

变试题原题答案

【原卷 1 题】 【正确答案】 A

【点石立意】 选取教材中的几幅典型插图，考查对重要物理实验的掌握

【试题解析】 **【点石思路】** 根据自由落体运动的规律有 $h = \frac{1}{2}gt^2$ ，可得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ， t 与 \sqrt{h} 成正比，故 t 的刻度是不均匀的，故 A 项正确；乙图中显示的是花粉颗粒不同时刻的位置，并把这些位置用折线连接起来，不是运动轨迹，故 B 项错误；库仑通过此实验装置研究得出电荷之间的静电力与它们之间的距离的平方成反比关系的

结论，故 C 项错误；卢瑟福通过分析 α 粒子散射实验结果得出了原子的核式结构模型，故 D 项错误。

【点石拓展】 教材里的其他重要演示实验重要物理学家的贡献常常命成选择题

【点石点评】 应熟悉教材中的典型插图所介绍的重要物理现象、规律和应用

【原卷 2 题】 【正确答案】 D

【点石立意】 结合氢原子能级图分析氢原子跃迁产生的四种光的能量、动量和频率大小

【试题解析】 **【点石思路】** 由 $\varepsilon = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$ 可知， H_{δ} 的波长最短，光子能量最大，是氢原子从 $n=6$ 能级向 $n=2$ 能级跃迁时产生的，故 A、B 项错误；由 $p = \frac{h}{\lambda}$ 可知， H_{δ} 的波长最短，光子动量最大，故 C 项错误；由光电效应

发生条件可知，能量越大（频率越高）的光子越能发生光电效应，故它一定是 H_{δ} 对应的光子，故 D 项正确。

【点石拓展】 结合后面复习可以考这四种光的几何光学和物理光学中一些物理量的大小排队

【点石点评】 结合氢原子能级图会用玻尔理论分析氢原子跃迁时产生的氢原子光谱图，知光电效应产生的条件

【原卷 3 题】 【正确答案】 A

【点石立意】 以无人机送外卖为切入点，对其 $v-t$ 图像分析，求位移、运动状态、冲量、做功

【点石思路】 由 $v-t$ 图像与时间轴围成的面积表示位移可知，上升过程无人机升高了 $h = \frac{3+10}{2} \times 4 \text{ m} = 26 \text{ m}$ ，

【试题解析】 故 A 项正确；7 s 末物品向上做匀减速直线运动，处于失重状态，故 B 项错误；上升过程，由动量定理得 $I - mgt - ft = 0 - 0$ ，解得 $I = 1.2mgt = 240 \text{ N}\cdot\text{s}$ ，故 C 项错误；上升过程，由动能定理得 $W - mgh - fh = 0 - 0$ ，解得 $W = 1.2mgh = 624 \text{ J}$ ，故 D 项错误。

【点石拓展】 求无人机对物品的前 3s 和 4s 的拉力之比，拉力的最大功率等

【点石点评】 应会由 $v-t$ 图像求位移，求加速度，进而分析运动状态、求冲量和做功

【原卷 4 题】 【正确答案】 D

【点石立意】 考查带电粒子在电场中运动，由电场线和轨迹线（双线）判断场强、加速度、动能和电势能的大小比较

【试题解析】 **【点石思路】** 带负电的粒子只受电场力作用做曲线运动，电场力指向轨迹内侧，电场力方向向左，可知正电荷（场源）在直线左侧， a 点距正点电荷较近，根据 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 可知 $E_a > E_b$ ，故 A 项错误；根据 $F = Eq = ma$

可知 $a_a > a_b$ ，故 B 项错误；粒子从 a 点运动到 b 点，电场力对粒子做负功，粒子的动能减少，则 $E_{ka} > E_{kb}$ ，

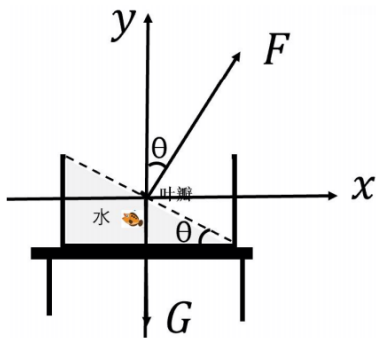
故 C 项错误；粒子从 a 点运动到 b 点，粒子的动能减小，粒子的电势能增大，则 $E_{pa} < E_{pb}$ ，故 D 项正确。

【点石拓展】 还可以比较电场力的大小、电场力做功的正负；也可以把电场线改为等势面

【点石点评】 要能利用轨迹分析受力，结合点电荷电场特点比较场强、加速度大小，进而分析电场力做功，比较动能和电势能大小

【原卷 5 题】 【正确答案】 B

【试题解析】 **【点石立意】** 随车做匀加速直线运动的鱼缸，对叶瓣的分析求加速度
【点石思路】 对叶瓣进行受力分析：



竖直方向有 $F \cos \theta = mg$, 水平方向有 $F \sin \theta = ma$, 由几何关系得 $\tan \theta = \frac{1}{2}$, 解得 $a = g \tan \theta = 5 \text{ m/s}^2$,

故 B 项正确。

【点石拓展】再给出初速度, 求运动的位移和末速度

【点石点评】会求加速度

【原卷 6 题】 【正确答案】 C

【点石立意】传送带经典模型, 考查牛顿第二定律, 匀变速直线运动规律、摩擦生热求解等典型问题

【试题解析】 【点石思路】包裹刚放上传送带时, 对包裹由牛顿第二定律可得 $mg \sin 37^\circ + \mu mg \cos 37^\circ = ma_1$, 解得

$a_1 = 10 \text{ m/s}^2$, 故 A 项错误; 包裹与传送带共速用时 $t_1 = \frac{v}{a_1} = 0.2 \text{ s}$, 包裹的位移 $x_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = 0.2 \text{ m}$, 传

送带的位移 $x_1' = vt_1 = 0.4 \text{ m}$, 此后包裹继续做匀加速直线运动, 加速度大小为

$a_2 = g \sin 37^\circ - \mu g \cos 37^\circ = 2 \text{ m/s}^2$, 由 $x_2 = vt_2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2 = L - x_1$, 解得 $t_2 = 1 \text{ s}$, 传送带的位移

$x_2' = vt_2 = 2 \text{ m}$, 包裹从 A 点运动到 B 点的时间 $t = t_1 + t_2 = 1.2 \text{ s}$, 故 B 项错误; 包裹运动到 B 点时的速度

为 $v_B = v + a_2 t_2 = 4 \text{ m/s}$, 故 C 项正确; 包裹与传送带之间因摩擦产生的热量 $Q = \mu mg \cos 37^\circ (x_1' - x_1)$

$+ \mu mg \cos 37^\circ (x_2 - x_2') = 9.6 \text{ J}$, D 项错误。

【点石拓展】传送带对物理做功, 电动机多做的功; 包裹带初速度 (分大于传送带速度, 小于传送带速度) 下滑

【点石点评】对传送带问题, 能结合双方速度分析物体受力, 进而分析运动规律, 求解加速度、摩擦力冲量、摩擦生热等

【原卷 7 题】 【正确答案】 D

【点石立意】对闭合电路的测量, 得出滑动变阻器的 U-I 图、功率 $P-R$ 图、电源的效率 $\eta-R$ 图, 进而求出电阻大小, 特殊点的坐标 (物理量)

【试题解析】

【点石思路】图乙中 $I_{\max} = \frac{E}{R_0 + r} = \frac{3}{r+1} \text{ A} = 1.0 \text{ A}$, 解得 $r=2 \Omega$, 电源的效率

$\eta = \frac{I^2 (R_0 + R)}{I^2 (r + R_0 + R)} = \frac{R_0 + R}{r + R_0 + R}$, 可得 $\frac{1 + R_3}{2 + 1 + R_3} = 0.9$, 解得滑动变阻器的最大电阻 $R_3 = 17 \Omega$, 故 A 项错

误; 图乙中 $I_1 = \frac{E}{R_0 + r + R_3} = 0.15 \text{ A}$, 故 B 项错误; 图丙中当滑动变阻器接入电路的电阻 $R_2 = r + R_0 = 3 \Omega$

时, 滑动变阻器的功率最大, 即 $P_{\max} = \frac{E^2}{4(R_0 + r)} = \frac{3}{4} \text{ W}$, 故 C 项错误; 图丙中由

$(\frac{E}{R_1 + R_0 + r})^2 \times R_1 = (\frac{E}{R_3 + R_0 + r})^2 \times R_3$, 整理得 $(r + R_0)^2 = R_1 \times R_3$, 可得 $R_1 = \frac{9}{17} \Omega$, 故 D 项正确。

【点石拓展】a 点的纵坐标, b 点的纵坐标

【点石点评】对闭合电路, 应熟悉等效内阻的处理、闭合电路欧姆定律、电源总功率、输出功率、定值电阻功率和效率的求解和分析其最大功率

【原卷 8 题】 【正确答案】 BCD

【点石立意】以鱼洗仪器为切入点，考查波动与振动的联系、波的传播规律、波的干涉规律

【点石思路】由波的形成原理可知两质点此时刻振动方向都沿 y 轴负方向，故 A 项错误；波速

【试题解析】 $v = \lambda f = 0.08 \times 2 \text{ m/s} = 0.16 \text{ m/s}$ ，故 B 项正确；两列波相遇用时为 $t = \frac{\Delta x}{2v} = \frac{0.24 - 0.08}{2 \times 0.16} \text{ s} = 0.5 \text{ s}$ ，C 项正确；两波源到 $x = 16 \text{ cm}$ 处的质点的距离差为 0，是振动加强点，振幅为 6 cm，D 项正确。

【点石拓展】稳定后有多少个振动加强点、多少个振动减弱点

【点石点评】应该熟悉波动与振动的联系、波的传播规律、波传播过程中的特有现象（干涉衍射多普勒效应）

【原卷 9 题】 【正确答案】 AD

【点石立意】结合我国航天航空的高质量发展，考查卫星绕地球运动的规律

【点石思路】由 $G \frac{Mm}{(2R)^2} = m \left(\frac{2\pi}{T_1} \right)^2 2R$ 和 $M = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$ ，可以求出小行星的质量 M 和密度 ρ ，故 A 项正确；由 $G \frac{Mm}{r^2} = ma$ 解得 $a = \frac{GM}{r^2}$ ，故 $\frac{a_P}{a_Q} = \left(\frac{r_Q}{r_P} \right)^2 = \frac{9}{1}$ ，故 B 项错误；椭圆轨道 II 的半长轴

$a = \frac{R + R + R + 5R}{2} = 4R$ ，轨道 I 的半径为 $2R$ ，由开普勒第三定律可得 $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{(2R)^3}{(4R)^3}$ ，解得 $T_2 = 2\sqrt{2}T_1$ ，

