程, 根据功能关系有  $W_F + W_{\text{弹}} + W_G = 0$ , 解得  $W_{\text{弹}} = mgh - W_F$

故弹性势能增加  $\Delta E_p = -W_{\text{弹}} = W_F - mgh$ 。故选 D。

7. D 【详解】A. 根据牛顿第三定律得知两个电荷间的相互作用力大小相等, 由牛顿第二

定律得  $F = ma$ , 得:  $\frac{a_A}{a_B} = \frac{m_B}{m_A} = \frac{2m}{m} = 2$ , 得:  $a_B = \frac{1}{2} a_A = \frac{1}{2} a$ 。故 A 错误;

BCD. 将两个电荷同时释放, 系统所受的合外力为零, 取 A 的速度方向为正方向, 根据动量守恒定律得:  $0 = mv - 2mv_B$ , 得  $v_B = v/2$ ;

由能量守恒定律得: 此过程中系统的电势能减少量为:  $\Delta E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2} \cdot 2m(\frac{v}{2})^2 = \frac{3}{4}mv^2$

故 BC 错误, D 正确。故选 D。

8. AC 【详解】A. 图乙为质点 P 的振动图像, 可知在  $t = 1.0 \text{ s}$  时质点 P 沿 y 轴负方向振动, 结合波形图 and 同侧法可知, 波沿 x 轴负方向传播, 故 A 正确;

B. 由图甲知波长为  $4 \text{ m}$ , 图乙知周期为  $2 \text{ s}$ , 则传播速度为  $v = \frac{\lambda}{T} = 2 \text{ m/s}$ , 故 B 错误;

C. 由图乙知  $t = 2.0 \text{ s}$  时, 质点 P 的速度沿 y 轴的正方向, 故 C 正确;

D. 从  $t = 0.5 \text{ s}$  到  $t = 2.0 \text{ s}$ , 质点振动了  $\frac{3}{4}T$ , 质点 P 通过的路程为  $s = 3A = 0.3 \text{ m}$ , 故 D 错误。

9. AB

【详解】A. 脏空气中的微粒带电后, 运动到格栅板被吸收, 格栅板为正极, 说明微粒受力方向与电场方向相反, 即微粒带负电, 故 A 正确;

B. 沿电场线方向电势逐渐降低, 故 M 点的电势比 P 点低, 故 B 正确;

C. 根据电场线的疏密程度可知, M 点的电场线较 P 点密集, 故 M 点电场强度较 P 点大, 故 C 错误;

D. 微粒带负电, 根据  $E_p = q\varphi$ ,  $M$  点的电势比  $P$  点的电势低, 带电微粒在  $M$  点的电势能比在  $P$  点的大, 故 D 错误。故选 AB。

10. ABC【详解】A. 物块运动一段时间后返回, 可知物块受摩擦力向右, 因此传送带沿顺时针方向转动, 故 A 正确;

BC. 设物块滑上传送带的初速度大小为  $v_0$ , 物块做匀变速运动的加速度大小为  $a$ , 结合图

像可知  $0 \sim 3s$  的位移大小等于  $3s \sim 4.5s$ , 有  $v_0 t_1 - \frac{1}{2} a t_1^2 = -(v_0 - a t_1)(t_2 - t_1)$ ,  $v_0^2 = 2 a x_0$

代入  $t_1 = 3s$ ,  $t_2 = 4.5s$ ,  $x_0 = 4m$

解得  $v_0 = 4m/s$ ,  $a = 2m/s^2$

设传送带速度为  $v$ , 有  $v = -(v_0 - a t_1) = 2m/s$ , 故 BC 正确;

D. 根据牛顿第二定律可得  $a = \frac{\mu m g}{m} = \mu g = 2m/s^2$

可得物块与传送带间的动摩擦因数为  $\mu = 0.2$ , 故 D 错误。故选 ABC。

11. 2.25 降低  $\frac{m_1}{t_0} = \frac{m_2}{t_2} - \frac{m_1}{t_1}$

【详解】(1) [1]由图 (b) 可知, 遮光条的宽度为  $d = 2mm + 5 \times 0.05mm = 2.25mm$

(2) [2]开启充气泵, 将一个滑块轻放在导轨中部后, 发现它向右加速运动, 说明左高右低, 则应调节左支点使其高度降低。

(3) [3]根据滑块经过光电门的瞬时速度近似等于平均速度可得, 滑块 A 碰前通过光电门 1

时的速度大小为  $v_0 = \frac{d}{t_0}$

方向水平向右, 同理可得, 滑块 A 碰后通过光电门 1 时的速度大小为  $v_1 = \frac{d}{t_1}$

方向水平向左, 滑块 B 碰后通过光电门 2 时的速度大小为  $v_2 = \frac{d}{t_2}$

方向水平向右, 若碰撞过程动量守恒, 取向右为正方向, 则有  $m_1 v_0 = -m_1 v_1 + m_2 v_2$

整理可得  $\frac{m_1}{t_0} = \frac{m_2}{t_2} - \frac{m_1}{t_1}$

12. (1)5.664/5.665/5.666

$$(2) \quad \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t}\right)^2 \quad mgL\sin\theta$$

$$(3) \quad \frac{2gL}{d^2} \quad \text{偶然}$$

【详解】(1) 螺旋测微器读数为固定刻度读数加可动刻度读数，即  
 $d = 5.5\text{mm} + 16.5 \times 0.01\text{mm} = 5.665\text{mm}$

