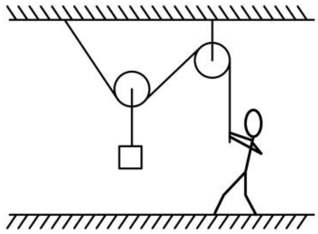
湖北省重点高中智学联盟 2023 年秋季高三年级 10 月联考

物理试题答案

命题学校:新洲一中阳逻校区　命题人:王小平　　审题人:金安国

一、选择题（本题共 10 小题，每小题 4 分，共 40 分。在每小题给出的四个选项中，第 1~7 题只有一项符合题目要求，第 8 −10 题有多项符合题目要求。每小题全部选对的得 4 分，选对但不全的得 2 分，有选错的得 0 分）

1、如图所示，工人利用滑轮组将重物缓慢提起，下列说法正确的是（　）



A．工人受到的重力和支持力是一对平衡力

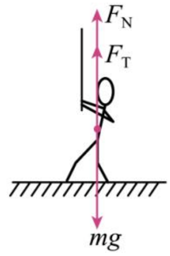
B．工人对绳的拉力和绳对工人的拉力是一对平衡力

C．重物缓慢拉起过程，绳子拉力变大

D．重物缓慢拉起过程，绳子拉力不变

【答案】C

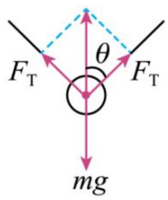
【详解】AB．对人受力分析有



则有 $F_N + F_T = mg$

其中工人对绳的拉力和绳对工人的拉力是一对作用力与反作用力，A、B 错误、

CD．对滑轮做受力分析有

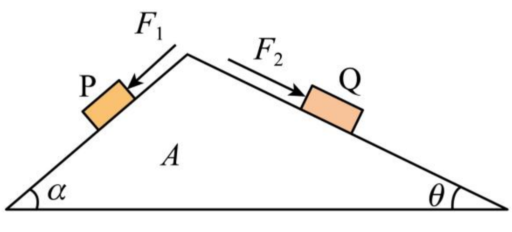


则有 $F_T = \dfrac{mg}{2\cos\theta}$

则随着重物缓慢拉起过程，θ逐渐增大，则 F_T 逐渐增大，D 错误。

故选 C。

2、在粗糙水平面上静置一个质量为 M 的三角形斜劈 A（两侧斜面倾角不相等，满足 $\alpha > \theta$），此时两个质量均为 m 的小物块 P 和 Q 恰沿两侧斜面匀速下滑。若在下滑过程中，同时各施加一个平行于各自斜面的大小相等的恒力 F_1、F_2 作用于两物块，如图所示，重力加速度为 g，则在施力后 P 和 Q 下滑过程中（均未到达底端），下列判断不正确的是（　）



A．物块 P 和物块 Q 的加速度大小相等

B．地面对斜劈 A 的支持力大小为 $(M+2m)g$

C．斜劈 A 有向右的运动趋势

D．若将 F_2 的方向改为竖直向下，地面与斜劈 A 之间没有摩擦力

【答案】C

【详解】

A．未加推力时，小物块 P 和 Q 恰沿两侧斜面匀速下滑，合力均为零，施加相同大小的推力后，合力大小相同，物块质量相同，根据牛顿第二定律可知，加速度大小相同。故 A 正确，不符合题意；

B．斜劈对小物块的作用力是支持力和摩擦力的合力，合力大小等于物块重力大小，根据牛顿第三定律可知，小物块对斜劈的作用力等于小物块重力大小，则根据平衡条件可知，斜劈受到地面的支持力为 $F_N = (M+2m)g$

故 B 正确，不符合题意；

C．斜劈对小物块的作用力是支持力和摩擦力的合力，未加推力时，小物块匀速运动，可知支持力和摩擦力的合力方向竖直向上，根据牛顿第三定律可知，小物块对斜劈的作用力方向竖直向下，故斜劈 A 没有运动趋势，故 A 错误，符合题意。

D．若将 F_2 的方向改为竖直向下，小物块对斜劈的作用力方向仍为竖直向下，故地面与斜劈 A 之间没有摩擦力，故 D 正确，不符合题意。

故选 C。

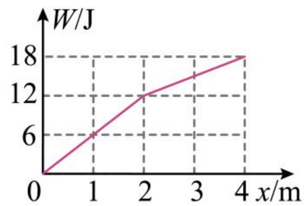
3. 一质量为 1kg 的物体在水平拉力的作用下，由静止开始在水平地面上沿 x 轴运动，出发点为 x 轴零点，拉力做的功 W 与物体坐标 x 的关系如图所示。物体与水平地面间的动摩擦因数为 0.4，重力加速度大小取 $10\mathrm{m/s^2}$。下列说法正确的是（）