故 C 项错误；由开普勒第二定律得 $v_{\text{近}} r_{\text{近}} = v_{\text{远}} r_{\text{远}}$ ，可得 $v_{\text{近}} : v_{\text{远}} = 3 : 1$ ，即最大速率与最小速率之比为 3:1，故 D 项正确。

【点石拓展】卫星 P 到 Q 机械能和速度的变化，I 轨道和 II 轨道机械能的变化

【点石点评】应熟悉开普勒第二定律和开普勒第三定律分析椭圆轨道、对圆轨道会用万有引力提供向心力分析其加速度、速度、角速度、周期等问题

【原卷 10 题】 【正确答案】 ABC

【点石立意】以重物拉弹簧振子做简谐运动为例，考查牛顿第二定律的隔离法、整体法，机械能守恒定律等

【试题解析】【点石思路】刚释放物块 B 瞬间，对物块 A 有 $F_1 = ma$ ，对物块 B 有 $3mg - F_1 = 3ma$ ，联立解得 $a = \frac{3}{4}g$ ， $F_1 = \frac{3mg}{4}$ ，故 A 项正确；物块 A 和 B 所受合力为零时速度最大，对物块 A 有 $F_2 = kx$ ，对物块 B 有 $F_2 = 3mg$ ，

可得此时弹簧的伸长量 $x = 3x_0$ ，系统机械能守恒，有 $3mg \cdot 3x_0 =$

$\frac{1}{2} \times 4mv^2 + \frac{1}{2} k(3x_0)^2$ ，解得物块 A、B 的最大速度 $v = \frac{3}{2} \sqrt{gx_0}$ ，故 B 项正确；物块 B 下落到最低点时物块

A、B 的速度为零，根据机械能守恒定律有 $3mgh = \frac{1}{2} kh^2$ ，解得物块 B 下落的最大高度 $h = 6x_0$ ，故 C 项

正确；物块 B 在最低点时，对物块 A 有 $kh - F_2 = ma'$ ，对物块 B 有 $F_2 - 3mg = 3ma'$ ，解得 $a' = \frac{3}{4}g$ ，故 D 项错误。

【点石拓展】刚释放 B 瞬间的加速度、弹性势能的最大值

【点石点评】应熟悉牛顿第二定律的隔离法、整体法，机械能守恒定律，简谐运动的对称性

【原卷 11 题】 【正确答案】

(1) AC (2 分) (2) 左边 (1 分) (3) 0.94 (0.93~0.97, 3 分) (4) 大于 (2 分)

【点石立意】考查平抛运动实验的基本要求，数据处理（求平抛运动初速度）以及误差分析

【点石思路】

【试题解析】(1) 本实验需确保小球做平抛运动，则斜槽末端切线必须水平，故 A 项正确；小球的直径越小，空气阻力的影响越小，实验效果越好，B 项错误；本实验需要确保小球每次做平抛运动的初速度一样，故要求小球每次需要从同一位置由静止开始释放，故 C 项正确；绘制平抛运动轨迹时应该用平滑的曲线连接，故 D 项错误。

(2) 左边是小球平抛运动到接球槽的位置，右边是反弹后落下的位置，故应选左边。

(3) 由平抛运动规律有 $x = v_0 t$ ， $y = \frac{1}{2} g t^2$ ，解得 $v_0 = x \sqrt{\frac{g}{2y}}$ ，如果取点 (12, 8) 代入，则得

$v_0 = 0.12 \times \sqrt{\frac{9.8}{2 \times 0.08}} \text{ m/s} \approx 0.94 \text{ m/s}$ ，选其他点也可以，结果范围在 0.93~0.97 都对。

(4) 小球通过光电门的速度应为 $v_0 = \frac{d}{t}$, d 为图丁所示的弦长, 而计算中 d 值为直径, 则测量值大于真实值。

【点石拓展】对中途一段轨迹如何求初速度、抛出点

【点石点评】应掌握平抛运动的实验原理、操作注意事项、数据处理等

【原卷 12 题】 【正确答案】

(1) CAD (2分) 19.0 或 19 (2分) (2) = (2分) 25.0 (2分)

【点石立意】考查欧姆表的使用和读数、测电阻率

【点石思路】(1)

【试题解析】

① 指针偏转角度太大, 说明待测电阻阻值小, 故应把选择开关旋转到“ $\times 1$ ”挡的位置, 再将红黑表笔短接进行欧姆调零, 故顺序是 CAD。

② 由图甲可知电阻丝的阻值为 19.0Ω 。

(2) ② 灵敏电流计的示数为 0, 说明 $\varphi_c = \varphi_d$, $\varphi_a = \varphi_e$, $U_{ac} = U_{ed} = E_2$ 。

③ 由 $\frac{R_{ab}}{R_{ac}} = \frac{L_{ab}}{L_{ac}} = \frac{100}{60}$, $R_{ac} = \frac{E_2}{I} = \frac{1.5}{0.1} \Omega = 15 \Omega$, 解得 $R_{ab} = 25.0 \Omega$ 。

【点石拓展】欧姆表电池老化的误差问题、测电阻率的基本方法及误差

【点石点评】会正确使用欧姆表(操作、读数和误差分析), 测电阻(电阻率)的原来方法

【原卷 13 题】 【正确答案】

(1) 0.054 m^3 (2) 6750 J

【点石立意】以轮胎测试为例, 考查温变化、等容变化规律及热力学第一定律的理解

【点石思路】(1) 等温变化过程有 $p_1 V_1 = p_2 V_2$ (2分)

【试题解析】解得 $V_2 = 0.054 \text{ m}^3$ (1分)

(2) 等容变化过程有 $\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3}$ (2分)

其中 $T_2 = T_1 = 300 \text{ K}$

解得 $T_3 = 350 \text{ K}$ (1分)

内能增加 $\Delta U = 135 \times (350 - 300) \text{ J} = 6750 \text{ J}$ (1分)

等容变化过程外界对气体做的功 $W=0$ (1分)

由热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$ (1分)

解得 $Q=6750 \text{ J}$ (1分)

【点石拓展】假设有漏气现象, 如何求漏走的比重

【点石点评】应熟悉气体实验三定律和热力学第一定律

【原卷 14 题】 【正确答案】

(1) $\frac{\sqrt{2}}{2} v_0$ (2) L (3) $(L + \frac{v_0^2 T^2}{4L}, -\sqrt{2} v_0 T)$

【点石立意】考查带电粒子在匀强电场中的类抛体运动、在辐射型电场中的圆周运动以及在交变电场中的偏转

【试题解析】【点石思路】(1) α 粒子在金属板内运动过程, 沿金属板方向有 $L = v_x t$ (1分)

垂直金属板方向有 $\frac{L}{2} = \frac{0 + v_y}{2} t$ (1分)

又 $v_0^2 = v_x^2 + v_y^2$ (1分)

解得 $v = v_x = \frac{\sqrt{2}}{2} v_0$ (1分)

(2) α 粒子在静电分析器中做匀速圆周运动, 由电场力提供向心力可得 $2eE_0 = m \frac{v^2}{r}$ (2分)

解得 $r = L$ (1分)

(3) α 粒子在第 IV 象限, $0 \sim \frac{T}{2}$ 内有 $x_1 = \frac{1}{2} \times \frac{2eE_0}{m} (\frac{T}{2})^2 = \frac{v_0^2 T^2}{16L}$ (1分)

$y_1 = v \frac{T}{2} = \frac{\sqrt{2} v_0 T}{4}$ (1分)

$$t=2T \text{ 时, } \alpha \text{ 粒子的横坐标为 } x = r + 4x_1 = L + \frac{v_0^2 T^2}{4L} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{纵坐标为 } y = -4y_1 = -\sqrt{2}v_0 T \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{在 } t=2T \text{ 时, } \alpha \text{ 粒子的坐标为 } (L + \frac{v_0^2 T^2}{4L}, -\sqrt{2}v_0 T) \quad (1 \text{ 分})$$

【点石拓展】 $t=4T$ 时 α 粒子的坐标

【点石点评】对电粒子在电场中的运动模型要熟悉（如匀强电场中的加速、减速、类抛体运动；在辐射型电场中的圆周运动；交变电场中的偏转）

【原卷 15 题】 【正确答案】

(1) 3 m/s (2) 4.5 m/s (3) 3.5 m

【点石立意】以传送带，凹槽，板块等典型模型，考查牛顿第二定律，匀变速直线运动、平抛运动、圆周运动、机械能守恒、弹性碰撞等众多重要规律的应用

【试题解析】

【点石思路】(1) A 经过 Q 点时所受支持力与压力 F 大小相等，有 $F - m_A g = m_A \frac{v_Q^2}{R}$ (1 分)

解得 $v_Q = 7 \text{ m/s}$

$$A \text{ 由 } P \text{ 点运动到 } Q \text{ 点过程, 由动能定理可得 } m_A g R (1 - \cos 53^\circ) = \frac{1}{2} m_A v_Q^2 - \frac{1}{2} m_A v_P^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{又 } v_0 = v_P \cos 53^\circ \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得 } v_0 = 3 \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

$$(2) A \text{ 在 } C \text{ 上减速时的加速度大小为 } a_1 = \frac{\mu_1 m_A g}{m_A} = 5 \text{ m/s}^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{假设 } B \text{ 与 } C \text{ 之间不发生相对滑动, 一起加速的加速度大小为 } a_2 = \frac{\mu_1 m_A g - \mu_2 (m_A + m_B + m_C) g}{m_B + m_C} = 2 \text{ m/s}^2$$

$$\text{此时 } B \text{ 与 } C \text{ 间的摩擦力大小为 } f_{BC} = m_B a_2 = 4 \text{ N} < \mu_1 m_B g = 10 \text{ N}, \text{ 故假设成立} \quad (1 \text{ 分})$$

$$A \text{ 从滑上 } C \text{ 到与 } B \text{ 发生碰撞之前 } A \text{ 和 } C \text{ 通过的位移大小分别为 } x_1 = v_Q t - \frac{1}{2} a_1 t^2$$

$$x_2 = \frac{1}{2} a_2 t^2$$

$$\text{又 } x_1 - x_2 = x_0$$

$$\text{联立解得 } t = 0.5 \text{ s}, t' = 1.5 \text{ s (舍去)} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{故 } A \text{ 与 } B \text{ 碰前 } A、B \text{ 的速度分别为 } v_1 = v_Q - a_1 t = 4.5 \text{ m/s}$$

$$v_2 = a_2 t = 1 \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

设 A 与 B 碰后的速度分别为 v_1' 和 v_2' ，由动量守恒定律和机械能守恒定律得

$$m_A v_1 + m_B v_2 = m_A v_1' + m_B v_2' \quad (1 \text{ 分})$$

$$\frac{1}{2} m_A v_1^2 + \frac{1}{2} m_B v_2^2 = \frac{1}{2} m_A v_1'^2 + \frac{1}{2} m_B v_2'^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得 } v_1' = 1 \text{ m/s}, v_2' = 4.5 \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

