

重庆市高 2024 届（三上）拔尖强基联盟十月联合考试物理试题

2023 年 10 月

(满分:100 分:考试时间:75 分钟)

一、单项选择题:本题共 7 小题,每小题 4 分,共 28 分。在每小题给出的四个选项中,只有一项是符合题目要求的。

1. 如图所示,吸附在竖直玻璃上质量为 m 的擦窗工具,在与玻璃平面平行的水平拉力作用下做匀速直线运动,运动方向与竖直方向的夹角为 θ 。重力加速度为 g ,则擦窗工具所受水平拉力为 ()



A. $mg\sin\theta$

B. $mg\cos\theta$

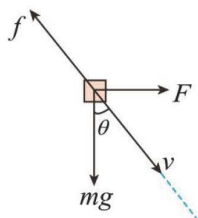
C. $mg\tan\theta$

D. $\frac{mg}{\sin\theta}$

【答案】C

【解析】

【详解】对擦窗工具受力分析,如图所示

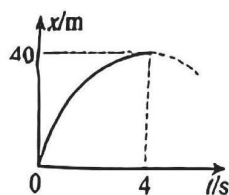


根据平衡条件可得

$$F = mg \tan \theta$$

故选 C。

2. 一辆汽车在平直公路上做匀变速直线运动。其 $x-t$ 图像如图所示为一条抛物线,则汽车匀变速的加速度大小为 ()



- A. 2.5m/s^2 B. 5m/s^2 C. 10m/s^2 D. 15m/s^2

【答案】B

【解析】

【详解】在 $x-t$ 图像中，图像的斜率表示速度，故在 $t=4\text{s}$ 时，速度为 0，在 $0-4\text{s}$ 内，根据速度-时间公式可得

$$v = v_0 + at$$

根据位移—时间公式可得

$$v^2 - v_0^2 = 2ax$$

联立解得

$$a = -5\text{m/s}^2$$

故选 B。

3. 2023 年 7 月 31 日，在成都大运会上，中国组合张家齐、掌敏洁获女子双人 10 米跳台冠军。在某轮比赛中，运动员在跳台上倒立静止，然后下落，完成技术动作后在水面上方 5m 内完成姿态调整。假设整个下落过程近似为自由落体运动，重力加速度大小取 10m/s^2 ，则用于姿态调整的时间约为（ ）

- A. 0.4s B. 0.5s C. 1.0s D. 1.4s

【答案】A

【解析】

【详解】自由落体运动，由

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

可得前 5m 的运动时间

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 5}{10}}\text{s} = 1\text{s}$$

整个下落过程的运动时间

$$t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 10}{10}}\text{s} = \sqrt{2}\text{s}$$

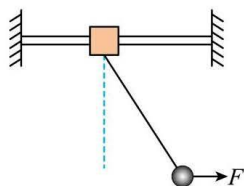
用于姿态调整的时间约为

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \sqrt{2}\text{s} - 1\text{s} \approx 0.4\text{s}$$

故选 A。

4. 如图所示，滑块穿在水平横杆上并可沿杆左右滑动，它的下端通过一根细线与小球相连，小球受到水平

向右的拉力 F 的作用，此时滑块与小球处于静止状态。保持拉力 F 始终沿水平方向，将其大小缓慢增大，细线偏离竖直方向的角度将增大，这一过程中滑块始终保持静止，则（ ）



- A. 滑块对杆的压力增大
- B. 滑块受到杆的摩擦力增大
- C. 小球受到细线的拉力大小不变
- D. 小球所受各力的合力增大

【答案】B

【解析】

【分析】物体的平衡，整体和隔离法。

【详解】B. 对滑块和小球的整体而言，水平方向受向右的拉力 F 和向左的摩擦力作用，故当向右的拉力逐渐变大时，滑块受到杆的摩擦力增大，B 正确；

A. 竖直方向受到小球及滑块的重力和杆对滑块的支持力作用，故

$$F_N = (M + m)g$$

不变，A 错误；

D. 对小球而言，由于受力平衡故小球所受各力的合力为零，保持不变，D 错误；

C. 小球受到细线的拉力

$$T = \frac{mg}{\cos \theta}$$

故随 θ 增大，则 T 值变大，C 错误；

故选 B。

5. 如图所示为年级排球比赛中运动员在网前击球。某次进攻时运动员在边线附近 3.2m 高处将球水平打回对方半场，排球恰好落在对方后场端线上得分。已知排球场长 18m、宽 9m。不计排球运动过程中所受的空气阻力和风的作用力，重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ ，则进攻队员击打排球后，排球的速度大小可能为（ ）