A. 在 x= 1m 时，拉力的功率为 6W

B. 在 x=2m 时，物体的动能为 2J

C. 从 x= 0 运动到 x=4m，物体克服摩擦力做的功为 8J

D. 从 x= 0 运动到 x= 4 的过程中，物体的最大动量为 $2\sqrt{2}\mathrm{kg\cdot m/s}$



【答案】D

【详解】由于拉力在水平方向，则拉力做的功为 $W=Fx$

可看出 W—x 图像的斜率代表拉力 F。

AB．在物体运动的过程中根据动能定理有 $W-\mu mgx=\frac{1}{2}mv^2$

则 x= 1m 时物体的速度为 v_1= 2m/s

x= 1m 时，拉力为 $F=\frac{\Delta W}{\Delta x}=6\mathrm{N}$

则此时拉力的功率 $P=Fv_1$= 12W

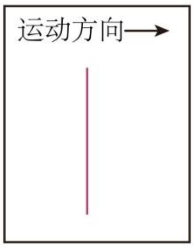
x=2m 时物体的动能为 E_k=4J　AB 错误

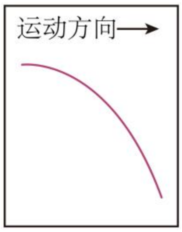
C．从 x= 0 运动到 x=4m，物体克服摩擦力做的功为 $W_f=\mu mgx$=16J，C 错误；

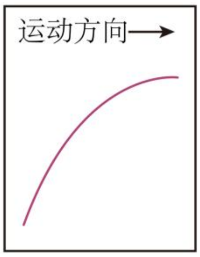
D. 根据 W—x 图像可知在 0—2m 的过程中 F_1= 6N，2—4m 的过程中 F_2= 3N，由于物体受到的摩擦力恒为 f= 4N，则物体在 x= 2m 处速度最大，且根据选项 AB 分析可知此时的速度 $v_2=\sqrt{8}\mathrm{m/s}$

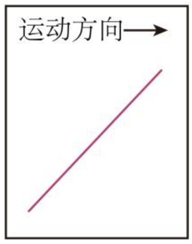
则从 x= 0 运动到 x= 4 的过程中，物体的动量最大为 $p=mv=2\sqrt{2}\mathrm{kg\cdot m/s}$ D 正确。

4、达·芬奇的手稿中描述了这样一个实验：一个罐子在空中沿水平直线向右做匀加速运动，沿途连续漏出沙子。若不计空气阻力，则下列图中能反映空中沙子排列的几何图形是（　　）

A. 

B. 

C. 

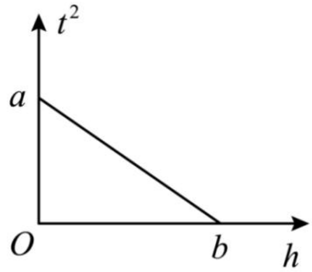
D. 

【答案】D

【详解】罐子在空中沿水平直线向右做匀加速运动，在时间 Δt 内水平方向增加量 $a\Delta t^2$，竖直方向做在自由落体运动，在时间 Δt 增加 $g\Delta t^2$；说明水平方向位移增加量与竖直方向位移增加量比值一定，则连线的倾角就是一定的。

故选 D。

5．我国对火星的首次探测任务将于 2020 年正式开始实施，要实现对火星的形貌、土壤、环境、大气等的探测，研究火星上的水冰分布、物理场和内部结构等。现假想为研究火星上有关重力的实验，在火星的表面附近做一个上抛实验，将一个小球以某一初速度竖直向上抛出，测得小球相邻两次经过抛出点上方 h 处的时间间隔为 t，作出 t^2-h 图像如图所示，已知火星的半径为 R，引力常量为 G，则火星的质量为（　　）



A．$\dfrac{4aR^2}{Gb}$　　B．$\dfrac{4bR^2}{Ga}$　　C．$\dfrac{8aR^2}{Gb}$　　D．$\dfrac{8bR^2}{Ga}$

