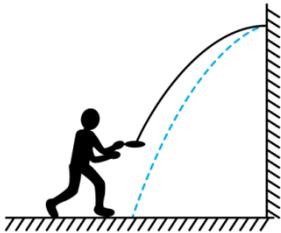


2021-2022 年福州第二中学高三上期中考试试卷

高三物理试卷

一、选择题（本题共 8 小题，每小题 4 分。在每小题给出的四个选项中，第 1—3 题只有一项符合题目要求，第 4—8 题有多项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分）

1. 疫情防控期间，某同学在家对着竖直墙壁练习打乒乓球。某次斜向上发球，球垂直在墙上后反弹落地，落地点正好在发球点正下方，球在空中运动的轨迹如图，不计空气阻力，关于球离开球拍到第一次落地的过程中，下列说法正确的是（ ）



- A. 球在空中上升和下降过程时间相等
- B. 球落地时的动量一定比抛出时大
- C. 球落地时和抛出时的动能可能相等
- D. 球撞击墙壁过程可能没有机械能损失

【答案】C

【解析】

【分析】

【详解】A. 斜上抛运动看作反向的平抛运动，根据

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

可得

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

由于两种情况下竖直方向运动的高度不同，则运动时间不相等，反弹后运动的时间长，故 A 错误；

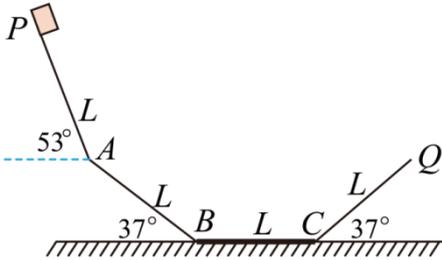
B. 虽然反弹落地时乒乓球竖直方向的速度大于原来抛出时竖直方向的速度，但水平方向的速度是斜上抛时的大，所以球落地时的速率不一定比抛出时大，则球落地时的动量不一定比抛出时大，故 B 错误；

C. 虽然碰撞过程中有能量损失，但反弹后下落的高度大，从开始抛出到落地过程中重力做正功，如果整个过程中重力做的功等于乒乓球与墙碰撞过程中损失的能量，则球落地时和抛出时的动能相等，故 C 正确；

D. 若反弹的速度大小与碰撞墙时的速度大小相等，则乒乓球原路返回，根据图象可知，乒乓球与墙碰撞过程中有能量损失，使得碰撞后速度减小，故 D 错误。

故选 C。

2. 四段长度相等的粗糙直轨道 $PABCQ$ 竖直固定在水平地面上，各段轨道的倾角如图所示。一个小物块（体积可以忽略）从轨道的左端 P 点由静止释放，到达 Q 点时的速度恰好为零。物块与四段轨道间的动摩擦因数都相同，且在各轨道连接处无机械能损失，空气阻力不计。已知 $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\sin 53^\circ = 0.8$ ，则（ ）



- A. 动摩擦因数为 $\frac{1}{4}$
- B. 通过 AB 段的过程与通过 CQ 段的过程，重力做功的绝对值相同，重力的冲量也相等
- C. 通过 AB 段的过程与通过 CQ 段的过程，滑块运动的加速度相同
- D. 若换用同种材料的直轨道将 PQ 连接，则小物块仍滑至 Q 点

【答案】A

【解析】

【详解】A. 根据动能定理

$$mgL \sin 53^\circ - \mu mg \cos 53^\circ \cdot L - 2\mu mg \cos 37^\circ \cdot L - \mu mgL = 0,$$

得 $\mu = \frac{1}{4}$ ，A 正确；

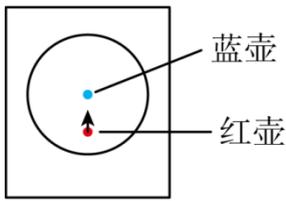
B. 通过 AB 段的过程与通过 CQ 段的过程，高度变化相同，故重力做功的绝对值相同，但第四个 L 平均速度小，故时间长，则重力的冲量不相等，B 错误；