(3) A 与 B 碰后 A 与 C 共速，此后 B 向右做匀减速运动，加速度大小为 $a_1 = 5 \text{ m/s}^2$

A 与 C 一起向右做匀加速运动，加速度大小为 $a_2 = 2 \text{ m/s}^2$

三者共速后一起做匀减速运动直到停止，设 A 与 B 碰后到三者共速所用时间为 t' ，则有

$$v_1' + a_2 t' = v_2' - a_1 t' = v_{\text{共}} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } t' = 0.5 \text{ s}$$

$$A \text{ 和 } B \text{ 通过的位移大小分别为 } x_1' = \frac{v_1' + v_{\text{共}}}{2} t'$$

$$x_2' = \frac{v_2' + v_{\text{共}}}{2} t' \quad (1 \text{ 分})$$

$$C \text{ 的最短长度为 } d = x_0 + x_2' - x_1' \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得 } d = 3.5 \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

【点石拓展】最终 A 停在何处（距 Q 多远）

【点石点评】对传送带，凹槽，板块等典型模型中遇到的经典运动（匀变速直线运动、平抛运动、圆周运动）要熟悉

变试题答案

1-1【基础】【正确答案】A

【试题解析】【详解】ABC. 做匀加速直线运动的物体，相同时间内的位移逐渐增大，即随着刻度尺的下落，每隔 0.02s 的位移逐渐增大，可知反应时间尺的刻度疏密不均匀，反应时间尺的刻度 B 处较疏，A 处较密，故 A 正确，BC 错误；

D. 反应时间为零指的是甲刚释放刻度尺，乙就夹住，刻度尺并未下落，故反应时间尺的“0”刻度位于 A 处，故 D 错误。

故选 A。

1-2【巩固】【正确答案】D

【试题解析】【详解】A. 库仑利用图甲实验发现了库仑定律；而密立根通过油滴实验测出了元电荷 e 的值，A 错误；

B. 奥斯特利用图乙实验，发现了电流周围存在磁场，B 错误；

C. 布朗根据图丙实验，在显微镜下看到花粉颗粒在做无规则运动，C 错误；

D. 焦耳的热功当量实验是在绝热系统中进行的，与外界不能有热交换，研究对象是容器及容器中的水组成的系统，实验中要使容器和容器中的水组成的系统升高相同的温度，必须要使重物的重力做功相同，D 正确。

故选。

1-3【提升】【正确答案】B

【试题解析】【详解】A. 图甲：密立根通过油滴实验测量了电子的电荷量，揭示了电荷的量子化，A 正确，不符合题意；

B. 库仑通过扭秤实验发现了点电荷间的作用规律，静电力常量既不是库仑通过扭秤测出来的，也不是后人通过库仑扭秤测出来的，而是通过麦克斯韦的相关理论算出来的，B 错误，符合题意；

C. 图丙：卢瑟福根据 α 粒子散射实验的现象提出了原子核式结构模型，C 正确，不符合题意；

D. 图丁：汤姆孙通过阴极射线实验发现了电子，揭示了原子具有内部结构，D 正确，不符合题意。

故选 B。

2-1【基础】【正确答案】C

【试题解析】【详解】A. 只有光子能量等于某较高能级与 $n=3$ 能级能量差的光子，才可能被原子吸收使原子跃迁到较高能级，故 A 错误；

B. 氢原子跃迁到较高能级时一定吸收能量，故 B 错误；

C. 氢原子向低能级跃迁时可以释放三种频率的光子，故 C 正确；

D. 氢原子由 $n=3$ 能级跃迁到基态时释放的光子频率最高，波长最短，故 D 错误。

故选 C。

2-2【巩固】【正确答案】D

【试题解析】【详解】A. 处于基态的氢原子可以吸收 $(-3.40\text{eV}) - (-13.6\text{eV}) = 10.2\text{eV}$ 的光子而被激发，但是不能吸收能量为 10.3eV 的光子，选项 A 错误；

B. 一个氢原子处于 $n=4$ 能级，最多辐射 3 种波长的光，分别对应于 $4 \rightarrow 3$ ， $3 \rightarrow 2$ ， $2 \rightarrow 1$ 的跃迁，选项 B 错误；

C. 从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级辐射光子的能量为 $(-0.85\text{eV}) - (-3.4\text{eV}) = 2.55\text{eV} < 4.54\text{eV}$ ，则当照射钨时不能发生光电效应，选项 C 错误；

D. 能级 $n=4$ 到 $n=3$ 的能级差要比能级 $n=3$ 到 $n=2$ 的能级差小，则氢原子从能级 $n=4$ 跃迁到 $n=3$ 比从能级 $n=3$ 跃迁到 $n=2$ 辐射的电磁波波长要长，选项 D 正确。

故选 D。

2-3【提升】【正确答案】C

【试题解析】【详解】A. 一群氦离子从 $n=4$ 能级向低能级跃迁时可以辐射出 $C_4^2 = 6$ 种频率的光子，A 选项错误；

B. 其中只有从 $n=4$ 能级向 $n=3$ 能级跃迁时所辐射出的光子能最小于 4.54eV ，不能使金属钨发生光电效应，故共有 5 种频率的光能使金属钨发生光电效应，故 B 选项错误；

C. 因为要使处于基态的氢原子发生电离，所需要的光子能量只要达到 13.6eV 就可以，根据辐射光子能

量等于氦离子能级跃迁前后两能级的能量差可得，有三种频率的光子都能使处于基态的氢原子电离，故 C 选项正确；

D. 氦离子和氢原子的两个能级的能量差不同，所以辐射光子的能量不同，由光电效应方程

$E_{k\max} = h\nu - W_0$ 可得，光电子的最大初动能不同，故

D 选项错误。

故选 C。

3-1【基础】【正确答案】D

【试题解析】【详解】A. $v-t$ 图像的面积表示位移，

由图可得 $x = \frac{1}{2}(2+4) \times 3\text{m} = 9\text{m}$

A 错误；

B. 根据牛顿第二定律和求功公式，则有

$$F - \mu mg = ma$$

代入数据解得 $F = 16\text{N}$

故 3s 内，拉力 F 对物体所做的功为

$$W = Fx = 16 \times 9\text{J} = 144\text{J}$$

B 错误；

C. 根据动量定理，合力的冲量等于物体动量的变化量， $I_{\text{合}} = \Delta p = mv - mv_0 = m\Delta v = 6 \times 2\text{N}\cdot\text{s} = 12\text{N}\cdot\text{s}$

C 错误；

D. 同理根据动量定理，则有 $I_F - \mu mgt = m\Delta v$

代入数据解得 $I_F = 48\text{N}\cdot\text{s}$

D 正确。

故选 D。

3-2【巩固】【正确答案】B

【试题解析】【详解】A. 由图乙可知，第 1s 内、第 2s

内物块的位移分别为 $x_1 = 2\text{m}$ ， $x_2 = 4\text{m}$

则前 2s 内拉力做的功为

$$W = F_1x_1 + F_2x_2 = (6 \times 2 + 2 \times 4)\text{J} = 20\text{J}$$

故 A 错误；

B. 图甲中图像与时间轴所包围的面积表示拉力的冲量，故前 4s 内拉力的冲量为

$$I_F = [6 \times 1 + 2 \times 1 + (-2) \times 2]\text{N}\cdot\text{s} = 4\text{N}\cdot\text{s}$$

故 B 正确；

CD. 由题意可知，物块所受的滑动摩擦力大小为

$$F_f = 2\text{N}$$

假设前 4s 内物块一直在运动，设物块在 4s 末的速度

为 v ，由动量定理得 $I_F - F_f t = mv - 0$

得 $v < 0$

说明在 4s 前速度已经减为零，速度减为零后保持静止，故 CD 错误。

故选 B。

3-3【提升】【正确答案】D

【试题解析】【详解】A. $t_1 \sim t_2$ 时间内，根据动量定理

$$I_2 - f(t_2 - t_1) = m(v_m - v_1)$$

汽车牵引力的冲量大小为

$$I_2 = m(v_m - v_1) + f(t_2 - t_1)$$

A 错误；

B. $t_1 \sim t_2$ 时间内，根据动能定理

$$P_0(t_2 - t_1) - fx_2 = \frac{1}{2}mv_m^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

汽车发生的位移大小为

$$x_2 = \frac{P_0(t_2 - t_1) - \frac{1}{2}mv_m^2 + \frac{1}{2}mv_1^2}{f}$$

B 错误；

C. $0 \sim t_2$ 时间内，根据动量定理

$$I - ft_2 = mv_m$$

汽车牵引力的冲量大小为

$$I = mv_m + ft_2$$

C 错误；

D. 汽车做匀加速运动阶段，牵引力恒定，由牛顿第二定律

$F - f = ma$ $0 \sim t_2$ 时间内，根据动能定理

$$F \frac{v_1 t_1}{2} + P_0(t_2 - t_1) - W_f = \frac{1}{2}mv_m^2$$

汽车克服阻力做的功为

$$W_f = \frac{v_1 t_1}{2}(f + ma) + P_0(t_2 - t_1) - \frac{1}{2}mv_m^2$$

D 正确。

故选 D。

4-1【基础】【正确答案】D

【试题解析】【详解】A. 电场线越密，电场强度越大， b 点处电场线较密，故电场中 a 点的电场强度小于 b 点的电场强度，故A错误；

B. 电场线的方向、带电粒子的电性不知，故无法判断电场中 a 、 b 点的电势高低，故B错误；

CD. 曲线运动的合外力指向轨迹的凹侧，可知带电粒子受到的电场力大致向右，粒子从 b 点到 c 点运动过程中，电场力与速度的夹角为锐角，电场力做正功，电势能减小，动能增大，故粒子在 b 点的电势能大于在 c 点的电势能，粒子在 b 点的速度小于在 c 点的速度，故C错误，D正确。

故选D。

4-2【巩固】【正确答案】B

【试题解析】【详解】A. 由于电场线起始于正电荷、终止于负电荷，因此A、B带异种电荷，A项错误；

B. 由电场线分析可知，A的电荷量比B的电荷量大，B项正确；

C. 运动的粒子带正电，由于电场力指向运动轨迹凹的一侧，由此判断，A带负电，粒子从C向D运动过程中，电场力做负功，因此电势能增大，C项错误；

D. 若粒子在C点的速度为零，则粒子开始运动时的加速度沿C处电场线的切线方向，轨迹不可能沿图中的虚线，D项错误。

故选B。

4-3【提升】【正确答案】D

【试题解析】【详解】A. 电子在P点的受力方向与等势面垂直，电子做曲线运动受力方向指向轨迹的凹侧，所以电子在P点的受力方向斜向右下，故A错误；

B. 等差等势线越密，电场强度越大，所以P点场强大于R点场强，则电子在P点受到的电场力大，根据牛顿第二定律可知，电子在P点的加速度大于在R点的加速度，故B错误；

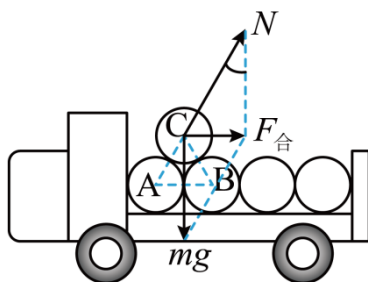
CD. 电子受电场力方向与电场强度方向相反，所以电场强度方向背离PQ实线方向，根据电场线与等势面垂直，且由电势高的地方指向电势低的地方，则从P到R的电势升高，根据公式 $E_p = q\phi$ 可知，电子电

