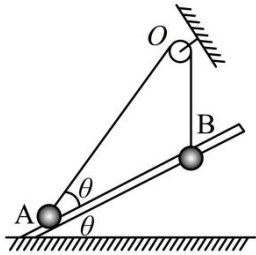


天津市耀华中学 2023 届高三年级第三次月考

物理试卷

一、单项选择题（每题 5 分，共计 25 分）

1. 如图所示，穿在一根光滑固定杆上的小球 A、B 通过一条跨过定滑轮的细绳连接，杆与水平方向成 θ 角，不计所有摩擦，当两球静止时，OA 绳与杆的夹角为 θ ，OB 绳沿竖直方向，则下列说法正确的是（ ）

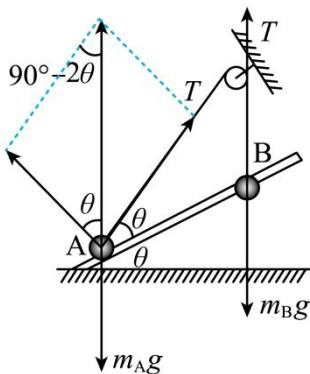


- A. A 可能受到 2 个力的作用
B. B 可能受到 3 个力的作用
C. A、B 的质量之比为 $\tan \theta : 1$
D. A、B 的质量之比为 $1 : \tan \theta$

【答案】D

【解析】

【详解】试题分析：对 A 球受力分析可知，A 受到重力，绳子的拉力以及杆对 A 球的弹力，三个力的合力为零，故 A 错误；对 B 球受力分析可知，B 受到重力，绳子的拉力，两个力合力为零，杆子对 B 球没有弹力，否则 B 不能平衡，故 B 错误；分别对 AB 两球分析，运用合成法，如图：



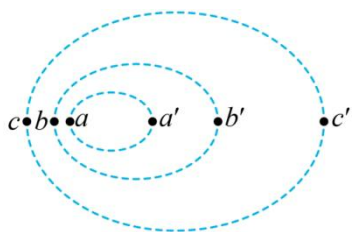
根据共点力平衡条件，得： $T = m_B g \frac{T}{\sin \theta} = \frac{m_A g}{\sin(90^\circ + \theta)}$ （根据正弦定理列式）故 $m_A : m_B = 1 : \tan \theta$ ，故 C

错误，D 正确。故选 D。

考点：物体的平衡

【名师点睛】本题考查了隔离法对两个物体的受力分析，关键是抓住同一根绳子上的拉力处处相等结合几何关系将两个小球的重力联系起来。

2. 如图所示，虚线表示某电场中的三个等势面， a 、 a' 、 b 、 b' 、 c 、 c' 为分布在等势面上的点。一带电粒子从 a 点运动到 c 点的过程中电场力做功为 W_{ac} ，从 a' 点运动到 c' 点的过程中电场力做功为 $W_{a'c'}$ 。全科免费下载公众号《高中僧课堂》下列说法正确的是（ ）



- A. c 点的电场方向一定指向 b 点
 B. a' 点电势一定比 c' 点电势高
 C. 带电粒子从 c 点运动到 c' 点，电场力做功为 0
 D. $|W_{ac}| < |W_{a'c'}|$

【答案】C

【解析】

【详解】AB. 带电粒子的电性和电场力做功的正负均未知，所以各等势面的电势高低未知，电场线的方向未知，AB 错误；

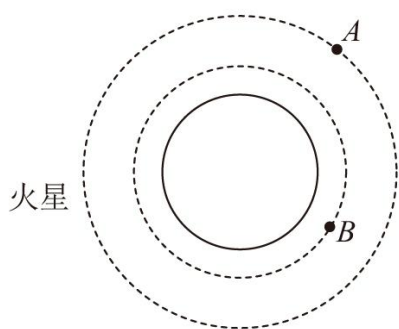
C. 因为 c 和 c' 在同一个等势面上，电势差 $U = 0$ ，根据电场力做功 $W = qU$ 可知电场力对带电粒子做功为 0，C 正确；