- A. 10m/s B. 13m/s C. 17m/s D. 20m/s

【答案】B

【解析】

【详解】球在空中运动的时间为

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 3.2}{10}} \text{s} = 0.8 \text{s}$$

当击球速度方向沿对角线时，击球速度最大为 v_{\max}

$$\sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + d^2} = v_{\max} t$$

解得

$$v_{\max} = \frac{45}{4} \sqrt{2} \text{m/s} = 15.91 \text{m/s}$$

球击出时垂直球网速度最小，大小为 v_{\min}

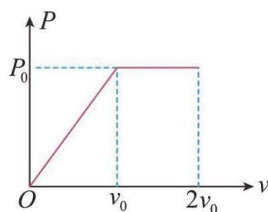
$$\frac{L}{2} = v_{\min} t$$

解得

$$v_{\min} = 11.25 \text{m/s}$$

故选 B。

6. 一辆汽车在水平平直公路上的静止开始启动，汽车的输出功率与速度的关系如图所示，汽车能达到的最大速度为 $2v_0$ 。已知汽车的质量为 m ，运动过程中所受阻力恒定，速度从 v_0 达到 $2v_0$ 所用时间为 t ，下列说法正确的是（ ）



- A. 汽车速度为 v_0 时, 加速度为 $\frac{P_0}{mv_0}$
- B. 汽车速度从 0 到 v_0 所用时间为 $\frac{2mv_0^2}{P_0}$
- C. 汽车速度从 0 到 $2v_0$ 的过程中, 加速度逐渐减小
- D. 汽车速度从 0 到 $2v_0$ 的过程中, 位移为 $2v_0t - \frac{3mv_0^2}{2P_0}$

【答案】B

【解析】

【详解】C. 因为

$$P=Fv$$

$P-v$ 图像在第一个阶段斜率不变, 故牵引力不变, 所以加速度不变, 第二阶段功率恒定速度增大, 牵引力减小, 故加速度减小, 故 C 错误;

A. 汽车能达到的最大速度为 $2v_0$ 。所以阻力

$$f = \frac{P_0}{2v_0}$$

汽车速度为 v_0 时, 加速度为

$$a = \frac{\frac{P_0}{v_0} - f}{m} = \frac{P_0}{2mv_0}$$

故 A 错误;

B. 汽车速度从 0 到 v_0 所用时间为

$$t' = \frac{v_0}{a} = \frac{2mv_0^2}{P_0}$$

故 B 正确;

D. 汽车在第一个阶段

$$2ax_1 = v_0^2 - 0$$

解得

$$x_1 = \frac{mv_0^3}{P_0}$$

第二阶段, 汽车功率恒定, 根据动能定理

$$P_0 t - fx_2 = \frac{1}{2} m (2v_0)^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

总位移为

$$x = x_1 + x_2 = 2v_0 t - \frac{2mv_0^3}{P_0}$$

故 D 错误。

故选 B。

7. 钢架雪车项目是一项惊险刺激的冬奥会项目。如图 1 所示， $MNPQ$ 为倾角 $\theta=30^\circ$ 的斜坡，在斜坡上挖出如图 2 所示截面为半圆形的雪车轨道， $EFGH$ 为一段雪车轨道的简化图， E 、 F 、 G 、 H 在同一平面内， EF 为长 $L=50\text{m}$ 的直轨道， FGH 为 $R=40\text{m}$ 的半圆轨道， G 为最低点。运动员（含雪车）从 E 点由静止开始下滑，在通过 G 点时，与半圆形截面圆心 O 点连线与竖直方向夹角恰好等于斜坡倾角 θ ，通过 G 点时阻力可忽略不计。已知轨道半径 R 远大于截面圆半径，运动员（含雪车）的质量 $m=150\text{kg}$ ，在运动过程中运动员（含雪车）可视为质点，重力加速度 g 取 10m/s^2 。则运动员（含雪车）（ ）

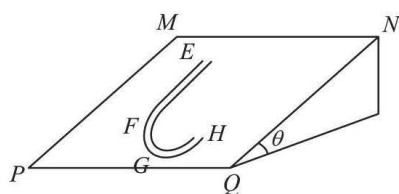


图1

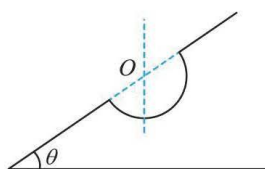


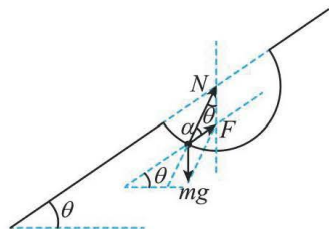
图2

- A. 通过 G 点时的速度大小为 $20\sqrt{3}\text{m/s}$
- B. 通过 G 点时所受支持力大小为 $1.5 \times 10^3 \text{N}$
- C. 从 E 点运动到 G 点重力势能减少了 $1.35 \times 10^5 \text{J}$
- D. 从 E 点运动到 G 点过程中克服阻力做功为 $3.75 \times 10^4 \text{J}$