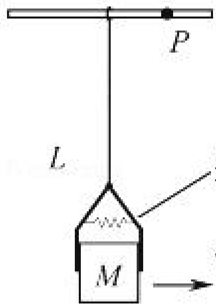
【答案】D

【详解】小球以某一初速度竖直向上抛出，测得小球相邻两次经过抛出点上方 h 处的时间间隔为 t，由运动学规律可得 $\dfrac{v_0^2}{2g}-h=\dfrac{1}{2}g\left(\dfrac{t}{2}\right)^2$

解得 $t^2=-\dfrac{8}{g}h+\dfrac{4v_0^2}{g^2}$ 结合题图可知 $-\dfrac{8}{g}=-\dfrac{a}{b}$ 解得 $g=\dfrac{8b}{a}$

由 $G\dfrac{Mm}{R^2}=mg$ 知 $M=\dfrac{8bR^2}{Ga}$ 选项 D 正确，ABC 错误。故选 D。

6.如图所示，一小物块被夹子夹紧，夹子通过轻绳悬挂在小环上，小环套在水平光滑细杆上，物块质量为 M，到小环的距离为 L，其两侧面与夹子间的最大静摩擦力均为 F．小环和物块以速度 v 向右匀速运动，小环碰到杆上的钉子 P 后立刻停止，物块向上摆动。整个过程中，物块在夹子中没有滑动。小环和夹子的质量均不计，重力加速度为 g。下列说法正确的是（　　）



A．物块向右匀速运动时，绳中的张力等于 2F

B．小环碰到钉子 P 时，绳中的张力大于 2F

C．物块上升的最大高度为$\frac{2v^2}{g}$

D．速度 v 不能超过$\sqrt{\frac{(2F-Mg)L}{M}}$

【答案】D

【解答】解：A、物块向右匀速运动时，则夹子与物体 M，处于平衡状态，那么绳中的张力等于 Mg，与 2F 大小关系不确定，故 A 错误；

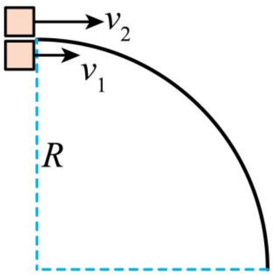
B、小环碰到钉子 P 时，物体 M 做圆周运动，依据最低点由拉力与重力的合力提供向心力，因此绳中的张力大于 Mg，而与 2F 大小关系不确定，故 B 错误；

C、依据机械能守恒定律，减小的动能转化为重力势能，则有：$\frac{1}{2}Mv^2=Mgh$，那么物块上升的最大高度为 h＝$\frac{v^2}{2g}$，故 C 错误；

D、因夹子对物体 M 的最大静摩擦力为 2F，依据牛顿第二定律，结合向心力表达式，对物体 M，则有：2F﹣Mg＝M$\frac{v_m^2}{L}$，解得：v_m＝$\sqrt{\frac{(2F-Mg)L}{M}}$，故 D 正确；

故选：D。

7. 如图所示有竖直平面内的$\frac{1}{4}$圆轨道，轨道内外两侧均光滑，半径为R，质量为m的小滑块以v_1、v_2初速度分别在轨道最高点的内侧和外侧运动，以下关于滑块是否脱离轨道的说法正确的是（　　）



A. 不管在轨道的内侧还是外侧运动，只要最高点不脱离则其它点一定不会脱离轨道

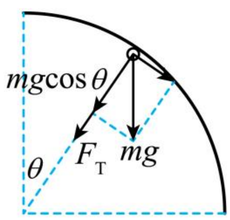
B. 不管在轨道的内侧还是外侧运动，只要最高点的速度大于等于$\sqrt{gR}$，一定不会脱离轨道

C. 在轨道的内侧最高点的速度$v_1\geq\sqrt{gR}$、外侧最高点的速度$v_2=0$，都不会脱离轨道

D. 在轨道的内侧只要$v_1<\sqrt{gR}$一定脱离轨道，外侧无论v_2多大都会脱离轨道

【答案】D

【详解】当小滑块在轨道内侧运动时，受力分析如图



小滑块所受指向轨道圆心的合力提供向心力，故

$$mg\cos\theta+F_{\mathrm{T}}=m\frac{v^2}{R}$$

从最高点滑下来，由机械能守恒定律

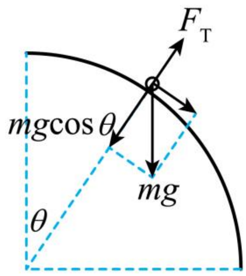
$$\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}mv_1^2+mgR\left(1-\cos\theta\right)$$

