

# 高三物理试卷

本试卷满分 100 分,考试用时 75 分钟。

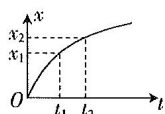
## 注意事项:

1. 答题前,考生务必将自己的姓名、考生号、考场号、座位号填写在答题卡上。
2. 回答选择题时,选出每小题答案后,用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动,用橡皮擦干净后,再涂选其他答案标号。回答非选择题时,将答案写在答题卡上。写在本试卷上无效。
3. 考试结束后,将本试卷和答题卡一并交回。
4. 本试卷主要考试内容:人教版必修第一册,必修第二册。

## 第 I 卷 (选择题 共 46 分)

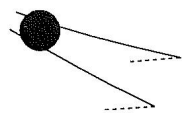
一、选择题:本题共 10 小题,共 46 分。在每小题给出的四个选项中,第 1~7 题只有一项符合题目要求,每小题 4 分;第 8~10 题有多项符合题目要求,每小题 6 分,全部选对的得 6 分,选对但不全的得 3 分,有选错的得 0 分。

1. 如图所示,物体运动的  $x-t$  图像是抛物线的一部分,物体在  $t_1$  时刻的位置坐标为  $x_1$ ,在  $t_2$  时刻的位置坐标为  $x_2$ ,则物体在  $\frac{t_1+t_2}{2}$  时刻的速度大小为



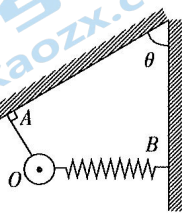
- A.  $\frac{x_1}{t_1}$       B.  $\frac{x_2}{t_2}$       C.  $\frac{x_2-x_1}{t_2-t_1}$       D.  $\frac{x_2+x_1}{t_2+t_1}$

2. 劳动人民的智慧出乎我们的想象,果农设计的分拣水果的简易装置如图所示,两细杆间上窄下宽、与水平地面所成的角相同,水果从装置顶端由静止释放,大小不同的水果会在不同位置落到不同的水果筐内。水果均为球形,离开细杆前的运动可视为匀加速直线运动,则水果沿细杆运动的过程中受到每根细杆的支持力



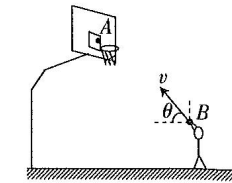
- A. 变小      B. 变大  
C. 不变      D. 无法确定

3. 如图所示,细绳  $OA$  一端系在小球上,另一端固定在斜面天花板上,轻质弹簧一端与小球连接,另一端固定在竖直墙上的  $B$  点,平衡时细绳  $OA$  垂直于天花板,弹簧恰好水平。重力加速度大小为  $g$ ,将细绳  $OA$  剪断的瞬间,小球的加速度大小为



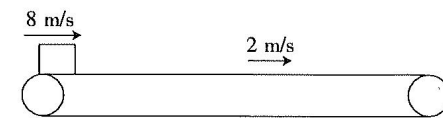
- A. 0  
B.  $g$   
C.  $\frac{g}{\cos \theta}$   
D.  $\frac{g}{\sin \theta}$

4. 篮球是同学们喜欢的体育运动之一,小明同学站在罚球线上将篮球从  $B$  点以仰角  $\theta$  斜向上抛出,篮球恰好以速度  $v_0$  垂直击中篮板上的  $A$  点,如图所示。小李(比小明高)同学站在罚球线上从  $B$  点正上方将篮球投出,篮球仍然垂直击中篮板上的  $A$  点,则小李同学投篮时



- A. 仰角等于  $\theta$   
B. 仰角小于  $\theta$   
C. 篮球击中  $A$  点的速度小于  $v_0$   
D. 篮球击中  $A$  点的速度等于  $v_0$

5. 如图所示,水平传送带始终以  $2 \text{ m/s}$  的速度顺时针匀速运动,质量为  $2 \text{ kg}$ 、可看作质点的滑块以  $8 \text{ m/s}$  的速度从左端滑上传送带,到达传送带右端时恰好与传送带共速。已知滑块与传送带间的动摩擦因数为  $0.5$ ,传送带两轮的大小不计,取重力加速度大小  $g=10 \text{ m/s}^2$ ,下列说法正确的是