D. 根据题意可得 a 、 c 两点的电势差与 a' 、 c' 两点之间的电势差相等，根据电场力做功 $W = qU$ 可知

$|W_{ac}| = |W_{a'c'}|$ ，D 错误。

故选 C。

3. “遂古之初，谁传道之？上下未形，何由考之？”2021 年 3 月 4 日国家航天局发布了探测飞船“天问一号”在近火轨道拍摄的高清火星影像图，预计 2021 年 5 月“天问一号”将完成落“火”的壮举！如图所示，我们近似认为“天问一号”由远火圆周轨道 A 变轨后进入近火圆周轨道 B，用 r 、 T 、 a 、 E_k 、 F 分别表示“天问一号”的轨道半径、周期、向心加速度、动能和所受的万有引力。则探测器在 A、B 两个轨道上（ ）



A. $\frac{F_A}{F_B} = \frac{r_B}{r_A}$

B. $\frac{a_A}{a_B} = \frac{r_A}{r_B}$

C. $\frac{E_{kA}}{E_{kB}} = \frac{r_B}{r_A}$

D. $\frac{T_A}{T_B} = \frac{r_A}{r_B}$

【答案】C

【解析】

【分析】

【详解】A. 设火星的质量为 M ，卫星的质量为 m ，根据万有引力定律

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

知

$$\frac{F_A}{F_B} = \frac{r_B^2}{r_A^2}$$

故 A 错误；

B. 设火星的质量为 M ，卫星的质量为 m ，根据万有引力提供向心力

$$G \frac{Mm}{r^2} = ma$$

得

$$a = \frac{GM}{r^2}$$

故

$$\frac{a_A}{a_B} = \frac{r_B^2}{r_A^2}$$

故 B 错误；

C. 设火星的质量为 M ，卫星的质量为 m ，根据万有引力提供向心力

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

得

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

所以动能

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{GMm}{2r}$$

故

$$\frac{E_{kA}}{E_{kB}} = \frac{r_B}{r_A}$$

故 C 正确；

D. 设火星的质量为 M ，卫星的质量为 m ，根据万有引力提供向心力

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

得

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$$

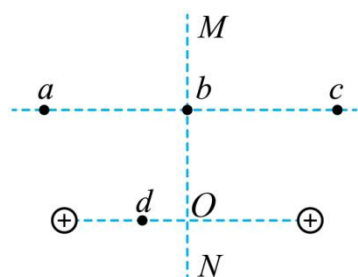
故

$$\frac{T_A}{T_B} = \frac{r_A^3}{r_B^3}$$

故 D 错误。

故选 C。

4. 如图所示，在两等量同种点电荷的电场中， MN 是两电荷连线的中垂线， b 是直线 ac 与 MN 的交点，且 a 与 c 关于 MN 对称， d 是两电荷连线上的一点。下列判断正确的是（ ）



A. b 点场强一定大 d 点场强

B. b 点电势一定小于 d 点电势

C. a 、 b 两点的电势差 U_{ab} 等于 b 、 c 两点间的电势差 U_{bc}

D. 试探电荷 $+q$ 在 a 点的电势能等于在 c 点的电势能

【答案】BD

【解析】

【详解】A. 由于等量同种电荷，中间 O 点场强为零，在两电荷连线中垂线上，从 O 点向外，场强先变大后变小，因此无法判断 b 点、 d 点场强大小，A 错误；

B. 由于沿着电场线，电势降低，因此可知

$$\varphi_d > \varphi_o$$

而

$$\varphi_o > \varphi_b$$

因此可得 b 点电势一定小于 d 点电势，B 正确；

C. 根据对称性可知

$$U_{ab} = U_{cb} = -U_{bc}$$

C 错误；

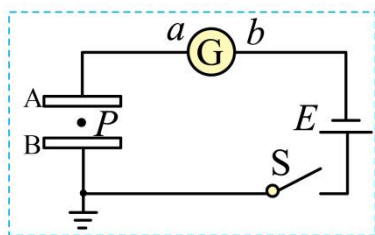
D. 根据对称性， a 、 c 两点电势相等，根据

$$E_p = q\varphi$$

可知试探电荷 $+q$ 在 a 点的电势能等于在 c 点的电势能，D 正确。

故选 BD。

5. 如图所示，两块较大的金属板 A、B 平行水平放置并与一电源相连，开关 S 闭合后，两板间有一质量为 m 、带电量为 q 的油滴恰好在 P 点处于静止状态。则下列说法正确的是（ ）



