

## 高三物理第一次段考参考答案

### 一、单选题

#### 1、【答案】B

解：A、由衰变前后的质量数和电荷数相等可知，X的质量数为  $238 - 234 = 4$ ，电荷数为  $94 - 92 = 2$ ，则X为氦原子核，即 $\alpha$ 粒子，其穿透能力弱，能被一张薄纸阻挡，故A错误；

B、根据能量守恒定律可得一次 ${}_{94}^{238}\text{Pu}$ 衰变释放的能量 $\Delta E = E_2 + E_3 - E_1$ ，故B正确；

C、 ${}_{94}^{238}\text{Pu}$ 半衰期为88年，经过88年，同位素核电池内的 ${}_{94}^{238}\text{Pu}$ 剩余50%，故C错误；

D、衰变过程由动量守恒定律可得  $0 = p_U + p_\alpha$ ，由能量守恒定律可得  $\Delta E = E_{kU} + E_{k\alpha}$

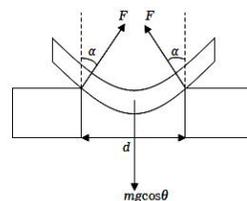
根据动量和动能关系  $E_k = \frac{p^2}{2m}$ ，解得  $E_{kU} = \frac{4}{234+4} \Delta E = \frac{2\Delta E}{119}$ ，故D错误。故选：B。

#### 2、【答案】A

解：CD、对瓦片进行受力分析，受到椽子对其的支持力方向垂直接触面斜向上；根据平衡条件可得椽子对瓦片的作用力的合力与瓦片的重力为一对平衡力，即椽子对瓦片的作用力的合力方向竖直向上，故作用力的合力大小为  $mg$ ，故CD错误；B、设两根椽子对瓦片

的弹力与垂直于椽子方向的夹角为  $\alpha$ ，有  $2N\cos\alpha = mg\cos\theta$ ，

故支持力大小为  $\frac{0.5mg\cos\theta}{\cos\alpha}$ ，故B错误。



A、两根椽子对瓦片的摩擦力的合力为  $mg\sin\theta$ ，摩擦力方向与椽

子平行，所以每根椽子对瓦片的摩擦力大小为  $0.5mg\sin\theta$ ，故A正确；故选A。

#### 3、【答案】B

解：A、封闭气体体积增大，气体对外界做正功，则外界对内部封闭气体做负功，故A错误；B、静置一段时间后，封闭气体温度升高，气体的内能增加，分子的平均动能和平均速率增大，但具体到某一个气体分子，其速率有可能减小，故B正确，C错误；

D、根据题意，不断有气体从啤酒中析出，即气体的物质的量在不断增多，则根据气体实验定律，不能求出静置后内部封闭气体的压强，故D错误。故选：B。

#### 4、【答案】A

解：A、侦察卫星和中星26号卫星的运行周期相同，由开普勒第三定律知，侦察卫星轨道的半长轴等于中星26号卫星轨道的半径，而E、D两点间距离为侦察卫星的长轴，则E、D两点间距离为中星26号卫星轨道半径的2倍，故A正确；

B、侦察卫星从D点到A点过程中只有万有引力做功，其机械能不变，故B错误；

C、侦察卫星和中星26号卫星的运行周期相同，而中星26与地球的连线扫过的面积为圆的面积，侦察卫星与地球的连线扫过的面积为椭圆面积，由于圆的面积不等于椭圆面积，可见相等时间内中星26与地球的连线扫过的面积不等于侦察卫星与地球的连线扫过的面积，故C错误；

D、由开普勒第二定律知，侦察卫星在D点速度最小，由于侦察卫星和中星26号卫星的运行周期相同，则中星26在C点线速度 $v_1$ 大于侦察卫星在D点线速度 $v_2$ ，故D错误。