$$(2) \quad [1][2] \text{ 滑块动能的增加量 } \Delta E_k = \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t}\right)^2$$

$$\text{重力势能的减少量 } \Delta E_p = mgL\sin\theta$$

$$(3) \quad [1][2][3] \text{ 如果机械能守恒，则 } \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t}\right)^2 = mgL\sin\theta$$

$$\text{得到 } \frac{1}{t^2} = \frac{2gL}{d^2} \sin\theta$$

当图像的斜率等于  $\frac{2gL}{d^2}$  时，则表明滑块运动过程中机械能守恒。采用图像法处理数据，这是为了减小偶然误差。

$$13. (1) 0.2\text{J} (2) 25\text{cm}^3 (3) 1.2 \times 10^5 \text{Pa}$$

$$\text{【详解】} (1) \text{ 人穿上后气体压强 } p_1 = p_0 + \frac{mg}{S} = \left(10^5 + \frac{880}{200 \times 10^{-4}}\right) \text{Pa} = 1.44 \times 10^5 \text{Pa}$$

$$\text{根据玻意耳定律 } p_0 V_0 = p_1 V_1$$

$$\text{解得 } V_1 = 25\text{cm}^3$$

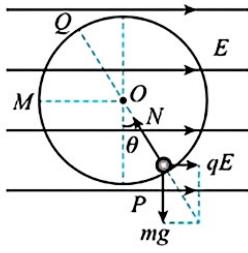
$$(2) \text{ 由查理定律可知 } \frac{p_0}{T_0} = \frac{p_2}{T_2}$$

$$\text{解得 } p_2 = 1.2 \times 10^5 \text{Pa}$$

$$14. (1) \frac{3mg}{4q}; (2) \frac{5}{4}mg + m\frac{v^2}{R}; (3) \frac{6}{5}mgR, \frac{1}{2}mv^2$$

【详解】(1) 小球在  $P$  点受到重力  $mg$ 、电场力  $qE$  和轨道的支持力作用处于平衡状态，如

图所示



根据几何关系有  $mg \tan \theta = qE$

$$\text{解得 } E = \frac{3mg}{4q}$$

(2) 小球做圆周运动, 在  $P$  点受到重力  $mg$ 、电场力  $qE$  及轨道的支持力  $F_N$  的作用, 合力

提供向心力, 由牛顿第二定律得  $F_N - \frac{mg}{\cos \theta} = m \frac{v^2}{R}$

$$\text{解得 } F_N = \frac{5}{4}mg + m \frac{v^2}{R}$$

根据牛顿第三定律得, 小球通过  $P$  点时对轨道的压力大小为  $F'_N = F_N = \frac{5}{4}mg + m \frac{v^2}{R}$

(3) 轨道上  $M$  ( $M$  点与轨道圆心  $O$  等高, 且在轨道的最左端) 的电势最高, 小球在该点的电势能最大设为  $E_p$ , 由电场力做功与电势能的关系得  $-qER(1 + \sin \theta) = 0 - E_p$

$$\text{解得 } E_p = \frac{6}{5}mgR$$

小球运动到  $P$  点时动能最大, 设小球最大动能为  $E_k$ , 则  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

15. (1)  $\frac{1}{4}v_0$ ; (2)  $\frac{5}{12}mv_0^2$ ; (3) 见解析

【详解】(1) B、C 碰撞前瞬间对 A、B 系统, 由动量守恒可得  $mv_0 = mv_A + 3mv_B$

B、C 第一次碰撞前后动量守恒、动能守恒, 有

$$3mv_B = 3mv'_B + 6mv_C$$

$$\frac{1}{2} \times 3mv_B^2 = \frac{1}{2} \times 3mv'^2_B + \frac{1}{2} \times 6mv_C^2$$

B、C 发生第一次碰撞后, 对 A、B 系统由动量守恒可得  $mv_A + 3mv'_B = 0$

联立以上方程解得  $v'_B = -\frac{1}{3}v_B$ ,  $v_C = \frac{2}{3}v_B$

解得  $v_B = \frac{1}{4}v_0$

(2) 两个过程中总的摩擦生热  $Q = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2} \times 6mv_C^2$

解得  $Q = \frac{5}{12}mv_0^2$

(3) B、C 第二次碰撞，由动量守恒和动能守恒  $6mv_C = 6mv'_C + 3mv''_B$

$$\frac{1}{2} \times 6mv_C^2 = \frac{1}{2} \times 6mv'^2_C + \frac{1}{2} \times 3mv''^2_B$$

解得  $v'_C = \frac{1}{18}v_0$ ,  $v''_B = \frac{2}{9}v_0$

假设 A 没有滑离木板 B，A、B 最终将共速，由动量守恒定律可得  $3mv''_B = (m + 3m)v_{共}$

解得  $v_{共} = \frac{1}{6}v_0$

此过程摩擦生热  $Q' = \frac{1}{2} \times 3mv''^2_B - \frac{1}{2} \times 4mv_{共}^2 = \frac{1}{54}mv_0^2$

摩擦生热与相对位移成正比  $\frac{Q'}{Q} = \frac{\Delta x}{\frac{9}{10}L}$

解得  $\Delta x = \frac{1}{25}L < \frac{1}{10}L$

所以假设成立。由于  $v_{共} > v'_C$ ，之后 B、C 不会再次碰撞，故物块 A 不会与木板 B 脱离。