C. 通过 AB 段过程与通过 CQ 段的过程，滑块受到的摩擦力方向不同，运动的加速度大小、方向不同，C 错误；

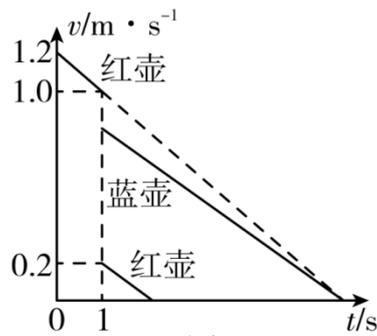
D. 若用同种材料的直轨道将 PQ 连接，此时 PQ 轨道与水平方向的夹角的正切值刚好等于 $1/4$ ，所以小物块在此轨道上受重力沿轨道的分力等于所受摩擦力，不会滑动，则不能到达 Q 点，D 错误。

故选 A。

3. 在冰壶比赛中，某队员利用红壶去碰撞对方的蓝壶，两者在大本营中心发生对心碰撞如图 (a) 所示，碰撞前后两壶运动的 $v-t$ 图线如图 (b) 中实线所示，其中红壶碰撞前后的图线平行，两冰壶质量相等，则（ ）



图(a)



图(b)

- A. 两壶发生了弹性碰撞
 B. 碰后蓝壶速度为0.6m/s
 C. 碰后蓝壶移动的距离为2.0m
 D. 碰后红壶所受摩擦力小于蓝壶所受摩擦力

【答案】C

【解析】

【详解】AB. 由图知：碰前红壶的速度 $v_0=1.0\text{m/s}$ ，碰后速度为 $v'_0=0.2\text{m/s}$ ，可知，碰后红壶沿原方向运动，设碰后蓝壶的速度为 v ，取碰撞前红壶的速度方向为正方向，根据动量守恒定律可得

$$mv_0 = mv'_0 + mv$$

代入数据解得

$$v = 0.8\text{m/s}$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 > \frac{1}{2}mv_0'^2 + \frac{1}{2}mv^2$$

碰撞过程机械能有损失，碰撞为非弹性碰撞，AB 错误；

C. 根据速度图像与坐标轴围成的面积表示位移，可得，碰后蓝壶移动的位移大小

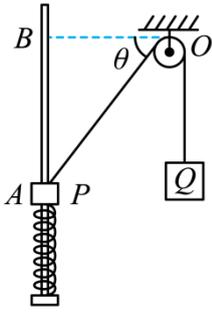
$$x = \frac{0.8}{2} \times 5\text{m} = 2.0\text{m}$$

C 正确；

D. 根据图像的斜率表示加速度，知碰后红壶的加速度大于蓝壶的加速度，两者的质量相等，由牛顿第二定律知碰后红壶所受摩擦力大于蓝壶所受的摩擦力，D 错误。

故选 C。

4. 如图所示，一根轻质弹簧一端固定于光滑竖直杆上，另一端与质量为 m 的滑块 P 连接，P 穿在杆上，一根轻绳跨过定滑轮将滑块 P 和重物 Q 连接起来，重物 Q 的质量 $M=6m$ 。现把滑块 P 从图中 A 点由静止释放，当它经过 A、B 两点时弹簧对滑块的弹力大小相等，已知 OA 与水平面的夹角 $\theta=53^\circ$ ，OB 长为 L，与 AB 垂直。不计滑轮的质量和一切摩擦阻力，重力加速度为 g ，在滑块 P 从 A 到 B 的过程中，下列说法不正确的是 ()



- A. P 和 Q 系统的机械能守恒
- B. 滑块 P 运动到位置 B 处速度达到最大，且大小为 $\frac{4\sqrt{3}gL}{3}$
- C. 轻绳对滑块 P 做功 $4mgL$
- D. 重物 Q 重力的功率先增大后减小

【答案】AB

【解析】

【详解】A. 对于 PQ 系统，竖直杆不做功，系统的机械能只与弹簧对 P 的做功有关，从 A 到 B 的过程中，弹簧对 P 先做正功，后做负功，所以系统的机械能先增加后减小，故 A 错误，符合题意；

B. 若滑块 P 运动到速度最大处，此时物体受到向上的力与向下的力大小相等，而当滑块 P 运动到位置 B 处时，此时绳子沿竖直方向不提供拉力，此时竖直方向仅存在重力和弹簧向下的弹力，故在位置 B 处滑块 P 的速度不是最大。从 A 到 B 过程中，对于 P、Q 系统由动能定理