#### 5、【答案】A

解：A、由图丙知，振幅  $A = 50\text{cm}$ ，从  $t = 0$  到  $t = 0.3\text{s}$ ，质点P通过的路程为  $6 \times A = 6 \times 50\text{cm} = 300\text{cm}$ ，故A正确；

B、由图乙知，当  $t = 0$  时刻，绳上质点 P 的振动图像如图丙所示，由平衡位置沿  $y$  轴正方向运动，结合同侧法知，这列波沿  $x$  轴负方向传播，故 B 错误；

C、由图乙知，波长  $\lambda = 2\text{m}$ ，由图丙知，波的周期  $T = 0.2\text{s}$ ，则这列波的波速为： $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{2}{0.2}\text{m/s} = 10\text{m/s}$ ，故 C 错误；

D、若增大抖动的幅度，振动能量增大，周期和波长不变，所以波速不变，故 D 错误。

6、【答案】C

解：每层楼高约  $3\text{m}$ ，15 层楼高约  $h = 3 \times 15\text{m} = 45\text{m}$ 。根据  $v^2 = 2gh$  可得喷管喷出水的速度

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 45}\text{m/s} = 30\text{m/s}$$

每秒钟喷出水的质量

$$m = \frac{1}{4}\pi D^2 v t \rho = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 0.1^2 \times 30 \times 1 \times 1 \times 10^3\text{kg} = 236\text{kg}$$

根据动能定理可得每秒钟电动机做的功  $W = \frac{1}{2}mv^2$  代入数据解得  $W = 1.06 \times 10^2\text{J}$ ，

因此电动机输出功率  $P = \frac{W}{t}$  代入数据解得  $P = 106\text{kW}$ ，故 C 正确，ABD 错误。故选：C。

7、【答案】C

光路图如下，其中 ON 为法线，入射角为  $\theta$ ，折射角为  $\alpha$

因为  $MO = NO$  所以  $\angle NMO = \angle MNO = \alpha$

由几何知识可得  $\theta = \angle NOC = \angle NMO + \angle MNO = 2\alpha$

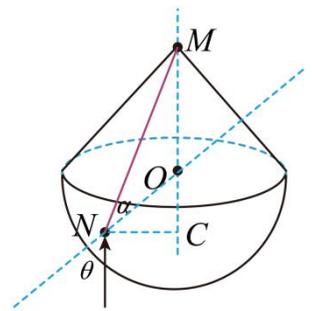
$$\text{故折射率为 } n = \frac{\sin\theta}{\sin\alpha} = \frac{\sin 2\alpha}{\sin\alpha} = 2\cos\alpha$$

$$\text{由题意可知 } OC = \sqrt{R^2 - NC^2} = \sqrt{R^2 - \left(\frac{\sqrt{3}}{2}R\right)^2} = \frac{R}{2}$$

$$\text{故 } MC = MO + OC = \frac{3R}{2}$$

$$MN = \sqrt{MC^2 + NC^2} = \sqrt{\left(\frac{3R}{2}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2}R\right)^2} = \sqrt{3}R$$

$$\text{故 } n = 2\cos\alpha = 2 \times \frac{MC}{MN} = \sqrt{3} \quad \text{故选 C。}$$



8、【答案】B

解：AB、转盘刚开始转动，细绳未绷紧，细绳的拉力为零，此时由静摩擦力提供向心力，设转动到某一角速度  $\omega_1$  时，静摩擦力达到最大值，根据牛顿第二定律有： $\mu Mg = ML\omega_1^2 \sin\alpha$  此时物块线速度大小为： $v_1 = L\omega_1 \sin\alpha$

从开始运动到细绳中将要出现拉力过程中，设转盘对物块做的功为  $W$ ，对物块由动能定理，可得  $W = \frac{1}{2}mv^2$  联立解得  $W = \frac{1}{2}\mu MgL \sin\alpha$ ，故 A 错误，B 正确；