联立得

$$F_{\mathrm{T}}=2mg+\frac{mv_1^2}{R}-3mg\cos\theta$$

所以当 $F_{\mathrm{T}}\geq 0$ 时，小滑块能够不脱离轨道在轨道内侧运动，需满足

$$2mg+\frac{mv_1^2}{R}\geq 3mg\cos\theta$$



当θ=0°时，cosθ最大，所以需满足 $2mg+\frac{mv_1^2}{R}\geq 3mg$

解得小滑块在轨道内侧运动不脱离轨道的条件是 $v_1\geq\sqrt{gR}$

当小滑块在轨道外侧运动时，受力分析如图

小滑块所受指向轨道圆心的合力提供向心力，故 $mg\cos\theta-F_{\mathrm{T}}=m\frac{v^2}{R}$

从最高点滑下来，由机械能守恒定律 $\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}mv_2^2+mgR\left(1-\cos\theta\right)$

联立得 $F_{\mathrm{T}}=3mg\cos\theta-2mg-\frac{mv_2^2}{R}$

所以当 $F_{\mathrm{T}}\geq 0$ 时，小滑块能够不脱离轨道在轨道外侧运动，需满足

$$2mg+\frac{mv_2^2}{R}\leq 3mg\cos\theta$$

当θ=90°时，cosθ最小，所以需满足 $2mg+\frac{mv_2^2}{R}\leq 0$

显然 v_2 无解，所以无论小滑块以多大的速度在轨道外侧从最高点滑出，都会脱离轨道，所以 A、B、C 错误。

故选 D。

8、历史上有些科学家曾把在相等位移内速度变化相等的单向直线运动称为“匀变速直线运动”（现称“另类匀变速直线运动”），“另类加速度”定义为 $A=\frac{V_s-V_0}{S}$ 其中 V_0 和 V_s 分别表示某段位移 S 内的初速和末速，A>0 表示物体做加速运动，A<0 表示物体做减速运动，而现在物理学中加速度的定义式为 $a=\frac{V_t-V_0}{t}$，下列说法正确的是（　　）

A. 若 A>0 且保持不变，则 a 逐渐变大

B. 若 A 不变，则 a 也不变

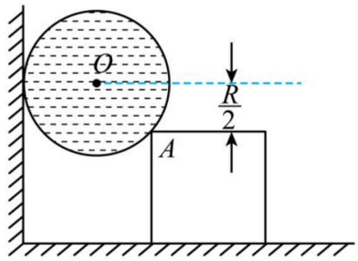
C，若 A 不变，则物体在中间位置处的速度为 $A=\sqrt{\dfrac{V_0^2-V_s^2}{2}}$

D. 若 A 不变，则物体在中间位置处的速度为 $A=\dfrac{V_0+V_s}{2}$

解答：解：A、若 A>0，在这种情况下，相等位移内速度增加量相等，所以平均速度来越大，所以相等位移内用的时间越来越少，由 $a=\dfrac{V_1-V_0}{t}$ 可知，a 越来越大，故 A 正确，B 错误.

C、因为相等位移内速度变化相等，所以中间位置处位移为 $\dfrac{s}{2}$，速度变化量为 $\dfrac{V_s-V_0}{2}$，所以此位置的度为 $V_0+\dfrac{V_s-V_0}{2}=\dfrac{V_0+V_s}{2}$，故 C 错误，D 正确；

故选 AD.



9. 如图，一个装满水的空心球总质量为 m，左侧紧靠在竖直墙面上，右侧由方形物块顶在其右下方的 A 点，使球处于静止状态。空心球的圆心为 O，半径为 R，A 点距离圆心 O 的竖直距离为 $\dfrac{R}{2}$，重力加速度为 g。则（　　）