势能减小，动能增大，速度大小一直增大，故D正确，C错误。

故选D。

5-1【基础】【正确答案】C

【试题解析】【详解】对C进行受力分析如下



只受到重力和A对C支持力，由于C加速度向后，故C的合外力水平向后，根据几何关系可知

$$F_{\text{合}} = mg \tan 30^\circ$$

根据牛顿第二定律有

$$F_{\text{合}} = ma$$

联立解得

$$a = \frac{\sqrt{3}}{3}g$$

故选C。

5-2【巩固】【正确答案】D

【试题解析】【详解】将拉力分解为沿水平方向的分量 F_x 和竖直方向的分量 F_y ，根据题意和牛顿第二定律可得

$$f = mg$$

竖直方向

$$F_y - mg - f \cos 60^\circ = m a \sin 30^\circ = \frac{1}{2}mg$$

可得

$$F_y = 2mg$$

水平方向

$$F_x - f \sin 60^\circ = m a \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$$

解得

$$F_x = \sqrt{3}mg$$

因此拉力 F 的大小为

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{7}mg$$

故选D。

5-3【提升】【正确答案】D

【试题解析】【详解】A. 小球随火车运动，加速度相同，小球受重力、支持力，由几何关系可知，支持力与水平夹角为 30° ，由牛顿第二定律

$$\frac{mg}{\tan \theta} = ma$$

可得小车的加速度为

$$a = \sqrt{3}g$$

故 A 错误；

B. 对槽和小球受力分析可知，整体竖直方向平衡，所以竖直方向合力为零，即槽受到的支持力大小等于槽和球的重力之和 $(m+M)g$ ，由牛顿第三定律可得，槽对桌面的压力大小为 $(m+M)g$ ，故 B 错误；

CD. 小球和槽作为整体，水平方向加速度相同，且整体的加速度是槽受到的水平摩擦力产生的，即

$$f = (M+m)a = \sqrt{3}(M+m)g$$

故 C 错误，D 正确。

故选 D。

6-1【基础】【正确答案】D

【试题解析】【详解】A. 根据牛顿第二定律得

$$mg \sin 37^\circ + \mu mg \cos 37^\circ = ma_1$$

解得 $a_1 = 10\text{m/s}^2$

货物和传送带达到共同速度所需要的时间

$$t_1 = \frac{v}{a_1} = 0.4\text{s}$$

下滑的距离 $x_1 = \frac{1}{2}a_1 t_1^2 = 0.8\text{m}$

货物继续加速下滑，根据牛顿第二定律得

$$mg \sin 37^\circ - \mu mg \cos 37^\circ = ma_2$$

解得 $a_2 = 2\text{m/s}^2$

货物下滑到底端的速度 $v_B^2 - v^2 = 2a_2(L - x_1)$

解得 $v_B = 6\text{m/s}$

货物下滑到底端的时间 $L - x_1 = \frac{v + v_B}{2} t_2$

解得 $t_2 = 1\text{s}$

货物从 A 到 B 的时间为 $t = t_1 + t_2 = 1.4\text{s}$ ，A 错误；

BC. 货物与传送带达到相同速度前划痕的长度

$$s_1 = vt_1 - x_1 = 0.8\text{m}$$

货物与传送带达到相同速度后划痕的长度

$$s_2 = (L - x_1) - vt_2 = 1\text{m}$$

货物相对于传送带先向上运动 0.8m，后向下运动

1m，划痕的总长度为 $s = s_2 = 1\text{m}$

货物相对于传送带的路程 $l = s_1 + s_2 = 1.8\text{m}$ ，BC 错误；

D. 根据牛顿第二定律得 $\mu mg = ma_3$

解得 $a_3 = 5\text{m/s}^2$

BC 的长度为 $v_B^2 = 2a_3 x_3$

解得 $x_3 = 3.6\text{m}$ ，D 正确。

故选 D。

6-2【巩固】【正确答案】D

【试题解析】【详解】A. 设传送带长 L ，由功能关系可知传送带对物体做功等于物块机械能的增加，有

$$W = mgL \sin \theta + \frac{1}{2}mv^2, \text{ A 错误；}$$

BD. 物块在传送带上受力分析，由牛顿第二定律有

$$\mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma$$

由运动学知识可知物块与传送带的相对位移为

$$\Delta s = v \cdot \frac{v}{a} - \frac{v}{2} \cdot \frac{v}{a} = \frac{v^2}{2a}$$

则由功能关系可知物块与传送带间因摩擦产生的热量为 $Q = \mu mg \cos \theta \cdot \Delta s$

$$\text{联立解得 } Q = \frac{\mu mv^2 \cos \theta}{2(\mu \cos \theta - \sin \theta)} = \frac{mv^2 \cos \theta}{2(\cos \theta - \frac{\sin \theta}{\mu})}$$

可见若摩擦因数增大，则物块与传送带间因摩擦产生的热量减少，B 错误；D 正确；

C. 小物块做匀加速直线运动，由运动学知识有

$$v^2 = 2aL$$

若摩擦因数增大，由上述分析可知加速度增大，可知物块在达到 N 点前就已经和传送带共速，C 错误。

故选 D。

6-3【提升】【正确答案】C

【试题解析】【详解】A. 根据受力平衡可知，共速后

传送带对货物仍有沿传送带向上的摩擦力，所以共速后摩擦力对货物做功，故 A 错误；

B. 根据牛顿第二定律有 $\mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma$

解得 $a = 2.5 \text{ m/s}^2$

设货物达到与传送带速度相等用时为 t ，则有 $v = at$

解得 $t = 0.8 \text{ s}$

货物与传送带之间因摩擦而产生的热量是

$$Q = \mu mg \cos \theta \left(vt - \frac{v}{2} t \right)$$

解得 $Q = 24 \text{ J}$

故 B 错误；

C. 根据能量守恒，电动机因传送该货物而多消耗的

$$\text{电能为 } E = Q + mgL \sin \theta + \frac{1}{2} mv^2$$

解得 $E = 112 \text{ J}$

故 C 正确；

D. 物体沿传送带向上匀加速运动的加速度与质量无关，所以将质量更大的物体传送到顶端（其他条件不变）所需时间不变，故 D 错误。

故选 C。

7-1【基础】【正确答案】 B

【试题解析】【详解】A. 根据电路图，把定值电阻 R 等效看成电源内阻的一部分，即 $r' = R + r = 6 \Omega$ 。由闭合电路欧姆定律的推论可知，当电源外电阻等于内阻时，电源输出功率最大，即 $R_p = r' = 6 \Omega$

时，滑动变阻器此时消耗的功率最大，为

$$P_2 = \frac{E^2}{4r'} = 1.5 \text{ W}, \text{ 故 A 错误；}$$

B. 由选项 A 分析可知图乙中 $R_1 = r' = 6 \Omega$

时，滑动变阻器此时消耗的功率达最大。根据图乙，可知当 $R_p = 3 \Omega$ 时，滑动变阻器消耗的功率等于 R_2 时

消耗的功率，根据 $P = \left(\frac{E}{R_p + r'} \right)^2 R_p$

$$\text{有 } \frac{E^2}{(3+6)^2} \times 3 = \frac{E^2}{(R_2+6)^2} R_2$$

解得 $R_2 = 12 \Omega$ ，故 B 正确；

C. 对于定值电阻电流越大功率越大，因此滑动变阻器的阻值为零时，定值电阻 R 消耗的功率最大，故

C 错误；

$$\text{D. 电源的效率为 } \eta = \frac{I^2 R_{\text{外}}}{I^2 (R_{\text{外}} + r)} = \frac{1}{1 + \frac{r}{R_{\text{外}}}}$$

调整滑动变阻器的阻值从最右端滑到最左端时， R_p

变大，则 $R_{\text{外}}$ 变大，电源的效率一直增大，故 D 错误。

故选 B。

7-2【巩固】【正确答案】 B

【试题解析】【详解】A. 由闭合电路的欧姆定律

$$U = E - I(R_2 + r)$$

结合图像可知 $2 = E - 0.1(2 + r)$

$$1 = E - 0.3(2 + r)$$

解得 $E = 2.5 \text{ V}$ ， $r = 3 \Omega$ ，故 A 错误，B 正确；

C. 当外电阻等于内阻时电源输出功率最大，即

$R_1 + R_2 = r$ 时，电源输出功率最大，此时 $R_1 = 1 \Omega$ ，

故 C 错误；

D. 滑片从左往右移的过程中， R_1 一直减小，外电路

$$\text{总电阻一直减小，根据 } \eta = \frac{UI}{EI} = \frac{R_{\text{外}}}{R_{\text{外}} + r} = \frac{1}{1 + \frac{r}{R_{\text{外}}}} \text{ 可}$$

知，电源的效率一直在减小，故 D 错误。

故选 B。

7-3【提升】【正确答案】 D

【试题解析】【详解】A. 根据闭合电路欧姆定律有

$$U = E - I(r + R_0)$$

因 V_2 测量的是电动机与滑动变阻器串联部分的电

压，故图线 I 对应电压表 V_2 ，图线 II 对应电压表 V_1 ，

故 A 错误；

B. 根据图线 I 中提供的两组数据，即 $U_1 = 3.2 \text{ V}$ ，

$$I_1 = 0.2 \text{ A}; U_2 = 2.4 \text{ V}, I_2 = 0.6 \text{ A}$$

$$\text{代入 } U = E - I(r + R_0)$$

$$\text{可得 } 3.2 \text{ V} = E - 0.2(r + R_0), 2.4 \text{ V} = E - 0.6(r + R_0)$$

联立解得 $E = 3.6\text{V}$, $r = 1\Omega$, 故 B 错误;

C. 图线 II 对应电压表 V_1 , 当电流表读数最小为 0.2A

时, 滑动变阻器的阻值为最大, 此时电压表 V_1 的示

数为 $U'_1 = 0.4\text{V}$, 可得滑动变阻器两端电压为

$$U_r = 3.2\text{V} - 0.4\text{V} = 2.8\text{V}$$

故滑动变阻器的最大阻值为 $R_m = \frac{2.8}{0.2}\Omega = 14\Omega$, 故 C

错误;

D. 电流表的示数为 0.6A 时, 电压表 V_2 的示数为

2.4V , 故电源的效率约为

$$\eta = \frac{2.4 \times 0.6 + 0.6^2 \times 1}{3.6 \times 0.6} \times 100\% = 83.3\%, \text{ 故 D 正确.}$$

故选 D.