C、当转盘对物块支持力恰好为零时，竖直方向由平衡条件有： $Mg = T \cos\alpha$

$$\text{水平方向由牛顿第二定律有： } T \sin\alpha = ML\omega_2^2 \sin^2\alpha \quad \text{联立解得： } \omega_2 = \sqrt{\frac{g}{L \cos\alpha}}$$

此时转盘的转速大小为  $n_2 = \frac{\omega_2}{2\pi}$ , 即  $n_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L\cos\alpha}}$ , 故 C 错误;

D、物块刚好与转盘分离时, 物块的线速度大小为  $v_2 = L\omega_2\sin\alpha$

从开始运动到转盘对物块的支持力刚好为零过程上, 设转盘对物块做的功为  $W_2$ , 对物块由动能定理, 可得  $W_2 = \frac{1}{2}mv_2^2$  联立解得  $W_2 = \frac{MgL\sin^2\alpha}{2\cos\alpha}$ , 故 D 错误。 故选: B。

二、多项选择

9、【答案】BD

解: A. 由图像可知  $T = 2 \times 10^{-2}s$ , 角速度为  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ , 解得:  $\omega = 100\pi rad/s$

线圈产生的最大感应电动势为:  $E_m = NSB\omega$  联立解得:  $B = \frac{11\sqrt{2}}{500\pi}T$ , 故 A 错误;

B. 若仅将 P 板下移, 由电容的定义式  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$  可知电容变大, 电容的容抗变小, 通过滑动变阻器的电流将增大, 故 B 正确;

C. 由选项 B 分析可知, 通过滑动变阻器的电流将增大, 根据电功率计算公式可知:  $P = I^2R$ , 所以滑动变阻器的功率将增大, 而电阻  $R_1$  两端的电压不变, 其功率不变, 变压器总输出功率增大, 则 a、b 两端的输入功率将增大, 故 C 错误;

D. 仅将滑动变阻器的阻值增大, 定值电阻两端的电压不变, 根据电功率计算公式可得:  $P' = \frac{U^2}{R_1}$ , 所以定值电阻功率不变, 故 D 正确。 故选: BD。

10、【答案】CD

解: A、滑块 B、C、D 靠 A、B 之间的静摩擦力作为动力, 当 A、B 之间的静摩擦力为最大静摩擦力时, 滑块 B、C、D 有最大加速度, 则对滑块 B、C、D 整体, 由牛顿第二定律

有  $\mu mg\cos\theta - (m + m + 3m)g\sin\theta = (m + m + 3m)a_1$  解得:  $a_1 = \frac{\mu g\cos\theta}{5} - g\sin\theta$

同理, 滑块 D 靠 C、D 之间的静摩擦力作为动力, 当 C、D 之间的静摩擦力为最大静摩擦力时, 滑块 D 有最大加速度, 则对滑块 D, 由牛顿第二定律有:  $\mu mg\cos\theta - 3mgsin\theta =$

$3ma_2$  解得:  $a_2 = \frac{\mu g\cos\theta}{3} - g\sin\theta$  为了确保四个滑块以相同加速度一起沿着斜面向上

运动, 则共同运动的最大加速度应取  $a_1$ 、 $a_2$  中的最小值, 即  $a_{\max} = a_1 = \frac{\mu g\cos\theta}{5} - g\sin\theta$

对四个滑块组成单位整体, 由牛顿第二定律有  $F_{\max} - (3m + m + m + 3m)g\sin\theta = (3m + m + m + 3m)a_{\max}$  解得:  $F_{\max} = 1.6 \mu mg\cos\theta$  故 A 错误;

B、滑块 C 对 D 的摩擦力为  $0.3 \mu mg\cos\theta$  时, 对 D, 由牛顿第二定律有  $0.3 \mu mg\cos\theta - 3mgsin\theta = 3ma$

设此时 A 对 B 的摩擦力为  $f_{AB}$ , 对 B、C、D, 由牛顿第二定律有  $f_{AB} - (m + m + 3m)g\sin\theta =$

$(m + m + 3m)a$  解得:  $f_{AB} = 0.5 \mu mg\cos\theta$  故 B 错误;