A. 方块物体对空心球的弹力大小为 $2mg$

B. 仅将方块物体向右移动一小许，墙面对空心球的弹力将不变

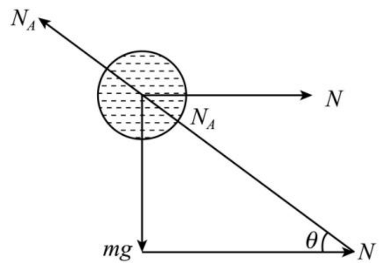
C. 仅当空心球里的水放掉一小部分，方形物块对球的弹力将变小

D. 仅当空心球里的水放掉一小部分，方形物块对球的弹力与水平方向的夹角将变小

【答案】AC

【详解】A．对空心球整体为研究对象，受力分析如图，因平衡受三力构成矢量三角形，由几何关系可知图中

$$\sin\theta=\frac{R}{2R}=\frac{1}{2}$$



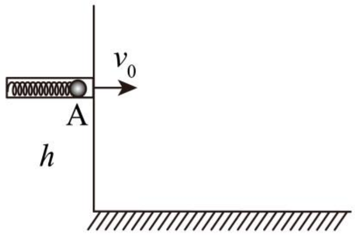
故方块物体对空心球的弹力大小为 $2mg$，A 正确；

B．仅将方块物体向右移动一小许，θ 变小，墙面对空心球的弹力将变大，B 错误；

C．仅当空心球里的水放掉一小部分，重力变小，但虽然重心下降，但方形物块对空心球的弹力方向仍然指向圆心，方向不变，所以方体物块对球的弹力将变小，方体物块对球的弹力与水平方向的夹角 θ 不变，C 正确，D 错误。

故选 AC。

10、如图所示在竖直壁上有一个可以上下移动的小球抛射装置A，小球质量为m，改变小球在管中的初始位置，使弹簧的弹性势能与装置高度h满足：$E_p=\frac{1}{2}m\frac{K^2}{h}$（$K$为已知常量）。静止的小球在弹簧的作用下水平抛出，不计一切阻力，重力加速度为g。下列说法正确的是（　　）



A. 常数K的单位为$\sqrt{\mathrm{m}^3}\cdot\mathrm{s}^{-1}$

B. 小球离开抛射装置的速度$v_0=K\sqrt{h}$

C. A的高度不同，小球水平落点也不同

D. 当弹性势能为$E_p=\frac{1}{2}Km\sqrt{2g}$时，小球落到水平面的动能最大

【答案】AD

【详解】A．由能量守恒定律$E_p=\frac{1}{2}m\frac{K^2}{h}=\frac{1}{2}mv_0^2$

化简可得$K=v_0\sqrt{h}$所以K的单位为$\mathrm{m/s}\cdot\sqrt{\mathrm{m}}=\sqrt{\mathrm{m}^3}\cdot\mathrm{s}^{-1}$A正确；

B．由能量守恒定律$E_p=\frac{1}{2}m\frac{K^2}{h}=\frac{1}{2}mv_0^2$

可得，小球离开抛射装置的速度为$v_0=\frac{K}{\sqrt{h}}$B错误；

C．根据平抛运动知识$h=\frac{1}{2}gt^2$

水平位移$x=v_0t$联立解得$x=\frac{K}{\sqrt{h}}\cdot\sqrt{\frac{2h}{g}}=K\cdot\sqrt{\frac{2}{g}}$

所以小球的水平落点与h无关，C错误；

D．由能量守恒定律知，小球落到水平面上的动能为$E_k=E_p+mgh=\frac{1}{2}m\frac{K^2}{h}+mgh$

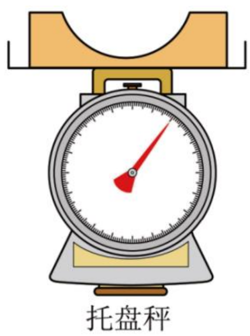
可见，当$\frac{1}{2}m\frac{K^2}{h}=mgh$小球落到水平面的动能最大，即$h=\frac{K}{\sqrt{2g}}$

此时弹簧的弹性势能为$E_p=\frac{1}{2}m\frac{K^2}{\frac{K}{\sqrt{2g}}}=\frac{1}{2}Km\sqrt{2g}$ D正确。故选AD。

二、非选择题:本题共5小题，共60分。

11. 某物理小组的同学设计了一个测量玩具小车通过凹形桥模拟器最低点时的速度的实验。所用器材有：玩具小车、压力式托盘秤、凹形桥模拟器（圆弧部分的半径为$R=0.10\mathrm{m}$）。