【答案】D

【解析】

【详解】A. 运动员通过 G 点时，对运动员（含雪车）整体受力分析，整体受到重力，圆弧的支持力，如图所示



根据几何关系有

$$\alpha + \theta = 90^\circ - \theta$$

求得

$$\alpha = \theta = 30^\circ$$

则可得重力与支持力的合力为

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

求得

$$v = 20\text{m/s}$$

故 A 错误;

B. 根据矢量叠加原理结合选项 A 的分析, 可得

$$N = 2mg \cos \theta = 1500\sqrt{3}\text{N}$$

故 B 错误;

C. 运动员 (含雪车) 从 E 点到 G 点重力势能减少

$$mg(L+R)\sin \theta = 6.75 \times 10^4 \text{J}$$

故 C 错误;

D. 运动员 (含雪车) 从 E 点到 G 点的过程中, 根据动能定理有

$$mg(L+R)\sin \theta - W_f = \frac{1}{2}mv^2$$

求得克服阻力做功为

$$W_f = 3.75 \times 10^4 \text{J}$$

故 D 正确。

故选 D。

二、多项选择题:本题共 3 小题, 每小题 5 分, 共 15 分。在每小题给出的四个选项中, 有多项符合题目要求。全部选对的得 5 分, 选对但不全的得 3 分, 有选错的得 0 分。

8. 2023 年 9 月 21 日, 神舟十六号航天员景海鹏、朱杨桂、桂海潮在“天宫二号”空间站上通过天地连线, 为同学们上了一堂精彩的科学课。通过直播画面可以看到, 在近地圆轨道上飞行的“天宫二号”中, 航天员可以自由地漂浮, 已知空间站距地面高度约为地球半径的 $\frac{1}{16}$, 这表明他们 ()

A. 所受合力大小近似为零

- B. 所受地球引力的大小与其随飞船运动所需向心力的大小近似相等
 C. 绕地球飞行的速度大于地球第一宇宙速度
 D. 绕地球运动的向心加速度大小约为地面重力加速度的 $(\frac{16}{17})^2$ 倍

【答案】BD

【解析】

【详解】AB. 航天员可以自由地漂浮，航天员所受万有引力提供向心力，故 A 错误，B 正确；

C. 根据万有引力提供向心力，有

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

所以

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

由于空间站运行的轨道半径大于近地卫星的轨道半径，所以空间站绕地球飞行的速度小于地球第一宇宙速度，故 C 错误；

D. 根据万有引力提供向心力，有

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

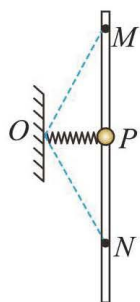
所以空间站绕地球运动的向心加速度大小为

$$a = \frac{GM}{r^2} = \frac{R^2}{(R + \frac{1}{16}R)^2} g = (\frac{16}{17})^2 g$$

故 D 正确。

故选 BD。

9. 如图所示，原长为 $\frac{1}{2}l$ 的轻质弹簧，一端固定在 O 点，另一端与一质量为 m 的小球相连。小球套在竖直固定的光滑杆上。杆上 M、N 两点与 O 点的距离均为 l，P 点到 O 点的距离为 $\frac{1}{2}l$ ，OP 与杆垂直。小球从 M 点由静止开始向下运动到 N 点，在此过程中，弹簧始终在弹性限度内。重力加速度大小为 g，下列说法正确的是 ()



- A. 弹簧的弹力对小球先做正功后做负功
 B. 小球在 P 点时有最大速度
 C. 小球在 N 点的速度大小为 $\sqrt{2\sqrt{3}gl}$
 D. 从 M 点到 N 点的运动过程中，小球加速度先增大后减小

【答案】AC

【解析】

【详解】A. 根据题意可知，在运动过程中，弹簧处于伸长状态，在 OP 处于原长状态，弹力与位移方向开始是锐角后来是钝角，所以弹簧的弹力对小球先做正功后做负功，故 A 正确；