8-1 【基础】 【正确答案】 BD

【试题解析】 【详解】 ABC. 由题可知 $\frac{3}{2}\lambda = 3\text{m}$

则 $\lambda = 2\text{m}$

$$\text{周期为 } T = \frac{60}{15} = 4\text{s}$$

$$\text{频率为 } f = \frac{1}{T} = 0.25\text{ Hz}$$

$$\text{故水波的波速为 } v = \frac{\lambda}{T} = \frac{2}{4} = 0.5\text{ m/s}$$

故 AC 错误, B 正确;

D. 两浮漂的距离为半波长的奇数倍, 可得两点速度大小始终相同, 故 D 正确.

故选 BD.

8-2 【巩固】 【正确答案】 CD

【试题解析】 【详解】 A. 由题意知两列波的周期

$T = 1\text{s}$, 每列波在 2s 内传播的距离为 0.4m , 由

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T};$$

得波长为 0.2m , 又因为 A 、 B 两质点的起振方向相反, A 、 B 间距满足波长的整数倍, 故 A 、 B 外侧均为减弱点, 故 A 错误;

B. 加强点满足该点距 A 、 B 的位移差为半波长的奇数倍, 设加强点距离 A 点为 x , 则距 B 点为 $(0.8 - x)$;

位移差 $\Delta s = |x - (0.8 - x)|$, 令

$$\Delta s = (2n + 1)\frac{\lambda}{2} (n = 0, 1, 2, \dots);$$

计算可得共有 8 个点, 分别距 A 点的距离为 0.05m , 0.15m , 0.25m , 0.35m , 0.45m , 0.55m , 0.65m , 0.75m , 故 B 错误;

C. C 点距 A 点 0.4m , 为减弱点其位移始终为零, 故 C 正确;

D. D 点为加强点, 当 $t = 3.25\text{s}$ 时, 波 II 刚传到 D 点, 从平衡位置向上振动, 此时波 I 已在 D 点振动 2.5s 了, 也从平衡位置向上振动, 再经 0.5s , 质点 D 经平衡位置向下振动, 故 D 正确.

故选 CD.

8-3 【提升】 【正确答案】 AC

【试题解析】 【详解】 A. 由图可知, 波源 Q 的振动先传播到 $x = 5\text{cm}$ 处, 其起振方向沿 y 轴负方向. 故 A 正确;

B. 根据波速的定义式, 可得

$$v = \frac{x}{t} = 2\text{ cm/s}$$

由图可知, 两列波的波长均为 2cm , 则有

$$T = \frac{\lambda}{v} = 1\text{ s}$$

综上所述, 波源 Q 的振动传播到该点所需时间为

$$t_Q = \frac{\Delta x}{v} = \frac{9 - 5}{2}\text{ s} = 2\text{ s} \quad t = 2\text{ s} \text{ 时, 波源 } P \text{ 的振动还未传}$$

播到该质点, 波源 Q 的振动刚传播到该质点. 其路程为零. 故 B 错误;

C. 波源 P 的振动传播到该质点所需时间为

$$t_P = \frac{5 - (-3)}{2}\text{ s} = 4\text{ s}$$

可知 $t = 4\text{s}$ 时, 波源 Q 的振动传播到该点时间后振动的时间为

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

可知 $t = 4\text{s}$ 时, P 波刚传到该质点, Q 波使 $x = 5\text{cm}$ 处质点在平衡位置, 所以其位移为零. 故 C 正确;

D. 设该点为 B , 其到两波源的路程差为

$$PB - QB = (3 + 5)\text{ cm} - (9 - 5)\text{ cm} = 4\text{ cm} = 2\lambda$$

由图可知两列波的起振方向相反, 可知两列波在此相遇后, 该质点是振动减弱点, 振动振幅为

$$A_P - A_Q = 2\text{ cm}. \text{ 故 D 错误.}$$

故选 AC.

9-1 【基础】 【正确答案】 BD

【试题解析】【详解】A. 根据开普勒第二定律可得，地球在 B 点速度大于在 D 点的速度，故 A 错误；
 B. 地球在经过 B 点速度方向与万有引力方向垂直，所以此时所受的太阳引力等于向心力，故 B 正确；
 C. 根据开普勒第二定律可知，地球从 A 运动到 B 速度较大，所用时间为 $t < \frac{1}{4}T$
 故 C 错误；

D. 根据开普勒第三定律有 $\frac{a^3}{T^2} = k$

若绕太阳轨道为圆轨道，则有 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{4\pi^2}{T^2}r$

$$\text{则有 } k = \frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$$

$$\text{联立解得 } M = \frac{4\pi^2 a^3}{GT^2}$$

故 D 正确。

故选 BD。

9-2【巩固】 **【正确答案】** AD

【试题解析】【详解】A. 假设有一圆轨道的卫星绕月球做匀速圆周运动，该圆轨道半径等于环月椭圆冻结轨道的半长轴，根据开普勒第三定律可知，该圆轨道的运行周期为 24h，由万有引力提供向心力可得

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

$$\text{可得月球的质量为 } M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$$

则利用题中的条件可以估算月球的质量，故 A 正确；

B. 鹊桥二号围绕月球做椭圆运动，根据开普勒第二定律可知，从 $A \rightarrow C \rightarrow B$ 做减速运动，从 $B \rightarrow D \rightarrow A$ 做加速运动，则从 $C \rightarrow B \rightarrow D$ 的运动时间大于半个周期，即大于 12h，故 B 错误；

C. 鹊桥二号围绕月球做椭圆运动，根据开普勒第二定律可得 $\frac{1}{2}v_A \Delta t \cdot r_A = \frac{1}{2}v_B \Delta t \cdot r_B$

可得鹊桥二号在 A 、 B 两点的速度大小之比为

$$v_A : v_B = r_B : r_A = 1.8 \times 10^4 : 2.0 \times 10^3 = 9 : 1$$

故 C 错误；

D. 根据牛顿第二定律可得 $\frac{GMm}{r^2} = ma$

可知桥二号在 A 、 B 两点的加速度大小之比为

$$\frac{a_A}{a_B} = \frac{r_B^2}{r_A^2} = \frac{(1.8 \times 10^4)^2}{(2.0 \times 10^3)^2} = \frac{81}{1}$$

故 D 正确。

故选 AD。

9-3【提升】 **【正确答案】** BD

【试题解析】【详解】A. 根据开普勒第三定律有

$$\frac{r_{\text{地}}^3}{T_{\text{地}}^2} = \frac{r_{\text{樊}}^3}{T_{\text{樊}}^2}$$

解得 $T_{\text{樊}} = 5.67$ 年，A 错误；

B. “樊锦诗星”在远日点将做近心运动，其速度 v_1 小于以该位置到太阳距离为半径圆周运动的速度 v_2 ，

根据万有引力提供向心力 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$

$$\text{得 } v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

轨道半径越大，卫星的线速度越小，可知 v_2 小于地球公转速度 v_3 ，所以“樊锦诗星”在远日点的速度小于地球的公转速度，B 正确；

C. 根据牛顿第二定律可知 $G\frac{Mm}{r^2} = ma$

“樊锦诗星”在远日点的加速度与地球的加速度大小之比

$$\text{比为 } \frac{a_1}{a} = \frac{1}{4.86^2}, \text{ C 错误；}$$

D. 轨道半长轴为 3.18 天文单位，远日点到太阳中心距离 r_1 为 4.86 天文单位，则近日点到太阳中心距离 r_2 为 1.5 天文单位，对于“樊锦诗星”在远日点和近日点附近很小一段时间 Δt 内的运动，根据开普勒第二定律有 $\frac{1}{2}v_1 r_1 \Delta t = \frac{1}{2}v_2 r_2 \Delta t$

$$\text{解得 } \frac{v_1}{v_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{1.5}{4.86}, \text{ D 正确。}$$

故选 BD。

10-1【基础】 **【正确答案】** BC

【试题解析】【详解】A. 在 P 点释放物体 A 瞬间，弹簧弹力为零，以 A、B 为整体，根据牛顿第二定律可得

$$m_B g = (m_A + m_B) a$$

解得

$$a = \frac{m_B g}{m_A + m_B} = \frac{2}{3} g$$

可知初始时刻物体 A 的加速度为 $\frac{2}{3}g$ ，故 A 错误；

B. 当物体 B 向下运动到最低点时，根据对称性可知，此时 B 的加速度大小为 $\frac{2}{3}g$ ，方向向上，根据牛顿第二定律可得

$$T_m - m_B g = m_B a$$

解得绳子能承受的最大拉力为

$$T_m = \frac{10}{3}mg$$

故 B 正确；

C. 根据能量守恒可知，物体 B 减少的重力势能转化为弹簧的弹性势能和 A、B 的动能之和，所以重力对 B 做的功与弹簧弹力对 A 做的功之和等于物体 A、B 的动能之和，则物体 A 动能的增加量小于重力对 B 做的功与弹簧弹力对 A 做的功之和，故 C 正确；

D. 物体 B 所受重力对 B 做的功等于物体 B 减少的重力势能，根据能量守恒可知，物体 B 减少的重力势能等于物体 A 与弹簧所组成的系统机械能的增加量与物体 B 的动能增加量之和，故 D 错误。

故选 BC。

10-2 【巩固】 【正确答案】 CD

【试题解析】【详解】A. 释放 A 时，细线刚刚拉直但无拉力作用，弹簧处于压缩状态，B 上升过程中，弹簧弹力对 B 做功。所以，A、B 组成的系统机械能不守恒，故 A 错误；

B. C 刚离开地面时，对 C 有

$$kx_2 = mg$$

此时 B 由最大速度，即

$$a_B = a_C = 0$$

对 B 有

$$T - kx_2 - mg = 0$$

对 A 有

$$Mg \sin \alpha - T = 0$$

解得

$$\alpha = 37^\circ$$

故 B 错误；

C. 释放 A 时，对 B 分析

$$kx_1 = mg$$

得

$$x_1 = \frac{mg}{k} = x_2$$

所以，弹簧的弹性势能改变量为零，故 C 正确；

D. 对于 A、B、C 组成的系统，系统机械能守恒

$$Mg(x_1 + x_2) \sin \alpha = mg(x_1 + x_2) + \frac{1}{2}(M + m)v_m^2$$

得

$$v_m = \frac{6\sqrt{13}}{13} \text{ m/s}$$

故 D 正确。

故选 CD。

10-3 【提升】 【正确答案】 ACD

【试题解析】【详解】A. 物块 A 静止时弹簧弹力

$$F = mg \sin \theta = 5 \text{ N}$$

弹簧的压缩量为 $x_0 = l_0 - l_1 = (1.2 - 1) \text{ m} = 0.2 \text{ m}$

根据胡克定律有 $k = \frac{F}{x_0} = \frac{5}{0.2} \text{ N/m} = 25 \text{ N/m}$ ，故 A 正确；