完成下列填空：



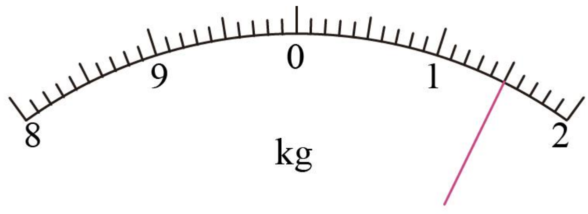
托盘秤

甲

①将凹形桥模拟器静置于托盘秤上，如图甲所示，托盘秤的示数为1.00kg

②将玩具小车静置于凹形桥模拟器最低点时，托盘秤的示数如图乙所示，该示数为_____kg；

③将小车从凹形桥模拟器某一位置释放，小车经过最低点后滑向另一侧，此过程中托盘秤的最大示数为 m；多次从同一位置释放小车，记录各次的 m 值如下表所示：



乙

序号	1	2	3	4	5
$m(\text{kg})$	1.80	1.75	1.85	1.75	1.85

④根据以上数据，可求出小车经过凹形桥最低点时对桥的压力大小为_______N（保留三位有效数字）；小车通过最低点时的速度大小为_________m/s。（重力加速度 g 取 10m/s^2，计算结果可保留根号）

【答案】 1.50 8.00 $\frac{\sqrt{15}}{5}$ 【详解】（1）[1]根据天平的分度值，可知托盘秤的读数为1.50kg；

[2]根据表格中的数据，可知小车经过凹形桥最低点时，托盘秤示数的平均值为

$$m_{示}=\frac{1.80+1.75+1.85+1.75+1.85}{5}\text{kg}=1.80\text{kg}$$

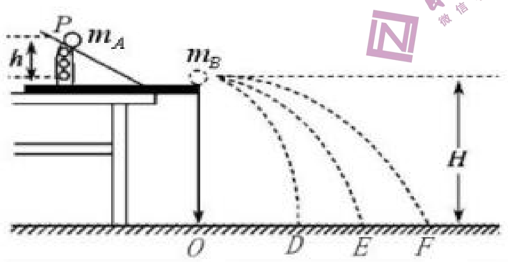
故小车对桥的压力大小为 $F=(m_{示}-m_{桥})g=(1.80-1.00)\times10\text{N}=8.00\text{N}$

[3]小车通过最低点时，满足 $F_N-mg=m\frac{v^2}{R}$

其中 $F_N=F=8.00\text{N}$，$m=1.50-1.00\text{kg}=0.50\text{kg}$ 代入可得 $v=\frac{\sqrt{15}}{5}\text{m/s}$

12、两实验小组想验证动量守恒定律， 第一组采用传统的如图甲所示的“碰撞实验装置”验证两小球碰撞前后的动量是否守恒；第二组设计了如图乙所示利用固定了两个光电门的气垫导轨验

证两滑块碰撞前后的动量是否守恒。



图甲

图乙

第一组主要操作步骤如下：

①安装好实验装置，使 A 球多次从斜轨上同一位置 P 由静止释放，找到其平均落地点的位置 E；

②将与 A 球半径相同的 B 球静置于水平轨道的末端，再将 A 球从斜轨上位置 P 由静止释放，多次重复上述过程，分别找到碰后 A 球和 B 球的平均落点的位置 D 和 F；

③O 为轨道末端在地面的投影点，用刻度尺测量出水平射程 OD、OE、OF，分别记为 x_1、x_2、x_3。已知 A 球和 B 球的质量分别为 m_A、m_B。

第二组主要操作步骤如下：

①在气垫导轨上固定光电门 1 和光电门 2，滑块 M 和 N 质量之比为 1 ：2，两滑块上固定宽度均为 d 的遮光片；

②调节气垫导轨水平；

③推动两滑块 M 和 N 分别由气垫导轨的左右两侧开始滑动，经测量，滑块 M 和 N 通过光电门 1、2 的遮光时间分别为 Δt_1 和 Δt_2 ，两滑块发生碰撞后又先后通过两光电门 1、2 的遮光时间分别为 Δt_3 和Δt_4 。

请回答下列问题：

(1) 第一组实验，当表达式 ________成立时，即说明 A 球和 B 球在碰撞过程中动量守恒。

（用 m_A 、m_B 、x_1、x_2 、x_3 表示）

(2) 第一组实验，当表达式________ 成立时， 即说明 A 球和 B 球发生的是弹性碰撞。

(3) 第二组实验，当表达式 ________成立时，即说明滑块 M 和 N 在碰撞过程中动量守恒。（用题中所给字母符号表示）

(4) 第二组实验，当表达式 ________成立时， 即说明滑块 M 和 N 在碰撞过程中发生的是弹性碰撞。

答案:

（1） $m_A x_2 = m_A x_1 + m_B x_3$ （2 分） （2） $x_1 + x_2 = x_3$ （3 分）

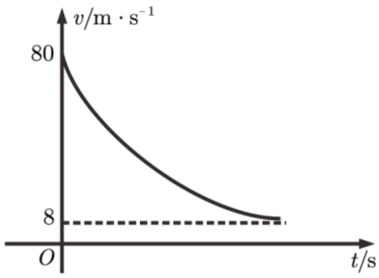
(3) $\frac{1}{\Delta t_1} - \frac{2}{\Delta t_2} = \frac{2}{\Delta t_4} - \frac{1}{\Delta t_3}$ （2 分） (4) $\frac{1}{\Delta t_1} + \frac{1}{\Delta t_2} = \frac{1}{\Delta t_3} + \frac{1}{\Delta t_4}$ （3 分）

13（12 分）宇宙飞船返回舱进入大气层后先打开减速伞，当速度减至 80m/s 时打开主降落伞继续减速，直到速度减至 8m/s 后做匀速下落，打开主伞后返回舱的速度图线如图 a 所示，主降落伞用 96 根对称的伞绳悬挂着返回舱，每根伞绳与中轴线的夹角约为 37°，如图 b 所示，已知返回舱的质量为 2400kg，主降落伞质量为 80kg，不计返回舱所受的阻力，打开主降落伞后伞所受阻力 f 与速度 v 成正比，即 f=kv（k 为阻力系数）（g 取 10m/s²，sin37°=0.6，cos37°=0.8），求：

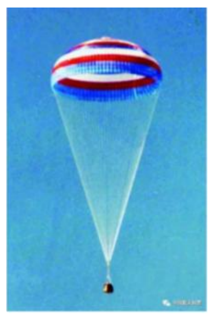
（1）阻力系数 k

（2）打开主降落伞瞬间的加速度 a 的大小和方向

（3）悬绳能够承受的拉力最小值



图a


图b

（1）3100kg/s （2）90m/s² 竖直向上（3）3125N

解析：（1）开伞后做匀速运动（m+M）g=kv ①

得 k=3100kg/s ②

（2）开伞瞬间 $f_0 = kv_0$，由于 $f_0 >$（m+M）g 可知加速度方向向上

由牛顿第二定律得： kv_0-（m+M）g =（m+M）a ③

解得：a=90m/s²④

（3）由题意知，开伞瞬间绳上的拉力最大，选择返回舱作为研究对象

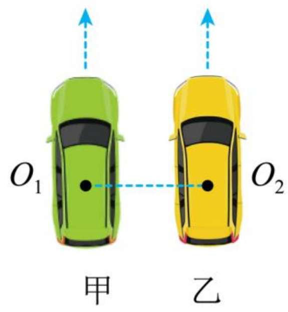
$96F\cdot\cos37^0-Mg=Ma$ ⑤

解得： F=3125N ⑥

14、（14 分）电子设备之间在一定距离范围内可以通过蓝牙连接进行数据交换，已经配对过的两电子设备，当距离小于某一值时，会自动连接；一旦超过该值时，蓝牙信号便会立即中断，无法正常通讯。如图所示，甲、乙两辆汽车并排沿平直路面向前行驶，两车车顶O_1、O_2两位置都装有蓝牙设备，这两个蓝牙设备在 5m 以内时能够实现通信。$t=0$时刻，甲、乙两车刚好位于图示位置，此时甲车的速度为 5m/s，乙车的速度为 2m/s，O_1、O_2的距离为 3m。从该时刻起甲车以$1\text{m}/\text{s}^2$的加速度做匀减速运动直至停下，乙车保持原有速度做匀速直线运动。（忽略信号传递时间）

（1）在甲车停下来之前，两车在前进方向上距离最大是多少米?

（2）从$t=0$时刻起，甲、乙两车能利用蓝牙通信的时间为多长?