C、当拉力 F 取得最大值时, 四个滑块组成的整体获得最大加速度  $a_{\max}$ , 对 C、D 整体, 由牛顿第二定律有  $T - (m + 3m)g\sin\theta = (m + 3m)a_{\max}$  解得:  $T = 0.8 \mu mg\cos\theta$  故 C 正确;

D、当拉力 F 取得最大值时, 四个滑块获得最大加速度  $a_{\max}$ , 对 D, 由牛顿第二定律有  $f_{CD} - 3mgsin\theta = 3ma_{\max}$  解得:  $f_{CD} = 0.6 \mu mg\cos\theta$  故 D 正确。故选: CD。

11、【答案】ACD

解: A、从速度时间图象可知, 由 C 到 A 的过程中, 物块的速度一直增大, 电场力对物块做正功, 电势能一直减小, 故 A 正确;

B、从速度时间图象可知, A、B 两点的速度分别为  $v_A = 6\text{m/s}$ ,  $v_B = 4\text{m/s}$ , 根据动能定理得:  $qU_{AB} = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$ , 代入数据解得:  $U_{AB} = -500\text{V}$ , 则  $U_{BA} = -U_{AB} = 500\text{V}$ , 故 B 错误;

C、据两个等量同种正电荷其连线中垂线上电场强度方向由 O 点沿中垂线指向外侧, 故由 C 点到 A 点的过程中电势逐渐减小, 故 C 正确;

D、带电粒子在 B 点的加速度最大, 为  $a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{4}{7-5} \text{ m/s}^2 = 2\text{m/s}^2$ , 所受的电场力最大为  $F_m = ma_m = 0.1 \times 2\text{N} = 0.2\text{N}$ , 则场强最大值为  $E_m = \frac{F_m}{q} = \frac{0.2}{2 \times 10^{-3}} = 100\text{N/C}$ , 故 D 正确; 故选: ACD。

12、【答案】AB

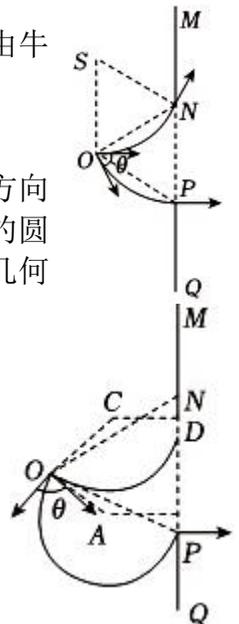
解: AB.若粒子速率为  $v = \frac{qBL}{m}$ , 轨迹半径为  $r$ , 洛伦兹力提供向心力, 由牛顿第二定律得:  $qvB = m\frac{v^2}{r}$  解得:  $r = L$  粒子运动情况如图所示:

从 P 点飞出的粒子, 轨迹的圆心在 N 点, 该粒子从 O 点发射时的速度方向与 ON 垂直斜向右下, 与水平方向成  $60^\circ$  角。从 N 点飞出的粒子, 轨迹的圆心在 S 点, 该粒子从 O 点发射时的速度方向与 OS 垂直, 水平向右, 由几何知识得两粒子发射速度间的夹角  $\theta = 60^\circ$ , 发射方向在这两个方向之间的

的粒子都可从空隙 NP “逃出”, 粒子 “逃出” 的概率为:  $\frac{\theta}{360^\circ} = \frac{1}{6}$  由图可知, NP 线段上各处都可能粒子通过, 故 AB 正确;

CD.若粒子速率为  $v = \frac{qBL}{2m}$ , 轨迹半径为  $r'$ , 洛伦兹力提供向心力, 由牛顿第二定律得:  $qvB = m\frac{v^2}{r'}$  则轨迹半径  $r' = \frac{L}{2}$  粒子运动情况如图