A. 在 S 仍闭合的情况下，若将 A 板向下平移一小段位移，则油滴向上加速运动，G 中有方向为 $b \rightarrow a$ 的电流

B. 在 S 仍闭合的情况下，若将 A 板向右平移一小段位移，则油滴向上加速运动，G 中有方向为 $a \rightarrow b$ 的电流

C. 若将 S 断开，再将 A 板向下平移一小段位移， P 点电势不变

D. 若将 S 断开，且将 A 板向左平移一小段位移， P 点电势升高

【答案】C

【解析】

【详解】A. 开始时，重力和电场力平衡，故

$$mg = qE$$

将 A 板向下移，由

$$E = \frac{U}{d}$$

可知， E 变大，故油滴应向上加速运动；根据

$$Q = CU, \quad C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$$

解得

$$Q = \frac{\epsilon SU}{4\pi kd}$$

因电压 U 不变，随着间距 d 减小，故电容器电量增大，充电，故 G 中有 $a \rightarrow b$ 的电流，故 A 错误；

B. 若将 A 板向右平移一小段位移，即减小正对面积，由

$$E = \frac{U}{d}$$

可知，因间距 d 不变，那么 E 不变，油滴仍静止；同理可得

$$Q = \frac{\epsilon SU}{4\pi kd}$$

故电容器电量减小，放电，故 G 中有 $b \rightarrow a$ 的电流，故 B 错误；

C. 若将 S 断开， Q 不变，根据

$$Q = CU, \quad C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}, \quad U = Ed$$

解得

$$E = \frac{4\pi kQ}{\epsilon S}$$

将 A 板向下平移一小段位移，电场强度不变，故电场力不变，故油滴静止，G 中没有电流，且 P 点电势也不变，故 C 正确；

D. 若将 S 断开, Q 不变, A 向左平移一小段距离, 同理可得

$$E = \frac{4\pi kQ}{\varepsilon S}$$

可知, E 增大, 电场力增大, 油滴向上运动, 但由于电量不变, 故 G 中无电流。此外由于电场方向由 B 极板指向 A 极板, 因此

$$\varphi_B - \varphi_P = U_{BP} = Ex_{BP}$$

而 B 板接地, 解得

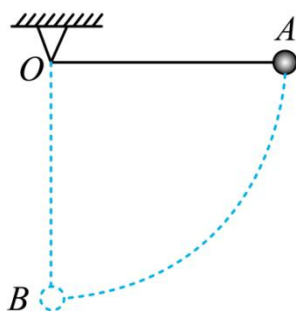
$$\varphi_P = -Ex_{BP}$$

由于电场强度 E 变大, 油滴向上运动, P 、 B 之间的距离变大, 因此可知 P 点电势降低, 故 D 错误。

故选 C。

二、多项选择题: (每题 5 分, 共计 15 分, 漏选给 3 分)

6. 如图所示, 摆球质量为 m , 悬线长度为 L , 把悬线拉到水平位置后放手。设在摆球从 A 点运动到最低点 B 点的过程中空气阻力的大小恒为 F , 则在该过程中 ()



A. 重力做功的功率一直增大

B. 悬线的拉力做功为 0

C. 空气阻力做功为 $-mgL$

D. 空气阻力做功为 $-\frac{1}{2}F\pi L$

【答案】BD

【解析】

【详解】A. 摆球下落过程中, 在重力方向 (竖直方向) 上的分速度 v_y 先增大后减小, 则由

$$P_G = mg \cdot v_y$$

知重力做功的功率先增大后减小, 故 A 错误;