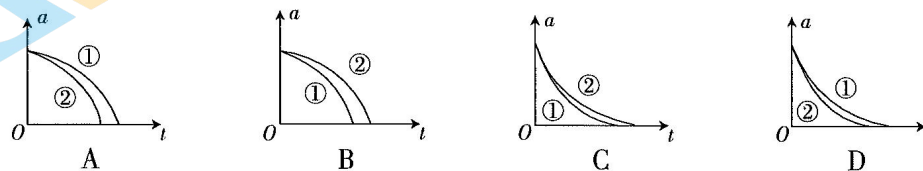


- A. 滑块受到的摩擦力大小为  $20 \text{ N}$   
B. 滑块的加速度大小为  $5 \text{ m/s}^2$   
C. 传送带两轮的间距为  $9 \text{ m}$   
D. 滑块与传送带间因摩擦产生的热量为  $60 \text{ J}$

6. 火星的半径约为地球半径的一半,质量约为地球质量的十分之一,地球上男子跳高的世界纪录为  $2.45 \text{ m}$ ,其重心上升的最大高度为  $1.25 \text{ m}$ 。把地球和火星都看作质量分布均匀的球体,忽略地球和火星的自转及空气阻力,假设火星经人类改造后成为适宜人类居住的星球,运动员离地时的速度不变,则在火星上男子跳高的世界纪录约为

- A.  $4.3 \text{ m}$       B.  $5.1 \text{ m}$       C.  $6.1 \text{ m}$       D.  $7.1 \text{ m}$

7. 雨滴在竖直落向地面的过程中可看成质量不变、半径为  $r$  的球体,所受空气阻力大小  $f=kr^2v^2$ ,其中  $k$  是比例系数, $v$  是雨滴的速度。两个半径分别为  $r_1, r_2$  ( $r_1 > r_2$ ) 的雨滴从高空无初速竖直下落,用①、②分别表示它们的加速度-时间( $a-t$ )图线,球体的体积  $V=\frac{4}{3}\pi r^3$ ,下列图线可能正确的是

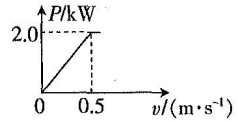


8. 我国天文学家利用望远镜积累的海量恒星光谱,发现了一个处于宁静态的中子星与红矮星组成的双星系统,如图所示。已知中子星的质量是红矮星质量的两倍,它们均绕连线上的  $O$  点做匀速圆周运动,下列说法正确的是



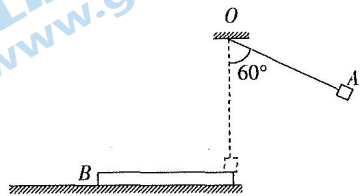
- A. 红矮星的线速度是中子星线速度的两倍  
B. 红矮星的角速度是中子星角速度的两倍  
C. 红矮星的轨道半径是中子星轨道半径的两倍  
D. 红矮星的向心加速度是中子星向心加速度的两倍

9. 起重机将地面上质量为  $400\text{ kg}$  的货物竖直吊起, 货物的速度增加到  $0.51\text{ m/s}$  后开始减速, 加速过程中起重机的输出功率  $P$  与货物的速度  $v$  之间的关系如图所示, 绳索的质量可以忽略不计, 取重力加速度大小  $g=9.8\text{ m/s}^2$ 。货物加速上升时, 下列说法正确的是



- A. 绳索中的张力不超过  $4000\text{ N}$   
 B. 货物的加速度不超过  $0.2\text{ m/s}^2$   
 C. 货物速度从  $0$  增加到  $0.5\text{ m/s}$  所用的时间为  $2.0\text{ s}$   
 D. 货物速度从  $0$  增加到  $0.51\text{ m/s}$  所用的时间为  $2.55\text{ s}$

10. 如图所示, 质量为  $1\text{ kg}$  的薄木板  $B$  放在水平地面上,  $O$  点在木板右端的正上方, 高度为  $3.6\text{ m}$ , 长为  $3.6\text{ m}$  的轻绳一端系于  $O$  点, 另一端系一质量为  $2\text{ kg}$ 、可视为质点的物块  $A$ 。将轻绳拉至与竖直方向成  $60^\circ$  角, 由静止释放物块  $A$ , 物块  $A$  到达最低点时轻绳断裂, 物块  $A$  滑上木板  $B$  后恰好能到达木板  $B$  的左端。已知木板  $B$  的长度为  $3\text{ m}$ , 木板  $B$  沿地面先匀加速、后匀减速, 运动的最大距离为  $2\text{ m}$ , 取重力加速度大小  $g=10\text{ m/s}^2$ , 下列说法正确的是