所示, 粒子轨迹与 PN 相切时, 切点分别为 B、D, 圆心分别为 A、C, 两发射速度间的夹



角  $\theta = \angle AOC$ ，由几何关系知  $\theta > 60^\circ$ ，则粒子“逃出”的概率为： $\frac{\theta}{360^\circ} > \frac{1}{6}$

由图可知  $OD < OC + CD = L$  则  $D$  在  $N$  点下方，故线段  $DN$  间不可能有粒子通过，故  $CD$  错误。故选：AB。

### 三、实验题

13、【答案】(1)  $m3m$  (2)不必；不会

【解析】(1)若一根绳挂的钩码质量为  $m$ ，另一根绳挂的钩码质量为  $2m$ ，则两绳子的拉力分别为： $mg$ 、 $2mg$ ，两绳子拉力的合力  $F$  的范围是： $2mg - mg \leq F \leq mg + 2mg$ ，

即： $mg \leq F \leq 3mg$ ，三力的合力为零，则第三根绳挂钩码的钩码质量范围在  $m$  到  $3m$  之间，即第三根绳挂的钩码质量一定大于  $m$ ，同理第三根绳挂的钩码质量一定小于  $3m$ 。

(2)本实验不是先用一根绳拉，然后用两根绳拉，使一根绳拉的作用效果与两根绳拉的作用效果相同，而是三根绳都直接拉到  $O$  点，所以  $O$  点的位置可以改变，只要保证三力平衡即可，不必与第一次实验中白纸上描下的  $O$  点重合；同理只要保证结点平衡即可，即桌面不水平也不会影响实验的结论。

14、【答案】(1)0.32 或 0.33； 3.1； (2)9.4

解：(1)设物块过测量参考点时速度的大小为  $v_0$ ，根据位移-时间关系可得： $L = v_0t + \frac{1}{2}at^2$

所以有： $\frac{2L}{t} = 2v_0 + at$ ，当  $t = 0$  时速度即为参考点的速度，故  $2v_0 = 0.64m/s$  解得： $v_0 = 0.32m/s$

图象的斜率表示加速度，则有： $a = \frac{1.85-0.70}{0.395-0.02}m/s^2 = 3.1m/s^2$ ；

(2)木板的倾角为  $53^\circ$ ，小物块加速度大小为  $a_0 = 5.6m/s^2$ ，对小物块根据牛顿第二定律可得： $mgsin53^\circ - \mu mgcos53^\circ = ma_0$ ，当倾角为  $37^\circ$  时，有： $mgsin37^\circ - \mu mgcos37^\circ = ma$  联立解得： $g = 9.4m/s^2$ 。

### 四、计算题

15、解：(1)水滴沿伞面下滑过程中根据牛顿第二定律有  $mgsin\theta = ma$  ①

根据匀加速直线运动位移公式有  $\frac{r}{\cos\theta} = \frac{1}{2}at_1^2$  ② 由 ① ② 得  $t_1^2 = \frac{4r}{gsin2\theta}$

又  $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ ，则当  $\theta = \frac{\pi}{4}$  时水滴滑落伞面时间最短，解得  $t_{min} = 2\sqrt{\frac{r}{g}}$

(2)水滴沿伞面下落过程，根据动能定理有  $mgr = \frac{1}{2}mv^2$  ③

水滴离开伞后做斜下抛运动，且有：水平和竖直两个分速度  $v_x = v_y = v\cos\frac{\pi}{4}$  ④

竖直方向  $h = v_yt_2 + \frac{1}{2}gt_2^2$  ⑤ 水平方向  $x = v_xt_2$  ⑥

由题意几何关系可知  $(x+r)^2 = d^2 + (\frac{l}{2})^2$  ⑦ 由 ③ ~ ⑦ 式得  $d = \frac{\sqrt{15}}{2}r$

答：(1)当  $\theta = \frac{\pi}{4}$  时水滴滑落伞面时间最短，解得  $t_{min} = 2\sqrt{\frac{r}{g}}$ ；