B. 悬线的拉力始终与速度方向垂直, 故做功为 0, 故 B 正确;

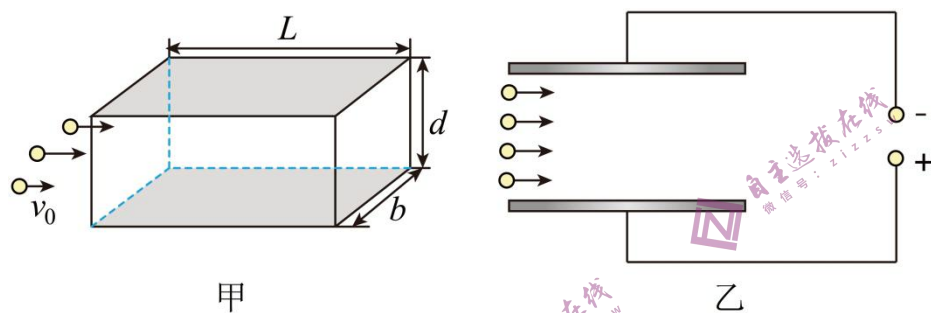
CD. 空气阻力的大小不变, 方向始终与速度方向相反, 故做功为

$$W_F = -F \cdot \frac{1}{2} \pi L = -\frac{1}{2} F \pi L$$

故 C 错误，D 正确。

故选 BD。

7. 某同学设计了一种静电除尘装置，如图甲所示，其中有一长为 L 、宽为 b 、高为 d 的矩形通道，其前、后面板为绝缘材料，上、下面板为金属材料，图乙是装置的截面图，上、下两板与电压恒定为 U 的高压直流电源相连，带负电的尘埃被吸入矩形通道的水平速度为 v_0 ，当碰到下板后其所带电荷被中和，同时被收集，将被收集尘埃的数量与进入矩形通道尘埃的数量的比值，称为除尘率，不计尘埃的重力及尘埃之间的相互作用，要增大除尘率，则下列措施可行的是（ ）



- A. 只增大电压 U B. 只增大长度 L
- C. 只增大高度 d D. 只增大尘埃被吸入水平速度 v_0

【答案】AB

【解析】

【详解】增加除尘率即是让离下极板较远的粒子落到下极板上，带电尘埃在矩形通道内做类平抛运动，在沿电场的方向上的位移为

$$y = \frac{1}{2} at^2, \quad ma = qE$$

又因为

$$U = Ed, \quad v_0 t = L$$

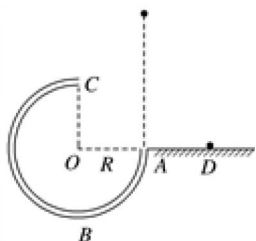
解得

$$y = \frac{qUL^2}{2mdv_0^2}$$

只要竖直方向上的位移 y 增大即可，因此可以增加电压 U 、极板长度 L 、减小高度 d 、减小水平速度 v_0 。

故选 AB。

8. 如图所示, 一个内壁光滑的 $\frac{3}{4}$ 圆管轨道 ABC 竖直放置, 轨道半径为 R ; O 、 A 、 D 位于同一水平线上, A 、 D 间的距离为 R ; 质量为 m 的小球(球的直径略小于圆管直径), 从管口 A 正上方由静止释放, 要使小球能通过 C 点落到 AD 区, 则球经过 C 点时()



- A. 速度大小满足 $\sqrt{\frac{gR}{2}} \leq v_c \leq \sqrt{2gR}$
- B. 速度大小满足 $0 \leq v_c \leq \sqrt{gR}$
- C. 对管的作用力大小满足 $\frac{1}{2}mg \leq F_c \leq mg$
- D. 对管的作用力大小满足 $0 \leq F_c \leq mg$

【答案】AD

【解析】

【详解】AB. 小球离开 C 点做平抛运动, 落到 A 点时水平位移为 R , 竖直下落高度为 R , 根据运动学公式可得: 竖直方向有

$$R = \frac{1}{2}gt^2$$

水平方向有

$$R = v_{C1}t$$

解得

$$v_{C1} = \sqrt{\frac{gR}{2}}$$

小球落到 D 点时水平位移为 $2R$, 则有

$$2R = v_{C2}t$$

解得

$$v_{C2} = \sqrt{2gR}$$

故速度大小满足

$$\sqrt{\frac{gR}{2}} \leq v_c \leq \sqrt{2gR}$$

故 A 正确，B 错误。

CD. 由于球的直径略小于圆管直径，所以过 C 点时，管壁对小球的作用力可能向下，也可能向上，当

$$v_{C1} = \sqrt{\frac{gR}{2}}$$

向心力

$$F = \frac{mv_{C1}^2}{R} = \frac{mg}{2} < mg$$

所以管壁对小球的作用力向上，根据牛顿第二定律得

$$mg - F_{c1} = \frac{mv_{C1}^2}{R}$$

解得

$$N = \frac{1}{2} mg$$

当 $v_c = \sqrt{2gR}$ ，向心力

$$F' = \frac{mv_{C1}^2}{R} = 2mg > mg$$

所以管壁对小球的作用力向下，根据牛顿第二定律得

$$mg + F_{c2} = \frac{mv_{C2}^2}{R}$$

解得

$$N' = mg$$

假设在 C 点管壁对小球的作用力为 0 时的速度大小为 v_{C3} ，则由向心力公式可得

$$mg = \frac{mv_{C3}^2}{R}$$

解得

$$v_{C3} = \sqrt{gR}$$

v_{C3} 在 $\sqrt{\frac{gR}{2}} \leq v_c \leq \sqrt{2gR}$ 范围内，所以满足条件。所以球经过 C 点时对管的作用力大小满足