B. 小球在 P 点时竖直方向只受重力，仍在向下加速，不具有最大速度，故 B 错误；

C. 从 M 点到 N 点的运动过程中，弹力总功为零

$$\frac{1}{2}mv^2 = \sqrt{3}mgl$$

解得

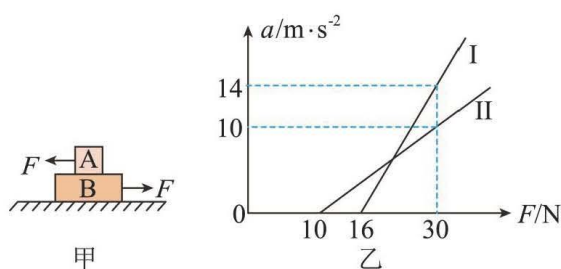
$$v = \sqrt{2\sqrt{3}gl}$$

故 C 正确；

D. 从 M 点到 N 点的运动过程中，小球可能先加速后减速，加速度可能先减小到零，后反向增大，故 D 错误。

故选 AC。

10. 如图甲所示，A、B 物体静止在水平面上，施加两个水平力 F ，向左拉物体 A，向右拉物体 B，两个力始终大小相等。在 F 从 0 开始逐渐增大的过程中，物体先静止后做变加速运动。A、B 的加速度大小 a 随外力 F 变化的图象如图乙中 I 和 II 所示（假设 B 足够长，最大静摩擦力等于滑动摩擦力）。下列判断正确的有（ g 取 10m/s^2 ）（ ）



- A. 图线 I 表示物体 A 的 $a-F$ 图
B. 物体 B 的质量为 1kg
C. 物体 B 与水平面间的动摩擦因数为 0.53
D. 物体 AB 间的动摩擦因数为 0.5

【答案】BD

【解析】

【详解】A. 由图象可知，当力 F 为 10N 时物体开始滑动，由于 A 与 B 间的最大静摩擦力小于 B 与地面间的最大静摩擦力，则图线 II 表示物体 A 的 $a-F$ 图，A 错误；

BCD. 当 $F_1=10\text{N}$ 时，对 A 有

$$F_1 = \mu_{AB} m_A g$$

即

$$10 = \mu_{AB} m_A \times 10$$

当 $F_2=30\text{N}$ 时，对 A 有

$$F_2 - \mu_{AB} m_A g = m_A a_A$$

即

$$30 - 10\mu_{AB} m_A = 10m_A$$

解得

$$\mu_{AB} = 0.5, \quad m_A = 2\text{kg}$$

当 $F_3=16\text{N}$ 时，对 B 有

$$F_3 = \mu_B (m_A + m_B) g + \mu_{AB} m_A g$$

当 $F_4=30\text{N}$ 时，对 B 有

$$F_4 - \mu_{AB} m_A g - \mu_B (m_A + m_B) g = m_B a_B$$

解得

$$\mu_B = 0.2, \quad m_B = 1\text{kg}$$

故 BD 正确，C 错误。

故选 BD。

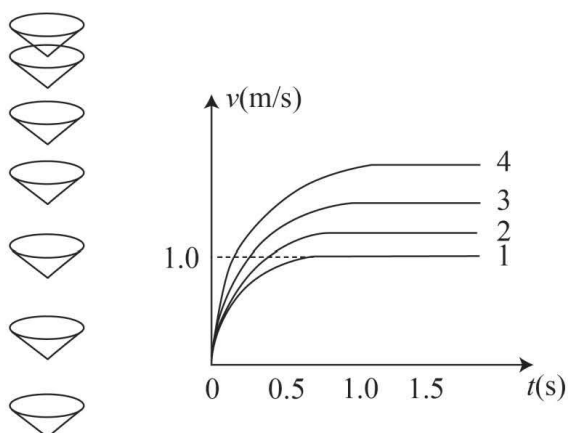
三、非选择题:共 57 分。

11. 一组同学研究“运动物体所受空气阻力与其运动速度关系”，他们利用一些“小纸杯”作为研究对象，用频闪照相机等仪器测量“小纸杯”在空中竖直下落距离、速度随时间变化的规律。过程如下：

A. 如图甲所示，同学们首先测量单只“小纸杯”在空中下落过程中不同时间的下落距离，将数据填入下表中。

B. 在相同的实验条件下，将不同数量的“小纸杯”叠放在一起从空中下落，分别测出它们的 $v-t$ 图线，如图乙中图线 1、2、3、4 所示。

C. 同学们对实验数据进行分析、归纳后，得出阻力大小与速度平方成正比的关系，即 $f = kv^2$ 。其中 k 为常数。回答下列问题：



图甲

图乙

(1)图乙中各条图线具有共同特点：“小纸杯”先做加速度大小_____的加速运动（选填“不变”、“增大”或“减小”），最后达到匀速运动。

(2)根据表格和图乙中的信息可知表中 X 处的理论值为_____m。

时间 (s)	下落距离 (m)
0.0	0.000
0.4	0.230
0.8	0.551
1.2	0.950
1.6	1.350

2.0	X
-----	---

(3)根据上述实验结论,可知4个“小纸杯”叠在一起下落时,其最终的下落速率为____m/s.