(2)水平面内横梁中点到支撑轴的距离为 $d = \frac{\sqrt{15}}{2}r$ 。

16、解：设A、B共同运动的时间为 $t$ ，加速度为 $a$ 。

A、B分离前，对A、B组成的整体，由牛顿第二定律得

$$F_A + F_B = (m_A + m_B)a \quad \text{得 } a = 1\text{m/s}^2$$

刚要分离时，两者之间的作用力为0，对A(或对B)由牛顿第二定律得

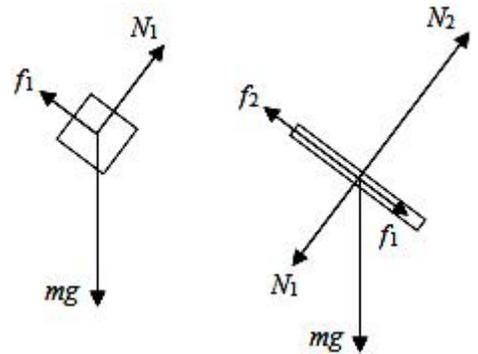
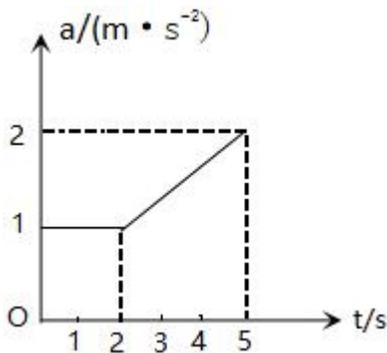
$$F_A = m_A a (F_B = m_B a)$$

结合 $F_A = (8 - 2t)(N)$ 或 $F_B = (2 + 2t)(N)$  代入数据可解得 $t = 2\text{s}$

设分离后B的加速度为 $a_B$ ，对B，由牛顿第二定律得 $F_B = m_B a_B$

$$\text{解得： } a_B = \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}t\right)\text{m/s}^2 (t \geq 2\text{s})$$

B物体的 $a - t$ 图像如图所示。



17、解：(1)在 $0 \sim 2\text{s}$ 时间内，A和B的受力如图所示，

其中 $f_1$ 、 $N_1$ 是A与B之间的摩擦力和正压力的大小， $f_2$ 、

$N_2$ 是B与C之间的摩擦力和正压力的大小，方向如图所示。由滑动摩擦力公式和力的平衡

条件得： $f_1 = \mu_1 N_1 \dots \textcircled{1}$

$$N_1 = mg \cos \theta \dots \textcircled{2}$$

$$f_2 = \mu_2 N_2 \dots \textcircled{3}$$

$$N_2 = N_1 + mg \cos \theta \dots \textcircled{4}$$

规定沿斜面向下为正，设A和B的加速度分别为 $a_1$ 和 $a_2$ ，由牛顿第二定律得：

$$mg \sin \theta - f_1 = ma_1 \dots \textcircled{5}$$

$$mg \sin \theta + f_1 - f_2 = ma_2 \dots \textcircled{6}$$

联立 $\textcircled{1} \textcircled{2} \textcircled{3} \textcircled{4} \textcircled{5} \textcircled{6}$ 式，并代入题给的条件得： $a_1 = 3\text{m/s}^2 \dots \textcircled{7}$   $a_2 = 1\text{m/s}^2 \dots \textcircled{8}$

(2)在 $t_1 = 2\text{s}$ 时，设A和B的速度分别为 $v_1$ 和 $v_2$ ，则 $v_1 = a_1 t_1 = 6\text{m/s} \dots \textcircled{9}$

$$v_2 = a_2 t_1 = 2\text{m/s} \dots \textcircled{10}$$

$t > t_1$ 时, 设A和B的加速度分别为 $a_1'$ 和 $a_2'$ , 此时A与B之间摩擦力为零,

同理可得:  $a_1' = 6\text{m/s}^2 \dots \textcircled{11}$        $a_2' = -2\text{m/s}^2 \dots \textcircled{12}$       即B做减速运动。