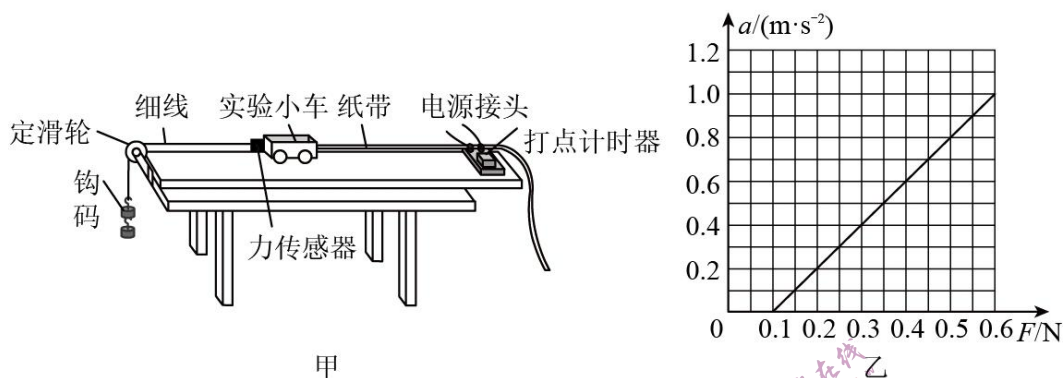
$$0 \leq F_c \leq mg$$

故 C 错误，D 正确。

故选 AD。

三、实验题（每空 2 分，共计 16 分）

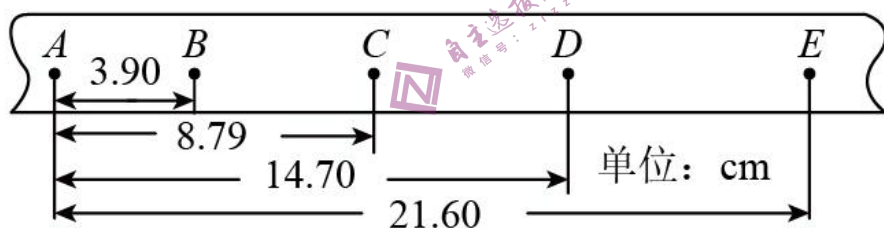
9. 利用力传感器研究“加速度与合外力的关系”的实验装置如图甲所示。



(1) 下列关于该实验的说法，错误的_____。

- A. 做实验之前必须平衡摩擦力
- B. 小车的质量必须比所挂钩码的质量大得多
- C. 应调节定滑轮的高度使细线与木板平行
- D. 打点计时器接应直流电源

(2) 从实验中挑选一条点迹清晰的纸带，每 5 个点取一个计数点，用刻度尺测量计数点间的距离如图所示。已知打点计时器每间隔 0.02s 打一个点。当打下 D 点时的瞬时速度 $v=$ _____m/s；该小车的加速度 $a=$ _____m/s²。（计算结果保留 2 位有效数字）



(3) 利用测得数据在坐标系中作出了图乙所示的 $a-F$ 图象。

- ①图线不过坐标原点的原因是_____；
- ②小车和传感器的总质量为_____kg。

【答案】 ①. BD ②. 0.64 ③. 1.0 ④. 未平衡摩擦力或平衡摩擦力不足 ⑤. 0.5

【解析】

【详解】(1) [1]A. 做实验前需平衡摩擦力，故 A 正确，不符合题意；

B. 由于实验中用了力传感器，所以没有必要使小车的质量远大于钩码的质量，故 B 错误，符合题意；

C. 为使细线拉力恒定，应调节定滑轮的高度使细线与木板平行，故 C 正确，不符合题意；

D. 打点计时器必须使用交流电源，故 D 错误，符合题意。

(2) [2][3]由题意可知，纸带上相邻两个点间的时间为

$$T = 5 \times 0.02\text{s} = 0.1\text{s}$$

由匀变速直线运动中间时刻瞬时速度等于该过程平均速度得

$$v = \frac{x_{CE}}{2T} = \frac{21.6 - 8.79}{2 \times 0.1} \times 10^{-2} \text{m/s} = 0.64 \text{m/s}$$