【答案】 ①. 减小 ②. 1.750 ③. 2.0

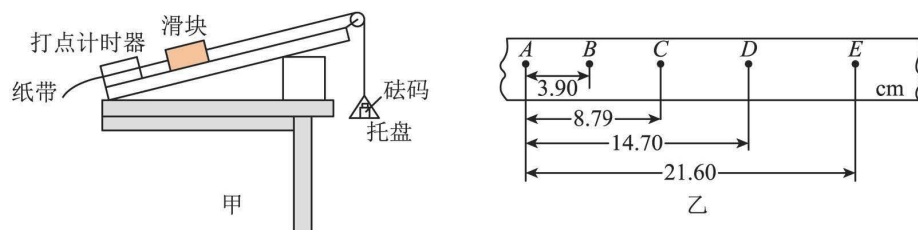
【解析】

【详解】(1)图乙中各条图线的斜率先减小后不变,则都具有共同特点:“小纸杯”先做加速度大小减小的加速运动,最后达到匀速运动.

(2)因0.8s后纸杯已经匀速下落,由表格可知在0.4s内纸杯下降的距离为0.4m,可知 $X=1.750\text{m}$;

(3)一个纸杯时,最终速度为 $v_1=1\text{m/s}$;由 $mg = kv_1^2$; $4mg = kv_2^2$ 可得: $v_2=2\text{m/s}$.

12. 物理小组在一次探究活动中测量滑块与木板间的动摩擦因数.实验装置如图甲所示,木板倾斜固定在水平桌面上,一端装有定滑轮;木板上有一滑块,一端与穿过打点计时器的纸带相连,另一端通过跨过定滑轮的细线与托盘连接.打点计时器使用的交流电源频率为50Hz.在托盘中放入适量砝码,通电,释放滑块,滑块开始做匀加速运动,在纸带上打出一系列点.图乙给出的是实验中获取一条纸带的一部分,在纸带上标出连续的5个计数点A、B、C、D、E,每相邻两计数点间还有4个打点(图中未标出),测出各计数点与A点之间的距离如图所示.



(1)根据图中数据计算:(结果保留两位有效数字)打D点时滑块的速度大小为 $v=$ _____m/s;滑块的加速度 $a=$ _____m/s².

(2)为了测量动摩擦因数,还应测量_____ (填选项前的字母).

- A. 木板的总长度 L B. 木板的质量 m_0
C. 滑块的质量 m_1 D. 托盘的质量 m_2
E. 砝码的质量 m_3 F. 木板与水平面间夹角 θ

(3)则滑块与木板间的动摩擦因数 $\mu=$ _____ (用题目所给物理量的字母表示,重力加速度为 g).

(4)若测出的动摩擦因数偏大,可能的原因是(至少答出两点)_____.

【答案】 ①. 0.64 ②. 1.0 ③. CDEF ④. $\frac{(m_2 + m_3 - m_1 \sin \theta)g - (m_1 + m_2 + m_3)a}{m_1 g \cos \theta}$ ⑤. 打点计时器与纸带间有阻力,滑轮有摩擦

【解析】

【详解】(1) [1]电源频率为 50Hz, 每相邻两计数点间还有 4 个计时点, 则相邻两计数点间的时间间隔为

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

D 点的瞬时速度等于 CE 的平均速度为

$$v_D = \frac{x_{CE}}{2t} = \frac{21.60 - 8.79}{2 \times 0.1} \times 10^{-2} \text{m/s} = 0.64 \text{m/s}$$

[2]由匀变速运动的推论

$$\Delta x = aT^2$$

可得加速度为

$$a = \frac{x_{CE} - x_{AC}}{4t^2} = \frac{21.60 - 8.79 - 8.79}{4 \times 0.1^2} \times 10^{-2} \text{m/s}^2 = 1.0 \text{m/s}^2$$