$$6mg\left(\frac{L}{\cos\theta} - L\right) - mgL \tan\theta = \frac{1}{2}mv^2$$

解得

$$v = \frac{4\sqrt{3}gL}{3}$$

故 B 错误，符合题意；

C. 对于 P 根据动能定理

$$W - mgL \tan\theta = \frac{1}{2}mv^2$$

联立解得

$$W = 4mgL$$

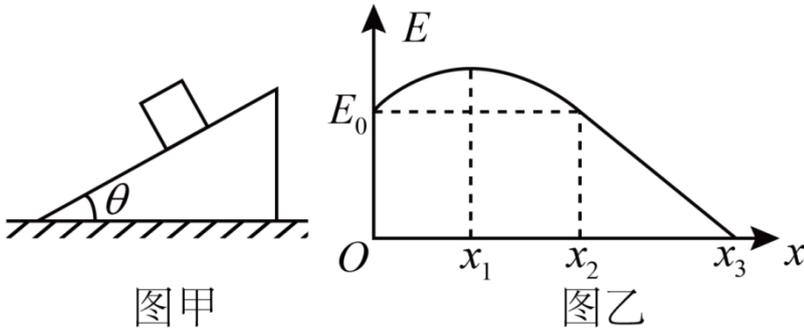
故 C 正确，但不符合题意；

D. 物块 Q 释放瞬间的速度为零，当物块 P 运动至 B 点时，物块 Q 的速度也为零，所以当 P 从 A 点运动至 B 点时，物块 Q 的速度先增加后减小，物块 Q 的重力的功率也为先增加后减小，故 D 正确，但不符合题

意。

故选 AB。

5. 图甲中，物体在平行于斜面的推力作用下，静止开始沿足够长的光滑斜面向下运动。取斜面底端为零势能面，物体的机械能 E 与位移 x 的关系图象如图乙所示，其中 $0 \sim x_2$ 过程的图线为曲线， x_1 点对应 E 的最大值， $x_2 \sim x_3$ 过程为直线。根据图象可知（ ）



- A. $0 \sim x_1$ 过程中，推力的方向始终沿斜面向下
- B. $0 \sim x_2$ 过程中，推力的值先变小后变大
- C. $x_1 \sim x_2$ 过程中，物体做匀减速直线运动
- D. $0 \sim x_3$ 过程中，物体克服推力做功为 E_0

【答案】 ABD

【解析】

【分析】

【详解】 A. $0 \sim x_1$ 过程中，由于物体的机械能逐渐增大，可知推力做正功，物体沿光滑斜面向下运动，所以推力的方向始终沿斜面向下，故 A 正确；

B. 根据功能原理知

$$\Delta E = F \Delta x$$

可知 $E-x$ 图线的斜率表示推力的大小， $0 \sim x_2$ 过程中，图线的斜率先减小后增大，故推力的值先变小后变大，故 B 正确；

C. $x_1 \sim x_2$ 过程中，推力增大，根据牛顿第二定律得

$$mg \sin \theta + F = ma$$

可知加速度增大，物体做变速运动，故 C 错误；

D. 根据功能原理知

$$\Delta E = F \Delta x$$

可知 $0 \sim x_3$ 过程中，物体克服推力做功为 E_0 ，故 D 正确。

故选 ABD。

6. 如图所示为某种太阳能无人驾驶试验汽车, 汽车上安装有太阳能电池板. 蓄能电池和电动机在某次启动中, 汽车以恒定的功率 P 启动, 所受阻力与速度的平方成正比, 比例系数为 k , 经时间 t 汽车的速度达到最大值, 在这个过程中下列说法正确的是 ()



- A. 汽车的牵引力增大
- B. 汽车的合外力减小
- C. 汽车达到的最大速度为 $\sqrt{\frac{P}{k}}$
- D. 汽车合外力做功为 Pt

【答案】BC

【解析】

【分析】

【详解】AB. 由

$$P = Fv$$

$$f = kv$$

可知随着速度增大, 牵引力减小, 阻力增大, 合外力变小, A 错误, B 正确;

C. 当汽车达到最大速度时, 有

$$P = Fv = fv = kv^2$$

解得

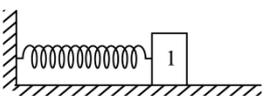
$$v_{\max} = \sqrt{\frac{P}{k}}$$

C 正确;

D. 合外力做的功等于电动机做的功 Pt 减阻力做的功, 所以小于 Pt , D 错误。

故选 BC。

7. 如图所示, 物块 1、2、3 均放在光滑水平面上, 物块 1、2 的质量均为 m ; 物块 3 的质量为 $2m$, 甲、乙两图中的轻弹簧完全相同, 压缩量也完全相同, 分别与竖直墙及物块 1、2、3 接触但不连接。对两弹簧释放后三个物块被弹开的过程, 以下说法正确的是 ()