由逐差法得加速度

$$a = \frac{x_{CE} - x_{AC}}{4T^2} = \frac{21.6 - 8.79 - 8.79}{4 \times 0.1^2} \times 10^{-2} \text{m/s}^2 = 1.0 \text{m/s}^2$$

(3) ①[4]由图像可知，当 $F \neq 0$ 时，加速度仍然为零，说明没有平衡摩擦力，或平衡摩擦力不足；

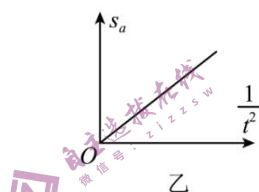
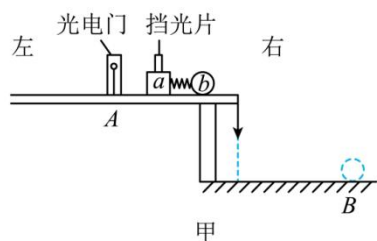
②[5] $a-F$ 图像中的斜率表示质量的倒数，由图可知

$$k = \frac{\Delta a}{\Delta F} = \frac{1.0 - 0}{0.6 - 0.1} = 2$$

故小车和传感器的总质量

$$M = \frac{1}{k} = 0.5 \text{kg}$$

10. 某物理兴趣小组利用如图甲所示的装置进行实验在足够大的水平平台上的 A 点放置一个光电门，水平平台上 A 点右侧摩擦很小，可忽略不计，左侧为粗糙水平面，当地重力加速度大小为 g 。采用的实验步骤如下：



①在小滑块 a 上固定一个宽度为 d 的窄挡光片；

②用天平分别测出小滑块 a (含挡光片) 和小球 b 的质量 m_a 、 m_b ；

③滑块 a 和小球 b 用细线连接，中间夹一被压缩了的轻弹簧，静止放置在平台上；

④细线烧断后，滑块 a 和小球 b 瞬间被弹开，向相反方向运动；

⑤记录滑块 a 通过光电门时挡光片的遮光时间 t ；

⑥滑块 a 最终停在 C 点 (图中未画出)，用刻度尺测出 A 、 C 两点之间的距离 s_a ；

⑦小球 b 从平台边缘飞出后，落在水平地面上的 B 点，用刻度尺测出平台距水平地面的高度 h 及平台边缘铅垂线与点之间的水平距离 s_b 。

⑧改变弹簧压缩量，进行多次测量.

(1) 该实验要验证“动量守恒定律”，则只需验证_____ = _____即可. (用上述实验数据字母表示)

(2) 改变弹簧压缩量多次测量后，该实验小组得到 s_a 与 $\frac{1}{t^2}$ 的关系图像如图乙所示，图线的斜率为 k ，则平台上 A 点左侧与滑块 a 之间的动摩擦因数大小为_____. (用上述实验数据字母表示)