(2) [3]以系统为研究对象, 设滑块的质量为 m 、托盘和砝码的总质量为 M , 木板与水平面间夹角为 θ , 由牛顿第二定律得

$$Mg - mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = (M + m)a$$

解得

$$\mu = \frac{Mg - mg \sin \theta - (m + M)a}{mg \cos \theta}$$

要测动摩擦因数 μ , 需要测出滑块的质量 m 与托盘和砝码的总质量 M , 还有木板与水平面间夹角 θ 。

故选 CDEF。

(3) [4]由 (2) 可知, 动摩擦因数的表达式为

$$\mu = \frac{(m_2 + m_3 - m_1 \sin \theta)g - (m_1 + m_2 + m_3)a}{m_1 g \cos \theta}$$

(4) [5] 若测出的动摩擦因数偏大, 可能的原因是打点计时器与纸带间有阻力、滑轮有摩擦、存在空气阻力、滑轮有质量等。

13. 随着社会的发展, 外卖配送也正踏入“无人+”领域。某天工作人员正在通过无人机医疗物品送至用户家中, 如图所示, 在无人机的作用下, 物品在水平地面上由静止开始竖直向上做匀加速直线运动, 经过 $t_1 = 2\text{s}$ 后做匀速直线运动, 已知匀速直线运动时间 $t_2 = 6\text{s}$, 然后再经匀减速直线运动 $t_3 = 6\text{s}$ 后到达用户窗台, 此时物品恰好静止, 离地高度 $h = 40\text{m}$ 。求:

- (1) 物品运动过程中的最大速率。
- (2) 匀加速阶段物品的加速度大小和位移大小。



【答案】(1) 4m/s; (2) 2m/s²; 4m。

【解析】

【详解】(1) 第一阶段，初速度为0的匀加速直线运动，位移为

$$x_1 = \frac{v_m}{2} t_1$$

第二阶段，匀速直线运动，位移为

$$x_2 = v_m t_2$$

第三阶段，匀减速直线运动，位移为

$$x_3 = \frac{v_m}{2} t_3$$

且

$$h = x_1 + x_2 + x_3$$

解得

$$v_m = 4\text{m/s}$$

(2) 匀加速阶段物品的加速度大小

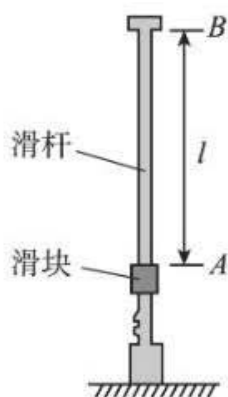
$$a = \frac{v_m}{t_1} = 2\text{m/s}^2$$

位移大小

$$x_1 = \frac{v_m}{2} t_1 = 4\text{m}$$

14. 某同学受自动雨伞开伞过程的启发，设计了如图所示的物理模型。竖直放置在水平桌面上的滑杆上套有一个滑块，初始时它们处于静止状态。当滑块从A处以初速度 $v_0 = 10\text{m/s}$ 向上滑动时，受到滑杆的摩擦力 $f = 4\text{N}$ ，滑块滑到B处与滑杆发生碰撞，带动滑杆离开桌面一起竖直向上运动，滑块和滑杆向上运动的最大高度 $h = 0.2\text{m}$ ，已知滑块的质量 $m = 0.2\text{kg}$ ，滑杆的质量 $M = 0.6\text{kg}$ ，A、B间的距离 $l = 0.6\text{m}$ ，重力加速度 g 取 10m/s^2 ，不计空气阻力。

- (1) 求滑块碰撞前瞬间的速度大小；
- (2) 若滑杆落地与地面碰撞后不反弹，则滑杆与地面碰撞过程中损失的机械能；
- (3) 若滑杆落地与地面碰撞后不反弹，则在整个运动过程中，求滑杆与滑块组成的系统摩擦产生的热量。