B. 设 B 与 A 碰前瞬间的速度为 v ，对物块 B 由动能

$$\text{定理得 } mg(L - l_1) \sin \theta = \frac{1}{2}mv^2$$

解得 $v = 4 \text{ m/s}$

之后 A、B 发生完全非弹性碰撞，由动量守恒定律有

$$mv = 2mv_{\text{共}},$$

得碰后 A、B 的速度 $v_{\text{共}} = 2 \text{ m/s}$

当弹簧弹力等于 A、B 的总重力沿斜面向下的分力

时，A、B 的速度最大，设此时弹簧的压缩量为 x_1 ，

$$\text{则 } kx_1 = 2mg \sin \theta$$

由 A、B、弹簧组成的系统机械能守恒有

$$\left(\frac{1}{2} \times 2mv_m^2 - \frac{1}{2} \times 2mv_{\text{共}}^2\right) + \left(\frac{1}{2}kx_1^2 - \frac{1}{2}kx_0^2\right) = 2mg(x_1 - x_0) \sin \theta$$

解得 $x_1 = 0.4 \text{ m}$ ， $v_m = \frac{3\sqrt{2}}{2} \text{ m/s}$ ，故 B 错误；

C. 设物块 A、B 速度减为 0 时弹簧压缩量为 x_2 ，由

A、B、弹簧组成的系统机械能守恒有

$$\frac{1}{2}kx_2^2 - \frac{1}{2}kx_0^2 = \frac{1}{2} \times 2mv_{\text{共}}^2 + 2mg(x_2 - x_0) \sin \theta$$

解得 $x_2 = 1\text{m}$

到达最低点时弹性势能为 $\frac{1}{2}kx_2^2 = 12.5\text{J}$, 故 C 正确;

D. A、B 碰后一起在斜面上做简谐运动, 根据简谐运动的对称性可知, A、B 返回到最大高度时的加速度与最低点的加速度等大反向, 设加速度大小为 a , 运动的最低点时, 根据牛顿第二定律有

$$kx_2 - 2mg \sin \theta = 2ma$$

解得 $a = 7.5\text{m/s}^2$, 故 D 正确。

故选 ACD。

11-1【基础】【正确答案】(1)AD

(2)2

(3)(-26cm, -8.45cm)

【试题解析】【详解】(1) A. 每次释放钢球, 必须从同一固定点由静止释放, 以保证小球到达底端时速度相同, A 正确;

B. 斜槽不一定要必须光滑, 斜槽末端的切线必须水平, 以保证小球能做平抛运动, B 错误;

C. 上下移动挡板时不一定要等间距移动, C 错误;

D. 为定量研究, 建立以水平方向为 x 轴、竖直方向为 y 轴的坐标系, 取平抛运动的起始点为坐标原点, 该点相对斜槽末端的高度等于小球半径, D 正确。

故选 AD。

$$(2) \text{ 竖直方向 } y_{AB} - y_{OA} = gT^2$$

可得

$$T = \sqrt{\frac{y_{AB} - y_{OA}}{g}} = \sqrt{\frac{(18.00 - 7.75 - 7.75) \times 10^{-2}}{10}} \text{s} = 0.05\text{s}$$

$$\text{可得初速度 } v_0 = \frac{x}{T} = \frac{0.1}{0.05} \text{m/s} = 2\text{m/s}$$

$$(3) A \text{ 点的竖直速度 } v_{Ay} = \frac{y_{OB}}{2T} = \frac{0.18}{0.1} \text{m/s} = 1.8\text{m/s}$$

$$\text{则从抛出点到 } A \text{ 点的时间 } t = \frac{v_{Ay}}{g} = 0.18\text{s}$$

$$\text{抛出点的横坐标 } x = 0.1\text{m} - 2 \times 0.18\text{m} = -26\text{cm}$$

$$\text{纵坐标 } y = 7.75\text{cm} - \frac{1}{2} \times 10 \times 0.18^2 \text{m} = -8.45\text{cm}$$

则抛出点坐标 (-26cm, -8.45cm)。

11-2【巩固】【正确答案】(1)B

(2)C

(3) 不是 2.0 2.5

【试题解析】【详解】(1) 图甲是横挡条卡住平抛小球, 用铅笔标注小球最高点作为小球轨迹的记录点, 所以坐标原点应选小球在斜槽末端点时的球的上端, 故选 B。

(2) 由图可知, 小球做斜抛运动。所以斜槽末端切线不水平, 故选 C。

(3) ①[1]因相邻四个点间水平位移相等, 可知时间相等, 而竖直高度之比为 1:2:3, 不是 1:3:5, 则 a 点不是抛出点;

$$\text{②[2]根据逐差法 } \Delta y = L = g(\Delta t)^2$$

$$\text{可得 } \Delta t = \sqrt{\frac{L}{g}} = \sqrt{\frac{0.1}{10}} \text{s} = 0.1\text{s}$$

$$\text{小球平抛运动的初速度 } v_0 = \frac{2L}{\Delta t} = \frac{2 \times 0.1}{0.1} \text{m/s} = 2.0\text{m/s}$$

$$\text{③[3] } b \text{ 点的竖直分速度 } v_{yb} = \frac{3L}{2\Delta t} = \frac{0.3}{0.2} \text{m/s} = 1.5\text{m/s}$$

根据平行四边形定则知, b 点的速度

$$v = \sqrt{v_0^2 + v_{yb}^2} = \sqrt{4 + 2.25} \text{m/s} = 2.5\text{m/s}$$

11-3【提升】【正确答案】(1)AC

(2)BC

(3) 是 1.5 大于

【试题解析】【详解】(1) A. 斜槽轨道末端水平, 能保证钢球做平抛运动, 是必须满足的条件, 故 A 正确;

B. 挡板高度不需要等间距变化, 只要能记录不同位置的痕迹点即可, 不是必须条件, 故 B 错误;

C. 每次从斜槽上相同的位置无初速度释放钢球, 这样才能保证钢球每次平抛的初速度相同, 是必须满足的条件, 故 C 正确;

D. 钢球与斜槽轨道之间的摩擦不影响每次从同一位置释放时到达末端的速度, 不是必须减小的, 不是必须条件, 故 D 错误。

故选 AC。

(2) 由图可知, 下降相同的高度, 误差点的水平位移更大, 可知偏差较大的点产生原因是平抛运动初速度偏大, 故可能原因是钢球没有被静止释放或钢球释放的高度偏高。

故选 BC。

(3) [1]图 3a 可知, 钢球从 A 到 B 与 B 到 C 时间相等 (因为水平距离相等), 且 $y_{AB} : y_{BC} = 5 : 15 = 1 : 3$ 满足初速度为 0 的匀变速直线运动特点, 故 A 点是平抛运动的抛出点。

[2]对钢球竖直方向有 $\Delta y = y_{BC} - y_{AB} = 0.1\text{m} = gt^2$

因为 $x_{AB} = 0.15\text{m} = v_0 t$

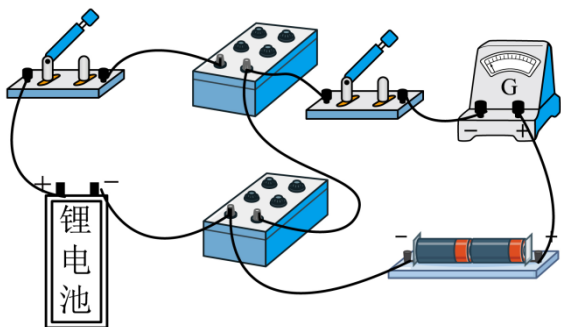
联立解得钢球初速度 $v_0 = 1.5\text{m/s}$

[3]由于实际的竖直方向在该小组同学所绘图像 y 轴偏右侧的位置, 导致横坐标的测量值偏大而纵坐标的测量值偏小, 根据平抛运动规律, 可知球的初速度偏大。

12-1 【基础】 【正确答案】 见解析

$$\frac{r_x + R_1 + R_2}{R_2} \quad 6.5\text{V} \quad 0.5\Omega$$

【试题解析】 【详解】 (1) [1]如图



(2) [2]当 G 表示数为零时

$$\frac{E_x}{r_x + R_1 + R_2} R_2 = E_0$$

得

$$\frac{E_x}{E_0} = \frac{r_x + R_1 + R_2}{R_2}$$

(3) [3][4]把

$$E_0 = 1.5\text{V}$$

$$R_1 = 4.5\Omega$$

$$R_2 = 1.5\Omega$$

$$R'_1 = 9.5\Omega$$

$$R'_2 = 3.0\Omega$$

代入

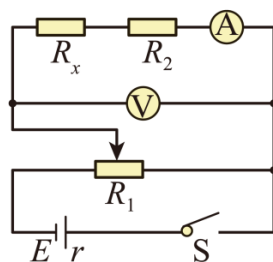
$$\frac{E_x}{r_x + R_1 + R_2} R_2 = E_0$$

联立得

$$r_x = 0.5\Omega$$

$$E_x = 6.5\text{V}$$

12-2 【巩固】 【正确答案】 $\times 1$ 19.0##19



17.8 不存在

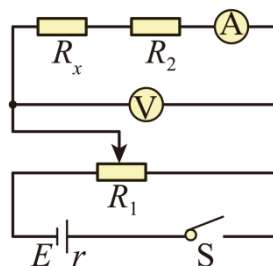
【试题解析】 【详解】 (1) [1][2]欧姆表指针偏转角度太大, 表明被测电阻较小, 应换用较小倍率的欧姆挡, 即换用“ $\times 1$ ”倍率的欧姆挡; 被测电阻大小为 19.0Ω 。

(2) [3]用伏安法测电阻, 由于电流表内阻已知, 可用电流表内接, 为了使电压表的偏转角度较大, 因此被测电阻与电流表串联的电路电阻最大可以为

$$R = \frac{3}{0.01} \Omega = 300\Omega$$

因此应用电阻 R_2 与被测电阻及电流表串联在电路

中, 为了多测量几组数据, 滑动变阻器采用分压式接法。电路如图所示。



(3) [4][5]根据电路图可知

$$U = I(R_x + R_2 + r_A)$$

则

$$R_x + R_2 + r_A = \frac{2.5}{9.0 \times 10^{-3}} \Omega$$

解得

$$R_x = 17.8\Omega$$

由于电流表内接, 已考虑电流表内阻, 因此不存在因电流表分压引起的系统误差。

12-3 【提升】 【正确答案】 (1) 远大于 48.0

小于

(2) 仍使灵敏电流计的示数为零 1.44

1.33 没有

【试题解析】【详解】(1) [1]用半偏法测量灵敏电流计G的内阻,为减小系统误差,使闭合开关 S_2 前后,干路电流不变,应使滑动变阻器 R_1 的有效阻值远大于 R_g ,同时使电流表能达到满偏,电源也应选电动势较大的。