甲



乙

- A. 两弹簧对物块 1、2 的冲量大小相同
- B. 乙图中的弹簧对物块 2、3 的冲量大小相同
- C. 物块 1、3 的最大动能之比为 2:1
- D. 物块 2、3 的最大动能之比为 2:1

【答案】BD

【解析】

【详解】A. 图甲中，弹簧的弹性势能转化为物块 1 的动能，图乙中，弹簧的弹性势能转化为物块 2、3 的动能，故物块 1 的末速度大于物块 2 的末速度，根据动量定理可知两弹簧对物块 1、2 的冲量大小不等，故 A 错误；

B. 图乙中，物块 2、3 水平方向上不受外力，水平方向动量守恒，根据动量定理可知，弹簧对物块 2、3 冲量大小相同，故 B 正确；

CD. 图乙中，根据动量定理可知：

$$mv = 2mv'$$

物块 2 的动能为：

$$E_{2k} = \frac{1}{2}mv^2$$

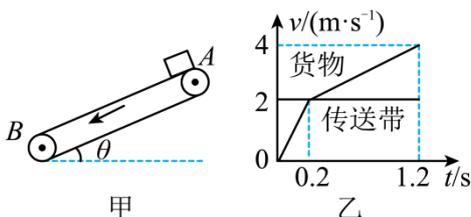
物块 3 的动能为：

$$E_{3k} = \frac{1}{2} \cdot 2mv'^2 = \frac{mv^2}{4}$$

故物块 2、3 的最大动能之比为 2:1，物块 1 的末速度大于物块 2 的末速度，故物块 1、3 的最大动能之比不等于 2:1，故 C 错误，D 正确；

故选 BD。

8. 在大型物流货场，广泛应用着传送带搬运货物。如图甲所示，与水平面成 θ 角倾斜的传送带以恒定速率运动，皮带始终是绷紧的，将 $m = 1\text{kg}$ 的货物放在传送带上的 A 处，经过 1.2s 到达传送带的 B 端。用速度传感器测得货物与传送带的速度 v 随时间 t 变化图像如图乙所示，已知重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ ，由 $v-t$ 图可知（ ）



- A. A、B 两点的距离为 2.4m
 B. 货物与传送带间的动摩擦因数为 0.5
 C. 货物从 A 运动到 B 过程中，传送带对货物做功 -11.2J
 D. 货物从 A 运动到 B 过程中，货物与传送带摩擦产生的热量为 11.2J

【答案】BC

【解析】

【分析】

【详解】A. 货物的位移就是 AB 两点的距离，求出货物的 $v-t$ 图像与坐标轴围成的面积即可。所以有

$$S_{AB} = \frac{2 \times 0.2}{2} \text{m} + \frac{2+4}{2} \times 1\text{m} = 3.2\text{m}$$

故 A 错误；

B. 由图像可以看出货物做两段匀加速直线运动，根据牛顿第二定律有

$$mg\sin\theta + \mu mg\cos\theta = ma_1, \quad mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = ma_2$$

由图像得到

$$a_1 = 10\text{m/s}^2, \quad a_2 = 2\text{m/s}^2$$

解得

$$\theta = 37^\circ, \quad \mu = 0.5$$

故 B 正确；

C. 传送带对货物做的功分两段来求，有

$$W = W_1 + W_2 = 0.5 \times 1 \times 10 \times 0.8 \times 0.2\text{J} - 0.5 \times 1 \times 10 \times 0.8 \times 3\text{J} = -11.2\text{J}$$

故 C 正确；

D. 货物与传送带摩擦产生的热量也分两段来求，有

$$Q = f \times \Delta x_1 + f \times \Delta x_2 = 0.5 \times 1 \times 10 \times 0.8 [(2 \times 0.2 - 0.2) + (3 - 2 \times 1)]\text{J} = 4.8\text{J}$$

故 D 错误。

故选 BC。

二、非选择题（共 60 分）

9. 竖直上抛的物体其初速度为 v_0 ，设空气阻力在运动中大小始终为重力的 k 倍 ($0 < k < 1$)，重力加速度为 g ，则物体能上升的最大高度是_____，物体从最高点落回抛出点的时间是_____□