【答案】(1) 8m/s；(2) 1.2J；(3) 3.2J。

【解析】

【详解】(1) 选竖直向上的方向为正方向，根据牛顿第二定律得，滑块的加速度为

$$a = \frac{-mg - f}{m} = -30\text{m/s}^2$$

根据运动学公式可知

$$v^2 - v_0^2 = 2al$$

解得

$$v = 8\text{m/s}$$

(2) 滑块滑到 B 处与滑杆发生碰撞，带动滑杆离开桌面一起竖直向上运动，滑块和滑杆向上运动的最大高度 $h = 0.2\text{m}$ ，落地时，滑杆速度

$$v_1^2 = 2gh$$

若滑杆落地与地面碰撞后不反弹，则滑杆与地面碰撞过程中损失的机械能

$$\Delta E = \frac{1}{2} M v_1^2 = 1.2\text{J}$$

(3) 滑块从 A 滑至 B 时，因摩擦产生的热量

$$Q_{\text{fr}} = fl = 4 \times 0.6\text{J} = 2.4\text{J}$$

当滑杆落地后，滑块以 $v_1 = 2\text{m/s}$ 开始向下滑动

$$a' = \frac{f - mg}{m} = 10\text{m/s}^2$$

作匀减速运动至停止

$$x = \frac{v_1^2}{2a'} = 0.2\text{m} < l$$

此过程因摩擦产生的热

$$Q_{12}=fx=4\times 0.2J=0.8J$$

故从开始到最后停止运动因摩擦产生的热

$$Q_1=Q_{11}+Q_{12}=2.4J+0.8J=3.2J$$

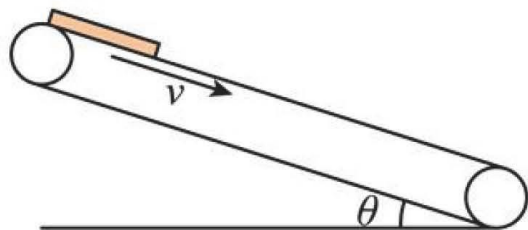
15. 如图所示，倾角 $\theta = 30^\circ$ 的传送带，正以速度 $v = 6\text{m/s}$ 顺时针匀速转动。长度为 4m ，质量为 m 的木板

轻放于传送带顶端，木板与传送带间的动摩擦因数 $\mu_1 = \frac{\sqrt{3}}{15}$ ，当木板前进 3m 时机器人将另一质量也为 m

(形状大小忽略不计) 的货物轻放在木板的右端，货物与木板间的动摩擦因数 $\mu_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}$ ，重力加速度为

$g = 10\text{m/s}^2$ ，最大静摩擦力近似等于滑动摩擦力，传送带足够长。

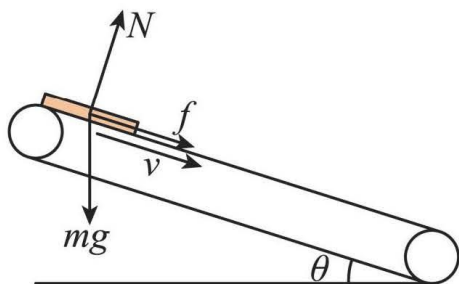
- (1) 求木板前进 3m 时的速度大小；
- (2) 机器人在放上第一个货物 0.5s 后取走货物，求取走第一个货物时木板的速度大小；
- (3) 机器人取走第一个货物 0.5s 后将第二个货物轻放在木板的右端，求 0.5s 后取走第二个货物时木板的速度大小。