[2]闭合 S_2 前后认为干路电流不变,调节电阻箱 R_2 ,使得G的示数为 $\frac{1}{2}I_g$,此时电阻箱 R_2 的电流也为 $\frac{1}{2}I_g$,故电流表内阻与电阻箱的阻值相等,如图乙所示,则G的内阻 $R_g = 48.0\Omega$ 。

[3]闭合开关时电流表与电阻箱并联,电路总电阻减小,由闭合电路的欧姆定律可知,干路电流变大,当电流表半偏时流过电阻箱的电流大于流过电流表的电流,电阻箱阻值小于电流表内阻,实验认为电流表内阻等于电阻箱阻值,则电流表内阻的测量值小于真实值。

(2) [1][2][3][4]根据实验原理,每次改变 R_1 、 R_2 的阻值,都应使灵敏电流计G的示数为零,则灵敏电流计上下两端点等势,则始终有 $E = U + Ir$ 变形可得 $U = E - Ir$

由图丁可得纵截距表示电源电动势 $E = 1.44V$

内阻为 $r = \frac{1.44 - 0.8}{0.48}\Omega = 1.33\Omega$

本实验中电表内阻对电源内阻的测量没有影响。

13-1【基础】【正确答案】(1)100K

(2)吸热 200J

【试题解析】【详解】(1) $A \rightarrow B$ 过程中,由查理定律

$$\text{得 } \frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B}$$

$$\text{解得 } T_B = \frac{p_B}{p_A} T_A = 100K$$

(2) $B \rightarrow C$ 过程中,由盖-吕萨克定律得 $\frac{V_B}{T_b} = \frac{V_C}{T_C}$

解得 $T_C = 300K$

在A、C两状态时理想气体的温度相等, $\Delta U = 0$

从A到B的过程中,体积不变,气体不做功;从B到C的过程中,气体对外做功,有

$$W = -p\Delta V = -200J$$

$A \rightarrow C$ 过程中,由热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$

$$\text{得 } Q = \Delta U - W = 200J$$

即气体从外界吸热 200J。

13-2【巩固】【正确答案】(1) $9 \times 10^4 Pa$

(2)减少 7.35J

(3)24N

【试题解析】【详解】(1) 状态1气体的温度

$$T_1 = (77 + 273) K = 350K$$

$$\text{压强 } p_1 = p_0 = 1.05 \times 10^5 Pa$$

$$\text{状态2气体的温度 } T_2 = (27 + 273) K = 300K$$

气体做等容变化,根据 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

$$\text{可得 } p_2 = 9 \times 10^4 Pa$$

(2) 气体做等容变化,外界对气体不做功,气体吸收热量为 $Q = -7.35J$

根据热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$

可得状态1到状态2罐内气体内能的变化

$$\Delta U = -7.35J$$

即气体内能减少 7.35J。

(3) 罐内外的压强差 $\Delta p = p_0 - p_2 = 1.5 \times 10^4 Pa$

$$\text{状态2皮肤受到的吸力大小 } F = \Delta p S = 24N$$

13-3【提升】【正确答案】(1) $7.5 \times 10^4 Pa$

(2)630J

【试题解析】【详解】(1) 设缸内气体的初始压强为

$$p_1, \text{对活塞受力分析有 } p_1 S + F = mg + p_0 S$$

$$\text{解得 } p_1 = 7.5 \times 10^4 Pa$$

(2) 缸内气体的初始体积为 $V_1 = Sd = 1.2 \times 10^{-3} m^3$

设活塞刚好要离开卡环时,缸内气体温度为 T_2 ,压

$$\text{强为 } p_2 = p_0 + \frac{mg}{S} = 1.25 \times 10^5 Pa$$

气体发生等容变化,有 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

解得 $T_2 = 500\text{K}$

继续升温到 $T_3 = 800\text{K}$, 活塞向上移动, 气体发生等

压变化, 则有 $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$

即 $\frac{Sd}{T_2} = \frac{Sd'}{T_3}$

解得 $d' = 24\text{cm}$

整个过程中气体对外做功为 $W = p_2\Delta V = p_2S(d' - d)$

代入数据解得 $W = 90\text{J}$

电热丝在时间 t 内产生热量为

$$Q = I^2rt = \left[\frac{u_m}{\sqrt{2}(R+r)} \right]^2 rt = 720\text{J}$$

由热力学第一定律可知, 气体内能的增量为

$$\Delta U = Q - W$$

代入数据解得 $\Delta U = 630\text{J}$

14-1【基础】 **【正确答案】** (1) $\sqrt{\frac{2qU_0}{m}}$; (2) $\frac{2U_0}{R}$;

(3) $0.64N$

【试题解析】 **【详解】** (1) 离子在加速电场中, 由动能定理得

$$qU_0 = \frac{1}{2}mv^2$$

从而求得

$$v = \sqrt{\frac{2qU_0}{m}}$$

(2) 离子在辐射电场中做匀速圆周运动, 电场力提供向心力, 由牛顿第二定律得

$$qE = \frac{mv^2}{R}$$

联立 (1) 中结果得到

$$E = \frac{2U_0}{R}$$

(3) 离子在偏转电场中做类斜抛运动, 设电压为 U_c 时, 设离子的轨迹刚好与 G 板相切, 则加速度为

$$a = \frac{qU_c}{md}$$

竖直速度为

$$|\Delta v| = v_y = v \sin 53^\circ$$

竖直速度减小为零时

$$v_y^2 = 2ad$$

联立可得

$$U_c = 0.64U_0$$

即恰好打到板上的粒子的出发时刻为

$$t = \frac{U_c}{U_0} \cdot T = 0.64T$$

那么打到 G 板的粒子的出发时刻范围为 $0 \sim t$, 而 U 与 t 成线性关系。则 T 内在 G 板上收集到的离子数为

$$n = \frac{t}{T} \cdot N = 0.64N$$

14-2【巩固】 **【正确答案】** (1) $\sqrt{\frac{2qU}{m}}$; (2) $\frac{2U}{R}$;

(3) $8U$, 45.7%

【试题解析】 **【详解】** (1) 根据动能定理

$$qU = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0$$

解得

$$v_0 = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

(2) 根据牛顿第二定律

$$qE_1 = m \frac{v_0^2}{R}$$

解得

$$E_1 = \frac{2U}{R}$$

(3) 由于从 A 、 B 板间射出的粒子在板间运动的时间均为 T , 则板长

$$L = v_0T = T\sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

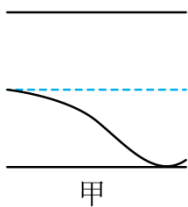
由于板长和板间距离相等, 从 $t=0$ 时刻射入 A 、 B 板间的粒子恰好打在 B 板的中点, 则该粒子在两板间运动的时间为 $0.5T$, 则

$$\frac{1}{2}L = \frac{1}{2}a\left(\frac{1}{2}T\right)^2 = \frac{1}{2} \frac{qU_0}{mL} \left(\frac{1}{2}T\right)^2$$

解得

$$U_0 = 8U$$

设在 $0 \sim \frac{1}{4}T$ 时间内, 从 t_1 时刻射入板间的粒子在电场中发生的最大侧移刚好为 $\frac{1}{2}L$, 如图甲所示



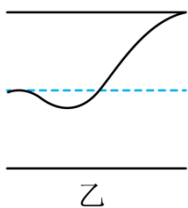
则

$$\frac{1}{2}L = \frac{1}{2} \frac{qU_0}{mL} \left(\frac{1}{2}T - t_1 \right)^2 \times 2$$

解得

$$t_1 = \frac{2 - \sqrt{2}}{4}T$$

设在 $\frac{T}{4} \sim \frac{T}{2}$ 时间内, 从 t_2 时刻射入板间的粒子最后从上极板右侧离开电场, 如图乙所示



则

$$\frac{1}{2}a \left(\frac{T}{2} - t_2 \right)^2 \times 2 + \frac{L}{2} = \frac{1}{2}at_2^2 + (at_2)t_2 - \frac{1}{2}at_2^2$$

$$a = \frac{qU_0}{Lm}$$

解得

$$t_2 = \frac{3}{8}T$$

根据对称性可知, 从板间射出的粒子占射入粒子的百分比

$$\eta = \frac{t_2 - t_1}{\frac{1}{2}T} \times 100\% = \frac{2\sqrt{2} - 1}{4} \approx 45.7\%$$

14-3 【提升】

【正确答案】(1) $\frac{5}{4}v_0$

(2) $\frac{mv_0^2}{qL}$

(3) $\left(\frac{5L}{4}, -2L \right)$

【试题解析】【详解】(1) 粒子在电场中做类平抛运动, 根据牛顿第二定律可知 $qE=ma$

沿 y 轴方向有 $L = \frac{1}{2}at^2$, $vy=at$

x 方向匀速, 有 $\frac{8}{3}L = v_0t$

联立解得 $E = \frac{9mv_0^2}{32qL}$, $vy = \frac{3}{4}v_0$

粒子在 P 点入射的速度大小 $v = \sqrt{v_0^2 + v_x^2}$

解得 $v = \frac{5}{4}v_0$

(2) 带电粒子在第一象限做匀速圆周运动, 电场力指向圆心, 由牛顿第二定律可得 $qE_0 = \frac{mv_0^2}{L}$

解得 $E_0 = \frac{mv_0^2}{qL}$

(3) 带电粒子进入第四象限后, 沿 x 轴正方向做单方向周期性的匀加速、匀减速直线运动, 沿 y 轴负方向做匀速直线运动。

x 轴方向上, 前 $\frac{T}{2}$ 内做匀加速直线运动, 此段时间内

的位移大小 $x_I = \frac{1}{2}a\left(\frac{T}{2}\right)^2$

电场力提供合外力 $qE_0 = ma$

结合 $E_0 = \frac{mv_0^2}{qL}$ 、 $T = \frac{L}{2v_0}$

解得 $x_I = \frac{L}{32}$

由对称性可得, $t=4T$ 时间内, 粒子沿 x 轴正方向总位移为 $\Delta x = 8x_I$

故 $t=4T$ 时, 粒子的横坐标 $x = r + \Delta x$

解得 $x = \frac{5L}{4}$

y 方向上, 粒子做匀速直线运动, $t=4T$ 时间内粒子的位移大小 $y = 4T \times v_0$

解得 $y = 2L$

在 $t=4T$ 时, 粒子的坐标为 $\left(\frac{5L}{4}, -2L \right)$

15-1 【基础】

【正确答案】(1) 60N; (2) 1.5m/s²;