【答案】 ①. $\frac{m_a d}{t}$ ②. $m_b s_b \sqrt{\frac{g}{2h}}$ ③. $\frac{d^2}{2kg}$

【解析】

【详解】(1) [1] [2]烧断细线后，滑块 a 向左运动，经过光电门。滑块 a 经过光电门的速度

$$v_a = \frac{d}{t}$$

小球 b 离开平台后做平抛运动，根据平抛运动规律可得

$$h = \frac{1}{2} g t^2, \quad s_b = v_b t$$

解得

$$v_b = s_b \sqrt{\frac{g}{2h}}$$

若动量守恒，设水平向右为正，则有

$$0 = m_b v_b - m_a v_a$$

即

$$\frac{m_a d}{t} = m_b s_b \sqrt{\frac{g}{2h}}$$

(2) [3]对滑块 a 由光电门向左运动过程分析，则有

$$v_a^2 = 2as_a$$

经过光电门的速度

$$v_a = \frac{d}{t}$$

由牛顿第二定律可得

$$a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g$$

联立可得

$$s_a = \frac{d^2}{\mu g} \cdot \frac{1}{2t^2}$$

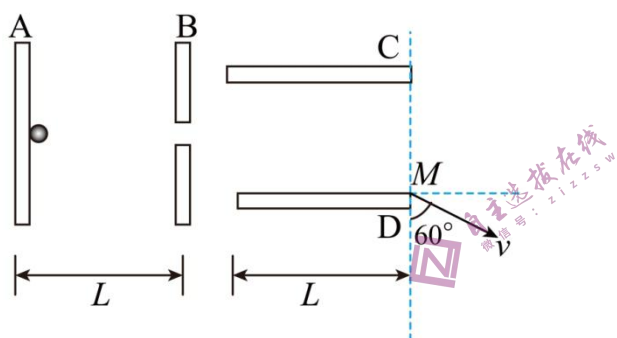
则由题图乙可知

$$\mu = \frac{d^2}{2kg}$$

四、计算题：（第 10 题 14 分，11 题 16 分，12 题 14 分，共计 44 分）

11. 如图所示，带有小孔的平行极板 A、B 间存在匀强电场，电场强度为 E_0 ，极板间距离为 L 。其右侧有与 A、B 垂直的平行极板 C、D，极板长度为 L ，C、D 板间加恒定的电压。现有一质量为 m 、带电荷量为 e 的电子（重力不计），从 A 板处由静止释放，经电场加速后通过 B 板的小孔飞出；经过 C、D 板间的电场偏转后从电场的右侧边界 M 点飞出电场区域，速度方向与边界夹角为 60° ，求：

- （1）电子到达 B 板小孔的速度；
- （2）电子在 D 点的竖直分速度以及在 CD 板中运动的时间；
- （3）电子在 C、D 间的加速度。



【答案】（1） $\sqrt{\frac{2E_0eL}{m}}$ ；（2） $v_y = \sqrt{\frac{2E_0eL}{3m}}$ ， $t = \sqrt{\frac{mL}{2E_0e}}$ ；（3） $\frac{2\sqrt{3}E_0e}{3m}$

【解析】

【详解】（1）根据动能定理

$$E_0eL = \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得

$$v_0 = \sqrt{\frac{2E_0eL}{m}}$$

（2）将离开电场时的速度正交分解可得

$$\tan 60^\circ = \frac{v_0}{v_y}$$

整理得竖直分速度

$$v_y = \frac{v_0}{\tan 60^\circ} = \sqrt{\frac{2E_0 e L}{3m}}$$

在 CD 板中运动的时间

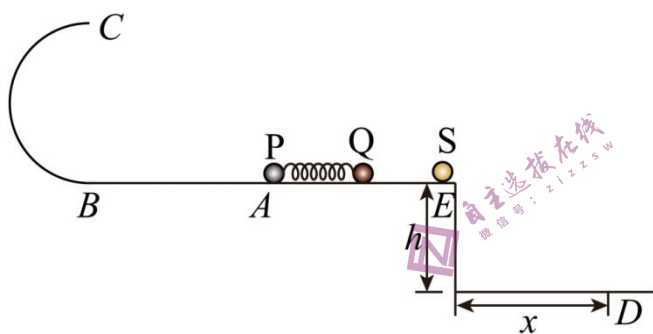
$$t = \frac{L}{v_0} = \sqrt{\frac{mL}{2E_0 e}}$$

(3) 根据加速度定义

$$a = \frac{v_y}{t} = \frac{2\sqrt{3}E_0 e}{3m}$$

12. 如图所示，在光滑水平桌面 EAB 上有质量为 $M=0.2\text{ kg}$ 的小球 P 和质量为 $m=0.1\text{ kg}$ 的小球 Q ， P 、 Q 之间压缩一轻弹簧（轻弹簧与两小球不拴接），桌面边缘 E 处放置一质量也为 $m=0.1\text{ kg}$ 的橡皮泥球 S ，在 B 处固定一与水平桌面相切的光滑竖直半圆形轨道。释放被压缩的轻弹簧， P 、 Q 两小球被轻弹簧弹出，小球 P 与弹簧分离后进入半圆形轨道，恰好能够通过半圆形轨道的最高点 C ；小球 Q 与弹簧分离后与桌面边缘的橡皮泥球 S 碰撞后合为一体飞出，落在水平地面上的 D 点。已知水平桌面高为 $h=0.2\text{ m}$ ， D 点到桌面边缘的水平距离为 $x=0.2\text{ m}$ ，重力加速度为 $g=10\text{ m/s}^2$ ，求：

- (1) 小球 P 经过半圆形轨道最低点 B 时对轨道的压力大小 N_B' ；
- (2) 小球 Q 与橡皮泥球 S 碰撞前瞬间的速度大小 v_Q ；
- (3) 被压缩的轻弹簧的弹性势能 E_p 。