【答案】 □. $\frac{v_0^2}{2(k+1)g}$ □. $\frac{v_0}{g\sqrt{1-k^2}}$

【解析】

【详解】上升过程，根据动能定理有： $-(mg + kmg)h = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ，得最大高度 $h = \frac{v_0^2}{2(k+1)g}$ ，下落过

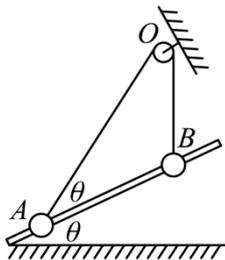
程，由牛顿第二定律得 $mg - kmg = ma$ ，由运动学公式： $h = \frac{1}{2}at^2$ ，得 $t = \frac{v_0}{g\sqrt{1-k^2}}$ 。

10. 如图所示，A、B 两球用一根光滑轻绳相

连，绳与 OA 杆的夹角为 θ 。

OB 杆与 AB 绳的夹角为 θ ，A 球的质量为 m ，B 球的质量为 M ，OB 杆与 OA 杆的夹角为 θ 。

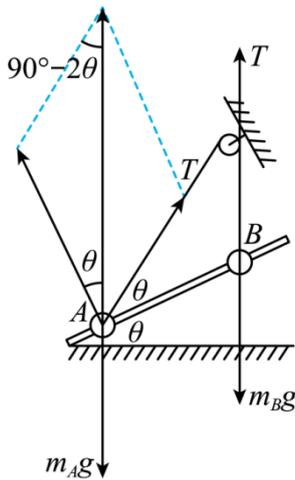
求 B 球的质量 M 与 A 球的质量 m 之比。绝对值 M/m 绝对值 M/m “ $>$ ” “ $=$ ” “ $<$ ”



【答案】 □. $\frac{m}{\tan\theta}$ □. 小于

【解析】

【详解】分别对 AB 两球分析，运用合成法，如图：



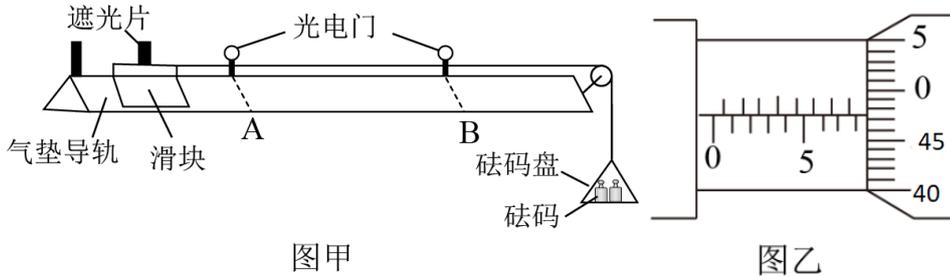
根据共点力平衡条件，得： $T = m_b g \frac{T}{\sin\theta} = \frac{m_a g}{\sin(90^\circ + \theta)}$ （根据正弦定理列式），联立解得：

$m_a : m_b = 1 : \tan\theta$ ，所以当 b 球质量为 m ，则 a 球的质量为 $\frac{m}{\tan\theta}$ 。若从静止位置沿杆向上拉动 b 球，当

ob 与杆垂直时，两者的速度为零，由功能关系可知：拉力做的功与 a 球重力势能的减少量之和转化为 b 球的重力势能，所以在此过程中 a 球重力势能变化量的绝对值小于 b 球重力势能变化量的绝对值。

【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。

11. 一探究小组用如图甲所示的实验装置验证动量定理，所用器材包括：气垫导轨、滑块（上方安装有宽度为 d 的遮光片）、两个与计算机相连接的光电门、砝码盘和砝码等。



图甲

图乙

- (1) 用螺旋测微器测遮光条宽度 d 。测量结果如图乙所示，则 $d = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$ ；
- (2) 调节气垫导轨，使其水平。将滑块放在导轨上，打开气泵，推动滑块，若滑块上的遮光片经过 B 光电门的遮光时间比经过 A 光电门的遮光时间小，应适当调高导轨 端（填“左”或“右”）螺栓；
- (3) 测出砝码及盘的总质量 m_1 、滑块（含遮光片）的质量 m_2 ($m_1 \ll m_2$)，测出一次运动过程中遮光片经过 A、B 两处的光电门的遮光时间 Δt_1 、 Δt_2 和遮光片从 A 运动到 B 所用的时间 t ；
- (4) 得出实验结论。可分别表示出遮光片随滑块从 A 运动到 B 的过程中滑块动量改变量的大小、该过程中砝码及盘的拉力冲量，若在误差允许的范围内满足关系式 （用题中给出的物理量、重力加速度 g 表示），即验证了动量定理；