(3) 2.2 m/s

【试题解析】【详解】(1) 设物块 A 滑到圆弧面最低点时速度大小为 v_0 , 根据机械能守恒有

$$m_A g R = \frac{1}{2} m_A v_0^2$$

在最低点, 根据牛顿第二定律可得

$$F_N - m_A g = m_A \frac{v_0^2}{R}$$

联立, 解得

$$F_N = 60\text{N}$$

根据牛顿第三定律可知物块 A 对圆弧面最低点压力大小为

$$F'_N = F_N = 60\text{N}$$

(2) 物块 A 滑上板与板相对滑动且与 B 未碰撞时, 假设 B、C 不发生相对滑动, 则

$$a_{BC} = \frac{\mu_1 m_A g}{m_B + m_C} = 1\text{m/s}^2$$

对于 B, 有

$$\mu_2 m_B g = 0.5\text{N} < m_B a_{BC} = 1\text{N}$$

因此假设不成立, 即 A 滑上长木板后, B、C 是相对滑动的。由牛顿第二定律

$$\mu_1 m_A g - \mu_2 m_B g = m_C a_C$$

解得

$$a_C = 1.5\text{m/s}^2$$

(3) 物块 A 滑上板时的加速度大小

$$a_A = \mu_1 g = 1\text{m/s}^2$$

假设 A、B 碰撞前, A、B 的加速度均保持不变, 则

$$v_0 t_1 - \frac{1}{2} a_A t_1^2 - \frac{1}{2} a_B t_1^2 = \frac{1}{2} L$$

解得

$$t_1 = 2\text{s}$$

此时物块 A 的速度

$$v_A = v_0 - a_A t_1 = 3\text{m/s}$$

板 C 的速度

$$v_C = a_C t_1 = 3\text{m/s}$$

即 A 与 B 刚要碰撞时, A 与 C 刚好共速, 假设成立。此时物块 B 的速度

$$v_B = a_B t_1 = \mu_2 g t_1 = 1\text{m/s}$$

A、B 碰撞过程, 根据动量守恒有

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v'_A + m_B v'_B$$

根据能量守恒有

$$\frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 = \frac{1}{2} m_A v'^2_A + \frac{1}{2} m_B v'^2_B$$

联立, 解得

$$v'_A = \frac{5}{3}\text{m/s}, v'_B = \frac{11}{3}\text{m/s}$$

由于

$$v'_B > v_C > v'_A$$

碰撞后 A 做加速运动。加速度大小仍为 a_A 。B 做减速运动, 加速度大小仍为 a_B , C 做减速运动, 加速度大小仍为 a_C , 设经过 t_2 时间 A、C 共速。设此时 B 与 C 仍相对滑动, 则

$$v'_A + a_A t_2 = v_C - a_C t_2$$

解得

$$t_2 = \frac{8}{15}\text{s}$$

共同速度

$$v = v'_A + a_A t_2 = 2.2\text{m/s}$$

此时物块 B 的速度

$$v''_B = v'_B - a_B t_2 = \frac{51}{15}\text{m/s} > 2.2\text{m/s}$$

假设成立。因此, 物块 A 与木板 C 第二次速度相等时的速度大小为 2.2 m/s。

15-2 【巩固】 【正确答案】 (1)0.5J

(2)1N

(3)1.0s

【试题解析】 【详解】 (1) 小物块 A 由静止运动到圆轨道最低点, 由动能定理得 $mgr = \frac{1}{2} m v_M^2$

解得 $v_M = 5\text{m/s}$

解得 $v_M = 5\text{m/s}$

设经时间 t_1 小物块 A 与传送带共速, 由动量定理得

$$-\mu_1 m g t_1 = m v_0 - m v_M$$

解得 $t_1 = 0.4\text{s}$

在时间 t_1 内 A、传送带发生的位移分别为

$$x_1 = \frac{v_M + v_0}{2} \cdot t_1 = 1.8\text{m} < L, x_2 = v_0 t_1 = 1.6\text{m}$$

小物块 A 通过传送带过程产生的内能为

$$Q = \mu_1 m g (x_1 - x_2) = 0.5\text{J}$$

(2) 对物块 B 和长木板 C 整体有 $\mu_2 m g = 2ma$

故物块 B 和长木板 C 整体加速度为 $a = \frac{1}{2}\mu_2 g$

对物块 B, 由牛顿第二定律 $f = ma = 1\text{N}$

(3) 设 A 滑上 C 后经时间 t_2 物块 A 与 B 碰撞, 则

$$v_0 t_2 - \frac{1}{2}\mu_2 g t_2^2 - \frac{1}{2} \times \left(\frac{1}{2}\mu_2 g\right) t_2^2 = L_2 - L_3$$

解得 $t_2 = 0.5\text{s}$

A、B 碰撞前速度分别为 v_1 、 v_2 , 碰后速度分别为

$$v_3$$
、 v_4 , 则 $v_1 = v_0 - \mu_2 g t_2 = 3\text{m/s}$,

$$v_2 = \frac{1}{2}\mu_2 g t_2 = 0.5\text{m/s}$$

A、B 碰撞过程, 由动量守恒和能量守恒, 得

$$mv_1 + mv_2 = mv_3 + mv_4, \quad \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}mv_3^2 + \frac{1}{2}mv_4^2$$

解得 $v_3 = 0.5\text{m/s}$, $v_4 = 3\text{m/s}$

设 A、B 碰后经时间 t_3 物块 B 与挡板相碰, 则有

$$v_4 t_3 - \frac{1}{2}\mu_2 g t_3^2 - \left(v_3 t_3 + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}\mu_2 g t_3^2\right) = L_3$$

解得 $t_3 = 0.5\text{s}$

A 滑上 C 后, B 与挡板碰撞的时间 $t = t_2 + t_3 = 1.0\text{s}$

15-3 【提升】 【正确答案】 (1) $v_A = 3\text{m/s}$,

$v_B = 9\text{m/s}$; (2) 15.36J ; (3) 不会, 相对静止在距离挡板 D 左侧 0.08m 处

【试题解析】 【详解】 (1) 设滑块 A 与滑块 B 碰撞前瞬间的速度大小为 v_0 , 对滑块 A 从圆弧轨道的顶端滑至底端的过程由机械能守恒定律得

$$m_1 g R = \frac{1}{2} m_1 v_0^2$$

解得

$$v_0 = 6\text{m/s}$$

设滑块 A、B 碰撞后瞬间的速度大小分别为 v_A 、

v_B , A、B 发生弹性碰撞, 以向右为正方向, 根据动量守恒定律与机械能守恒定律分别得

$$m_1 v_0 = m_1 v_A + m_2 v_B$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_A^2 + \frac{1}{2} m_2 v_B^2$$

联立解得

$$v_A = 3\text{m/s}$$

$$v_B = 9\text{m/s}$$

(2) 滑块 A、B 碰撞后在木板 P 上分别做匀减速直线运动, 设滑块 A、B 的加速度分别为 a_A 、 a_B , 由牛顿第二定律可得

$$\mu_1 m_1 g = m_1 a_A$$

解得

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

$$\mu_2 m_2 g = m_2 a_B$$

解得

$$a_B = 1\text{m/s}^2$$

假设滑块 C 相对木板 P、Q 静止, 设三者整体的加速度为 a_P , 由牛顿第二定律得

$$\mu_1 m_1 g + \mu_2 m_2 g = (M_1 + M_2 + m_3) a_P$$

解得

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

因滑块 C 的最大加速度为

$$a_{Cm} = \mu_3 g = 3\text{m/s}^2 > a_P$$

故假设成立, 可得滑块 C 与木板 P、Q 相对静止一起以加速度 a_P 做匀加速直线运动, 设 A 与 P 达到共速的时间为 t_1 , 共速时的速度为 $v_{共}$, 由速度-时间关系得

$$v_{共} = v_A - a_A t_1 = a_P t_1$$

解得

$$v_{共} = 1.2\text{m/s}$$

$$t_1 = 0.6\text{s}$$

A 与 P 达到共速时, B 的速度为

$$v_{B1} = v_B - a_B t_1 = 9\text{m/s} - 1 \times 0.6\text{m/s} = 8.4\text{m/s}$$

A 与 P 达到共速的过程, A、B、P 三者的位移大小

分别为

$$x_A = \frac{1}{2}(v_A + v_{共})t_1$$

$$x_B = \frac{1}{2}(v_B + v_{B1})t_1$$

$$x_P = \frac{1}{2}v_{共}t_1$$

解得

$$x_A = 1.26\text{m}$$

$$x_B = 5.22\text{m}$$

$$x_P = 0.36\text{m}$$

此过程 A 相对 P 的位移大小为

$$\Delta x_A = x_A - x_P$$

解得

$$\Delta x_A = 0.9\text{m}$$

此过程 B 相对 P 的位移大小为

$$\Delta x_B = x_B - x_P$$

解得

$$\Delta x_B = 4.86\text{m}$$

因

$$\Delta x_B = L_1 = 4.86\text{m}$$

故 A 与 P 达到共速时 B 恰好运动到 P 的右端与 C 发生弹性碰撞，碰撞前 B 的速度为

$$v_{B1} = 8.4\text{m/s}$$

$$v_{C1} = v_{共} = 1.2\text{m/s}$$

根据动量守恒定律与机械能守恒定律分别得

$$m_2 v_{B1} + m_3 v_{C1} = m_2 v'_{B1} + m_3 v'_{C1}$$

$$\frac{1}{2}m_2 v_{B1}^2 + \frac{1}{2}m_3 v_{C1}^2 = \frac{1}{2}m_2 v'^2_{B1} + \frac{1}{2}m_3 v'^2_{C1}$$

解得

$$v'_{B1} = -1.2\text{m/s}$$

$$v'_{C1} = 6\text{m/s}$$

B 物块向左减速到零，然后再反向加速，最终 A、

B、P 三者达到共同速度 $v_{共1}$ ，则

$$(M_1 + m_1)v_{共} + m_2 v'_{B1} = (M_1 + m_1 + m_2)v_{共1}$$

则有

$$Q_1 = \mu_1 m_1 g \Delta x_A$$

$$Q_2 = \mu_2 m_2 g \Delta x_B$$

$$Q_3 = \frac{1}{2}(M_1 + m_1)v_{共}^2 + \frac{1}{2}m_2 v'^2_{B1} - \frac{1}{2}(M_1 + m_1 + m_2)v_{共1}^2$$

解得

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 15.36\text{J}$$

(3) 假设滑块 C 不会从木板 Q 上滑落，最终 C 与 Q 相对静止一起匀速直线运动的速度为 $v_{共2}$ ，C 相对 Q 的运动路程为 s ，由动量守恒定律得

$$m_3 v'_{C1} + M_2 v'_{共} = (m_3 + M_2)v_{共2}$$

解得

$$v_{共2} = 4.4\text{m/s}$$

由能量守恒定律得

$$\mu_3 m_3 g s = \frac{1}{2}m_3 v'^2_{C1} + \frac{1}{2}M_2 v_{共}^2 - \frac{1}{2}(m_3 + M_2)v_{共2}^2$$

解得

$$s = 1.28\text{m}$$

因 $s < 2L_2$ ，故滑块 C 是不会从木板 Q 上滑落，最终与木板 Q 相对静止时与挡板 D 的距离为

$$d = s - L_2 = 0.08\text{m}$$