【答案】(1) 6m/s ；(2) 6m/s ；(3) 6.074m/s

【解析】

【详解】(1) 木板放在传送带上受到重力、支持力和沿传送带向下的滑动摩擦力作用，受力如图：



根据牛顿第二定律有

$$mg \sin \theta + \mu_1 mg \cos \theta = ma$$

代入数据，解得

$$a = g \sin \theta + \mu_1 g \cos \theta = 6 \text{ m/s}^2$$

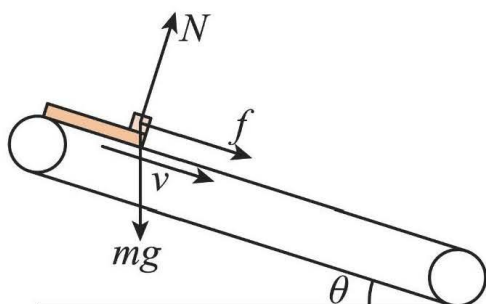
前进 3m，由位移速度关系得

$$2ax = v_1^2$$

代入数据，木板前进 3m 时的速度大小

$$v_1 = 6 \text{ m/s}$$

(2) 放上货物后，货物受重力、支持力、滑动摩擦力作用，如下图所示：



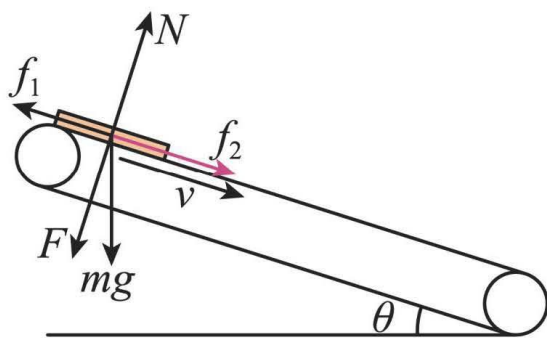
向下做匀加速直线运动，根据牛顿第二定律有

$$mg \sin \theta + \mu_2 mg \cos \theta = ma_1$$

代入数据，解得

$$a_1 = g \sin \theta + \mu_2 g \cos \theta = 12.5 \text{ m/s}^2$$

刚放上货物瞬间，木板受到重力、压力、支持力、货物对木板向上的摩擦力和皮带对木板向下的摩擦力



因为

$$f_2 = \mu_4 \cdot 2mg \cos \theta$$

$$f_1 = \mu_2 \cdot mg \cos \theta$$

$$f_2 + mg \sin \theta < f_1$$

知木板向下做减速运动，根据牛顿第二定律

$$\mu_2 mg \cos \theta - mg \sin \theta - \mu_1 \cdot 2mg \cos \theta = ma_2$$

解得

$$a_2 = 0.5 \text{m/s}^2$$

货物加速，木板减速，当两者速度相等时有

$$v_{\text{共}} = v_1 - a_2 t_1 = a_1 t_1$$

解得

$$t_1 = \frac{6}{13} \text{s}, v_{\text{共}} = \frac{75}{13} \text{m/s}$$

之后，两者一起匀加速到与传送带共速，则有

$$a_{\text{共}} = g \sin \theta + \mu_1 g \cos \theta = 6 \text{m/s}^2$$

再次加速至与传送带共速用时

$$t_2 = \frac{v - v_{\text{共}}}{a_{\text{共}}} = \frac{1}{26} \text{s}$$

从放上货物到与传送带共速所用时间

$$\Delta t = t_1 + t_2 = 0.5 \text{s}$$

可知机器人在放上第一个货物 0.5s 后取走货物时木板的速度大小为 6m/s。

(3) 取走第一个货物后，木板向下做匀加速运动，有

$$a' = \frac{mg \sin \theta - \mu_1 mg \cos \theta}{m} = 4 \text{m/s}^2$$

经过 0.5s 后木板的速度为

$$v_2 = v + a't = 6 \text{m/s} + 4 \times 0.5 \text{m/s} = 8 \text{m/s}$$

轻放上第二货物时，对货物有

$$a'_1 = g \sin \theta + \mu_2 g \cos \theta = 12.5 \text{m/s}^2$$

对木板有

$$a'_2 = \frac{\mu_2 mg \cos \theta + \mu_1 \times 2mg \cos \theta - mg \sin \theta}{m} = 4.5 \text{m/s}^2$$

且木板以 $v_2 = 8 \text{m/s}$ 做匀减速运动，设木板与传送带共速时，则有

$$t_3 = \frac{v_2 - v}{a'_2} = \frac{4}{9} \text{s}$$

此时货物的速度为

$$v_{\text{货}} = a'_1 t_3 = \frac{50}{9} \text{m/s} < 6 \text{m/s}$$

则木板与传送带先共速，接下来货物仍以原加速度匀加速，木板以

$$a_2 = \frac{\mu_2 mg \cos \theta - mg \sin \theta - \mu_1 \cdot 2mg \cos \theta}{m} = 0.5 \text{m/s}^2$$

做匀减速，直至二者共速，则有

$$v'_{\text{共}} = v - a_2 t_4 = v_{\text{货}} + a'_1 t_4$$

解得

$$t_4 = \frac{4}{117} \text{s}, \quad v'_{\text{共}} = \left(6 - \frac{2}{117}\right) \text{m/s}$$

二者共速后的加速度为

$$a_{\text{共}} = g \sin \theta + \mu_1 g \cos \theta = 6 \text{m/s}^2$$

再次加速至与传送带共速的时间

$$t_5 = \frac{v - v'_{\text{共}}}{a_{\text{共}}} = \frac{1}{351} \text{s}$$

与传送带共速后木板与货物一起继续匀加速，则有

$$a'_{\text{共}} = g \sin \theta - \mu_1 g \cos \theta = 4 \text{m/s}^2$$

取走货物时

$$v_3 = v_1 + a'_{\text{共}} (0.5 \text{s} - t_3 - t_4 - t_5) = \left(6 + \frac{728}{351}\right) \text{m/s} \approx 6.074 \text{m/s}$$

关于我们

自主选拔在线是致力于提供新高考生涯规划、强基计划、综合评价、三位一体、学科竞赛等政策资讯的升学服务平台。总部坐落于北京，旗下拥有网站（网址：www.zizzs.com）和微信公众平台等媒体矩阵，用户群体涵盖全国 90% 以上的重点中学师生及家长，在全国新高考、自主选拔领域首屈一指。

如需第一时间获取相关资讯及备考指南，请关注**自主选拔在线**官方微信号：**zizzsw**。