【答案】 □. 8.473 □. 右 □. $m_1 g t = m_2 \left(\frac{d}{\Delta t_2} - \frac{d}{\Delta t_1} \right)$

【解析】

【详解】(1)[1]螺旋测微器的固定刻度读数为 8mm，可动刻度的最小分度为 0.01mm，读数为 $47.3 \times 0.01 \text{ mm}$ ，则

$$d = 8 \text{ mm} + 47.3 \times 0.01 \text{ mm} = 8.473 \text{ mm}$$

(2)[2]经 B 时间短，此时速度大，右端稍低所致，故应调高右端；

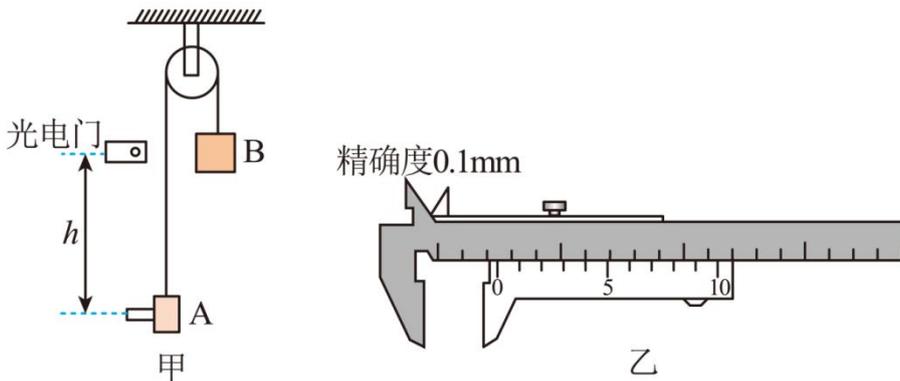
(4)[3]若该过程中砝码及盘的拉力冲量为 $m_1 g t$ ，遮光片随滑块从 A 运动到 B 的过程中滑块动量改变量为

$$m_2 \left(\frac{d}{\Delta t_2} - \frac{d}{\Delta t_1} \right), \text{ 即}$$

$$m_1 g t = m_2 \left(\frac{d}{\Delta t_2} - \frac{d}{\Delta t_1} \right)$$

二者相等，便可验证动量定理。

12. 某同学利用如图甲所示的装置来验证机械能守恒定律。将宽度为 d 的挡光片水平固定在物体 A 上，将物体 A 、 B 同时由静止释放，释放时挡光片上端与光电门之间的高度差为 h ，让质量较大的物体 B 通过细线绕过轻质定滑轮带着 A 一起运动，挡光片通过光电门的时间为 t ，已知当地的重力加速度大小为 g 。回答下列问题。



(1) 该同学用游标卡尺测挡光片的宽度时，测量情况如图乙所示，则挡光片的宽度 $d = \underline{\hspace{2cm}}$ mm。

(2) 由于没有天平，不能直接测出两物体的质量，该同学找来一个质量为 m_0 的标准砝码和一根弹簧，将标准砝码、物体 A （包括挡光片）和物体 B 分别静止悬挂在弹簧下端，用刻度尺测出弹簧的伸长量分别为 x_0 、 x_A 、 x_B ，则物体 A 的质量 $m_A = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(3) 用挡光片通过光电门的平均速度表示挡光片上端到达光电门时的速度，若运动过程中物体 A 、 B 组成的系统机械能守恒，则应满足关系式 $(x_B - x_A)gh = \underline{\hspace{2cm}}$ 。（用题中已测得或已知的物理量的字母表示）

【答案】 □. 2.4 □. $\frac{m_0 x_A}{x_0}$ □. $\frac{(x_A + x_B)d^2}{2t^2}$

【解析】

【详解】 (1)[1] 由图乙所示游标卡尺可知，游标卡尺是 10 分度的，精度是 0.1mm，遮光片的宽度

$$d = 2\text{mm} + 4 \times 0.1\text{mm} = 2.4\text{mm}$$

(2)[2] 设弹簧的劲度系数为 k ，砝码与物体静止处于平衡状态，由平衡条件得：

$$m_0 g = kx_0, \quad m_A g = kx_A, \quad m_B g = kx_B$$

解得：

$$m_A = \frac{m_0 x_A}{x_0}, \quad m_B = \frac{m_0 x_B}{x_0}$$

(3)[3] 物体经过光电门时的速度: $v = \frac{d}{t}$, A、B 组成的系统机械能守恒, 由机械能守恒定律得:

$$m_B gh - m_A gh = \frac{1}{2}(m_A + m_B)\left(\frac{d}{t}\right)^2$$

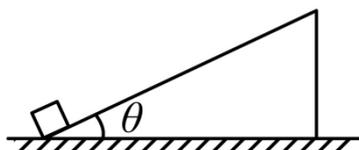
整理得:

$$(x_B - x_A)gh = \frac{(x_A + x_B)d^2}{2t^2}$$

13. 假设某星球表面上有一倾角为 $\theta = 37^\circ$ 的固定斜面, 一质量为 $m = 2.0\text{kg}$ 的小物块从斜面底端以速度 9m/s 沿斜面向上运动, 小物块运动 1.5s 时速度恰好为零, 已知小物块和斜面间的动摩擦因数为 0.25 , 该星球半径为 $R = 1.2 \times 10^3 \text{km}$, ($\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$), 试求:

(1) 该星球表面上的重力加速度 g 的大小;

(2) 该星球的第一宇宙速度。



【答案】 (1) 7.5m/s^2 ; (2) $v = 3.0 \times 10^3 \text{m/s}$

【解析】

【详解】 (1) 由运动学可知

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{9 - 0}{1.5} \text{m/s}^2 = 6\text{m/s}^2$$

由牛顿第二定律

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

联立可得

$$g = 7.5\text{m/s}^2$$

(2) 对星球表面的物体

$$\frac{GMm}{R^2} = mg$$

该星球的第一宇宙速度为该星球近表面卫星的线速度;

对星球表面卫星

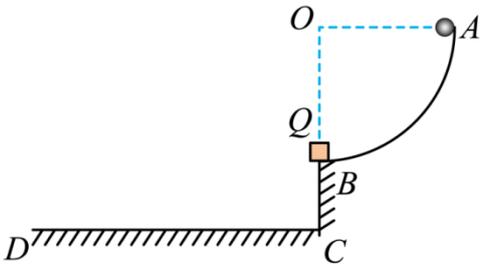
$$\frac{GMm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$$

代入数据得

$$v = \sqrt{gR} = 3.0 \times 10^3 \text{ m/s}$$

14. 如图所示，竖直平面内固定一半径为 R 的光滑 $\frac{1}{4}$ 圆弧轨道，其两端点为 AB ，圆心 O 与 B 的连线竖直， B 与水平地面 CD 的高度差为 $\frac{4}{9}R$ 。质量为 $2m$ 的小物块 Q 静止在圆弧轨道的 B 点。将一质量为 m 的光滑小球 P 从圆弧轨道的 A 点由静止释放， P 运动到 O 点正下方 B 点时与 Q 发生弹性碰撞。已知重力加速度的大小为 g 。求：

- (1) P 与 Q 发生碰撞前的瞬间对轨道压力的大小；
- (2) P 与 Q 发生碰撞后， Q 落地时速度的大小及方向。



【答案】(1) $3mg$ ，方向竖直向下；(2) $v = \frac{4\sqrt{gR}}{3}$ ，方向与水平方向夹角 $\theta = 45^\circ$

【解析】

【分析】

【详解】(1) 设 P 与 Q 发生碰撞前瞬间速度的大小为 v_0

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

解得

$$v_0 = \sqrt{2gR}$$

P 与 Q 发生碰撞前瞬间轨道对 P 支持力的大小为 F ，方向竖直向上

$$F - mg = m \frac{v_0^2}{R}$$

解得

$$F = 3mg$$

由牛顿第三定律可知 P 对轨道压力 F'

$$F'=F=3mg$$

方向竖直向下。

(2) 设 P 与 Q 发生碰撞后的速度分别为 v_P 和 v_Q

$$mv_0 = mv_P + 2mv_Q$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_P^2 + \frac{1}{2}(2m)v_Q^2$$