【答案】(1) 12 N；(2) 2 m/s；(3) 0.3 J

【解析】

【分析】

【详解】(1) 小球 P 恰好能通过半圆形轨道的最高点 C ，则有

$$Mg = M \frac{v_C^2}{R}$$

解得

$$v_C = \sqrt{gR}$$

对于小球 P ，从 $B \rightarrow C$ ，由动能定理有

$$-2MgR = \frac{1}{2}Mv_C^2 - \frac{1}{2}Mv_B^2$$

解得

$$v_B = \sqrt{5gR}$$

在 B 点，受力分析有

$$N_B - Mg = M \frac{v_B^2}{R}$$

解得

$$N_B = 6Mg = 12\text{N}$$

由牛顿第三定律有

$$N_B' = N_B = 12\text{N}$$

(2) 设 Q 与 S 做平抛运动的初速度大小为 v ，所用时间为 t ，

根据公式

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

得

$$t = 0.2\text{s}$$

根据公式

$$x = vt$$

代入数据，得

$$v = 1\text{ m/s}$$

碰撞前后 Q 和 S 组成的系统动量守恒，则有

$$mv_Q = 2mv$$

解得

$$v_Q = 2\text{m/s}$$

(3) P 、 Q 和弹簧组成的系统动量守恒，则有

$$Mv_P = mv_Q$$

解得

$$v_P = 1\text{m/s}$$

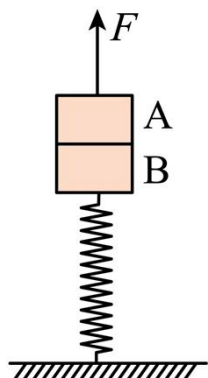
P 、 Q 和弹簧组成的系统，由能量守恒定律有

$$E_p = \frac{1}{2} M v_P^2 + \frac{1}{2} M v_Q^2$$

解得

$$E_p = 0.3 \text{ J}$$

13. A、B 两个木块叠放在竖直轻弹簧上，如图所示，已知 $m_A = m_B = 1 \text{ kg}$ ，轻弹簧的劲度系数为 100 N/m 。若在木块 A 上作用一个竖直向上的力 F ，使木块 A 由静止开始以 2 m/s^2 的加速度竖直向上做匀加速运动。取 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。



(1) 求使木块 A 竖直向上做匀加速运动的过程中，力 F 的最大值是多少？

(2) 若木块 A 竖直向上做匀加速运动，直到 A、B 分离的过程中，弹簧的弹性势能减少了 1.28 J ，则在这个过程中力 F 对木块做的功是多少？

【答案】(1) 12 N (2) 0.64 J

【解析】

【详解】(1) 当 $F=0$ (即不加竖直向上 F 力时)，设 A、B 叠放在弹簧上处于平衡时弹簧的压缩量为 x ，有

$$kx_1 = (m_A + m_B)g$$

解得：

$$x_1 = \frac{(m_A + m_B)g}{k} = 0.2 \text{ m}$$

当 $F \neq 0$ 时，对 B 研究，受有重力、弹簧的弹力 F_T 和 A 对 B 的压力 F_N ，根据牛顿第二定律有：

$$F_T - F_N - m_B g = m_B a_B$$

以木块 A 为研究对象进行受力分析，在重力、B 对 A 的支持力和拉力作用下做匀加速运动，由牛顿第二定律得：

$$F - m_A g + F_N = m_A a$$

于是可知，当 $F_N \neq 0$ 时，AB 有共同加速度 $a_B = a$ ，欲使木块 A 由静止开始以 2 m/s^2 的加速度竖直向上做匀

加速运动，随 F_T 减小， F_N 减小， F 逐渐增大，当 $F_N=0$ 时， F 有最大值，于是

$$F_m = m_A g + m_A a = 12\text{N}$$

(2) 由 (1) 知当 $F_N=0$ 时，A、B 开始分离，由

$$F_T - F_N - m_B g = m_B a_B$$

知，此时，弹簧压缩量为

$$x_2 = \frac{m_B(a+g)}{k} = 0.12\text{m}$$

设 A、B 开始分离时共同速度为 v ，由运动学公式得：

$$v^2 = 2a(x_1 - x_2)$$

解得：

$$v = \sqrt{\frac{8}{25}}\text{m/s}$$

由题知，此过程弹性势能减少了

$$W_P = E_P = 1.28\text{J}$$

设 F 力功 W_F ，对这一过程应用动能定理得

$$W_F + E_P - (m_A + m_B)g(x_1 - x_2) = \frac{1}{2}(m_A + m_B)v^2$$

代入数据解得：

$$W_F = 0.64\text{J}$$