答案.（1）4.5m；（2）6.25s

【详解】（1）假设经过t_0，两车的速度相等，此时相距最远$v_{甲}-at_0=v_{乙}$

解得$t_0=3\text{s}$

此时两车在前进方向上的最大距离为$\Delta x_{\max}=\left(v_{甲}t_0-\frac{1}{2}at_0^2\right)-v_{乙}t_0=4.5\text{m}$

（2）根据几何知识可知，当甲车在乙车前方且$O_1O_2=5\text{m}$时，有$x_{甲}-x_{乙}=4\text{m}$

根据运动学公式有$x_{甲}=v_{甲}t-\frac{1}{2}at^2$ $x_{乙}=v_{乙}t$

解得$t_1=2\text{s}$，$t_2=4\text{s}$

当$0<t<2\text{s}$时，有$O_1O_2<5\text{m}$

当$2\text{s}<t<4\text{s}$时，有$O_1O_2>5\text{m}$

$t=t_2=4\text{s}$时，甲车的速度为$v_{甲1}=v_{甲}-at_2=1\text{m}/\text{s}<v_{乙}$

t=4s之后，甲、乙两车的距离不断减小，且甲车能够继续行驶的距离为

$$x_{甲1}=\frac{v_{甲1}^2}{2a}=0.5\text{m}$$

根据几何关系可知，从t=4s开始到乙车行驶至甲车前方 4m 的过程中，$O_1O_2<5\text{m}$，这段过程经历的时间为

$$t'=\frac{2\times 4\mathrm{m}+0.5\mathrm{m}}{v_{乙}}=4.25\mathrm{s}$$

所以甲、乙两车能利用蓝牙通信的时间为$t_{总}=2\mathrm{s}+4.25\mathrm{s}=6.25\mathrm{s}$

15．（16 分雨滴在穿过云层的过程中，不断与漂浮在云层中的小水珠相遇并结合为一体，其质量逐渐增大．现将上述过程简化为沿竖直方向的一系列碰撞．已知雨滴的初始质量为 m_0，初速度为 v_0，下降距离 l 后与静止的小水珠碰撞且合并，质量变为 m_1．此后每经过同样的距离 l 后，雨滴均与静止的小水珠碰撞且合并，质量依次变为 m_2、m_3……m_n……（设各质量为已知量）．不计空气阻力．

（1）若不计重力，求第 n 次碰撞后雨滴的速度 v_n'；

（2）若考虑重力的影响，

a.求第 1 次碰撞前、后雨滴的速度 v_1 和 v_1'；

b.求第 n 次碰撞后雨滴的动能 $\frac{1}{2}m_n\ v_n'^2$；

【答案】（16 分）

（1） $v_n'=\frac{m_0}{m_n}v_0$

（2）若考虑重力的影响，雨滴下降过程中做加速度为 g 的匀加速运动，碰撞瞬间动量守恒

a. $v_1'=\frac{m_0}{m_1}v_1=\frac{m_0}{m_1}\sqrt{v_0^2+2gl}$

b. $\frac{1}{2}m_nv_n'^2=\frac{1}{2m_n}(m_0^2v_0^2+2gl\sum_{i=0}^{n-1}m_i^2)$

【详解】

（1）不计重力，全过程中动量守恒，$m_0v_0=m_nv_n'$

得 $v_n'=\frac{m_0}{m_n}v_0$

（2）若考虑重力的影响，雨滴下降过程中做加速度为 g 的匀加速运动，碰撞瞬间动量守恒

a．第一次碰撞前 $v_1^2=v_0^2+2gl,v_1=\sqrt{v_0^2+2gl}$

第一次碰撞后 $m_0v_1=m_1v_1'$

$$v_1'=\frac{m_0}{m_1}v_1=\frac{m_0}{m_1}\sqrt{v_0^2+2gl} \quad ①$$

b．第 2 次碰撞前 $v_2^2=v_1'^2+2gl$

利用①式化简得 $v_2^2=(\frac{m_0}{m_1})^2v_0^2+(\frac{m_0^2+m_1^2}{m_1^2})2gl \quad ②$

第 2 次碰撞后，利用②式得

$$v_2'^2=(\frac{m_1}{m_2})^2v_2^2=(\frac{m_0}{m_2})^2v_0^2+(\frac{m_0^2+m_1^2}{m_2^2})2gl$$

同理，第 3 次碰撞后 $v_3'^2=(\frac{m_0}{m_3})^2v_0^2+(\frac{m_0^2+m_1^2+m_2^2}{m_3^2})2gl$

....

第 n 次碰撞后 $v_n'^2=(\frac{m_0}{m_n})^2v_0^2+(\frac{\sum_{i=0}^{n-1}m_i^2}{m_n^2})2gl$

动能 $\frac{1}{2}m_nv_n'^2=\frac{1}{2m_n}(m_0^2v_0^2+2gl\sum_{i=0}^{n-1}m_i^2)$