解得

$$v_Q = \frac{2}{3}v_0$$

设 Q 离开 B 后做平抛运动，设时间为 t ， Q 落地时的速度的大小为 v ，方向与水平面间夹角为 θ

$$\frac{4}{9}R = \frac{1}{2}gt^2$$

$$v_y = gt$$

$$v = \sqrt{v_Q^2 + v_y^2}$$

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_Q}$$

解得

$$v = \frac{4\sqrt{gR}}{3}$$

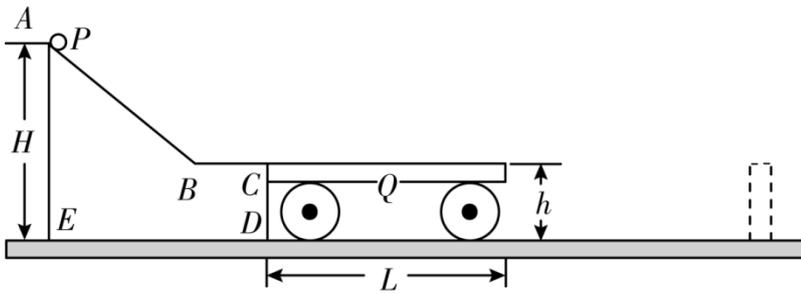
$$\theta = 45^\circ$$

15. 如图所示，高 $H=1.6\text{m}$ 的赛台 $ABCDE$ 固定于地面上，其上表面 ABC 光滑；质量 $M=1\text{kg}$ 、高 $h=0.8\text{m}$ 、长 L 的小车 Q 紧靠赛台右侧 CD 面（不粘连），放置于光滑水平地面上。质量 $m=1\text{kg}$ 的小物块 P 从赛台顶点 A 由静止释放，经过 B 点的小曲面无损失机械能的滑上 BC 水平面，再滑上小车的左端。已知小物块与小车上表面的动摩擦因数 $\mu=0.4$ ， g 取 10m/s^2

(1) 求小物块 P 滑上小车左端时的速度 v_1 ；

(2) 如果小物块没有从小车上滑脱，求小车最短长度 L_0 ；

(3) 若小车长 $L=1.2\text{m}$ ，距离小车右端 S 处有与车面等高的竖直挡板，小车碰上挡板后立即停止不动，讨论小物块在小车上运动过程中，克服摩擦力做功 W_f 与 S 的关系。



【答案】(1) 4m/s; (2) 1m; (3) (4.8 + 4S)J

【解析】

【分析】

【详解】(1)小物块 P 从 A 滑到 C 点的过程中, 根据机械能守恒定律, 有

$$mg(H - h) = \frac{1}{2}mv_1^2$$

解得小物块 P 滑上小车左端时的速度

$$v_1 = \sqrt{2g(H - h)} = \sqrt{2 \times 10 \times (1.6 - 0.8)} \text{m/s} = 4 \text{m/s}$$

(2)小物块 P 在小车 Q 的上表面滑动的过程中, P 、 Q 构成的系统所受合外力为零, 动量守恒, 取小车最短长度 L_0 时, 小物块刚好在小车右端共速为 v_2

$$mv_1 = (m + M)v_2$$

相对运动过程中系统的能量守恒, 有

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}(m + M)v_2^2 + \mu mgL_0$$

联立并代入已知数据解得

$$v_2 = 2 \text{m/s}$$

$$L_0 = 1 \text{m}$$

(3)小车长 $L = 1.2 \text{m}$, 说明小车与竖直挡板相撞前小物块不会滑脱小车, 设共速时小车位移 x_1 , 物块对地位移 x_2 , 分别对小车和物块由动能定理可知

$$\mu mgx_1 = \frac{1}{2}Mv_2^2$$

$$-\mu mgx_2 = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

联立可得

$$x_1 = 0.5 \text{m}$$

$$x_2 = 1.5 \text{m}$$

若 $S \geq x_1$ ，说明小车与挡板碰撞前小物块与小车已具有共同速度，且共速后一起匀速至挡板处，小物块将在小车上继续向右做初速度为 $v_2 = 2\text{m/s}$ 的匀减速运动，距离车尾位移为

$$L_1 = L - L_0 = 0.2\text{m}$$

设减速到 0 位移为 L_2 ，则

$$\mu mg L_2 = \frac{1}{2} m v_2^2$$

可得

$$L_2 = 0.5\text{m} > L_1$$

则小物块在车上飞出去

$$W_f = \mu mg(x_2 + L_1) = 6.8\text{J}$$

若 $S < x_1$ ，说明小车与挡板碰撞前小物块与小车还没有共速，小物块全程都受摩擦力作用，则

$$W_f = \mu mg(L + S) = (4.8 + 4S)\text{J}$$