设经过时间 $t_2$ , B的速度减为零, 则有:  $v_2 + a_2't_2 = 0 \dots \textcircled{13}$  联立 $\textcircled{10}$  $\textcircled{12}$  $\textcircled{13}$ 式得:  $t_2 = 1\text{s}$

在 $t_1 + t_2$ 时间内, A相对于B运动的距离为:

$$s = \left(\frac{1}{2}a_1t_1^2 + v_1t_2 + \frac{1}{2}a_1't_2^2\right) - \left(\frac{1}{2}a_2t_1^2 + v_2t_2 + \frac{1}{2}a_2't_2^2\right) = 12\text{m} < 27\text{m}$$

此后B静止不动, A继续在B上滑动。

设再经过时间 $t_3$ 后A离开B, 则有:  $l - s = (v_1 + a_1't_2)t_3 + \frac{1}{2}a_1't_3^2$

可得:  $t_3 = 1\text{s}$ (另一解不合题意, 舍去)

设A在B上总的运动时间为 $t_{\text{总}}$ , 有:  $t_{\text{总}} = t_1 + t_2 + t_3 = 4\text{s}$

18、解: (1)物品比传送带速度慢, 物品将做加速运动, 则:

由受力分析可知 $\mu m_1 g = m_1 a_1$ ,       $v_0^2 = 2a_1 x_1$ ,

$$x_1 = 0.25\text{m} < 2\text{m},$$

所以到达B点前已经匀速, 所以AB段加速运动过程中的位移为 $0.25\text{m}$ ;

(2)在倾斜传送带CB段: 从C开始运动时, 包装箱比传送带速度慢, 则:

$$m_2 g \sin 37^\circ + \mu m_2 g \cos 37^\circ = m_2 a_2,$$

$$a_2 = 10\text{m/s}^2, \quad t_1 = \frac{v_0}{a_2} = 0.2\text{s}, \quad x_2 = \frac{v_0^2}{2a_2} = 0.2\text{m},$$

此时因为 $m_2 g \sin 37^\circ > \mu m_2 g \cos 37^\circ$ , 包装箱将继续加速运动, 则:

$$m_2 g \sin 37^\circ - \mu m_2 g \cos 37^\circ = m_2 a_3, \quad a_3 = 2\text{m/s}^2$$

$$\text{当包装箱运动到B点时 } L_2 - x_2 = v_0 t_2 + \frac{1}{2} a_3 t_2^2 \quad t_2 = 2\text{s}$$

所以 $t_{\text{总}} = t_1 + t_2 = 2.2\text{s}$ ;

(3)如图, 包装箱落入平板车时距平板车左端相距为 $d$ ,  $d = vt = 0.8\text{m}$

①由题意可知当包装箱滑至平板车最右端时两者刚好共速, 此情景下施加的恒力 $F$ 最小,

则: 分析包装箱:  $\mu_2 m_2 g = m_2 a_4$ ,       $a_4 = 2\text{m/s}^2$ ,

分析平板车:  $F_{\text{min}} + \mu m_2 g = M a_5$ ,

$$\text{两者共速时: } v - a_4 t = a_5 t, \quad \left(vt - \frac{1}{2} a_4 t^2\right) - \frac{1}{2} a_5 t^2 = L - d$$

$$\text{可得: } t = 1\text{s}, \quad a_5 = 2\text{m/s}^2, \quad F_{\text{min}} = 12\text{N};$$

②当包装箱与平板车共速后, 两者间的摩擦力刚好为最大静摩擦力时, 此情景下施加的

恒力 $F$ 最大, 则: 分析包装箱:  $f_{\text{max}} = \mu_3 m_2 g = m_2 a$ ,

分析整体:  $F_{\text{max}} = (M + m_2) a$ ,

可得:  $F_{\text{max}} = 28\text{N}$

所以 $F$ 的范围为  $12\text{N} \leq F \leq 28\text{N}$ 。