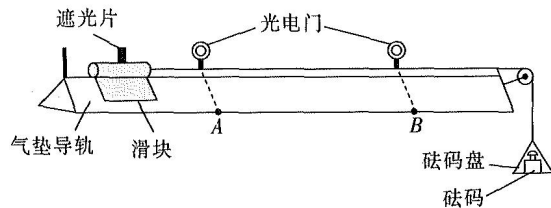


- A. 木板  $B$  与地面间的动摩擦因数为  $0.2$   
 B. 物块  $A$  与木板  $B$  间的动摩擦因数为  $0.5$   
 C. 木板  $B$  与地面间因摩擦产生的热量为  $12\text{ J}$   
 D. 物块  $A$  与木板  $B$  间因摩擦产生的热量为  $24\text{ J}$

## 第 II 卷 (非选择题 共 54 分)

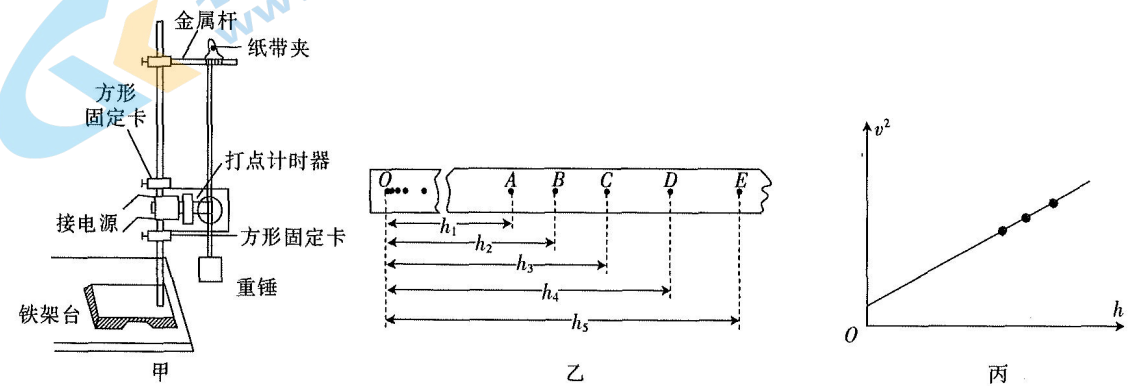
二、非选择题: 本题共 5 小题, 共 54 分。

11. (6 分) 用如图所示的实验装置测量当地的重力加速度大小  $g$ 。气垫导轨放在桌面上, 导轨上放有带遮光片的滑块, 图中  $A$ 、 $B$  两个光电门与计算机相连, 实验步骤如下:



- (1) 测得滑块及遮光片的总质量为  $M$ , 砝码及砝码盘的总质量为  $m$ , 将遮光片的宽度及两光电门间的距离输入计算机。  
 (2) 把气垫导轨调整到水平, 打开气泵电源, 气泵正常工作。放上滑块, 调整气垫, 轻推一下滑块, 使计算机显示滑块的加速度大小为  $0$ , 则遮光片经过光电门  $A$  的时间 \_\_\_\_\_ (填“大于”、“等于”或“小于”) 经过光电门  $B$  的时间。  
 (3) 跨过滑轮的细线一端连接滑块, 另一端连接砝码盘。由静止释放滑块, 滑块在细线拉力作用下加速通过两光电门, 计算机显示滑块的加速度大小为  $a$ , 则当地的重力加速度  $g=$  \_\_\_\_\_ (用  $M$ 、 $m$ 、 $a$  表示)。

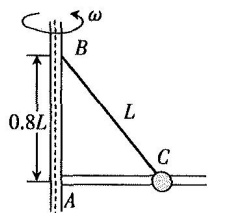
12. (8 分) 某同学利用如图甲所示的实验装置验证机械能守恒定律, 安装好实验装置并检测无误后, 闭合打点计时器开关, 松开纸带夹, 重锤自由下落, 得到如图乙所示的一条纸带,  $O$  为起始点,  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  为纸带上连续打下的五个点, 测得重锤对应下落的高度分别为  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $h_3$ 、 $h_4$ 、 $h_5$ , 打点计时器的打点周期为  $T$ , 当地重力加速度大小为  $g$ 。



- (1) 打  $D$  点时重锤的速度大小  $v_D =$  \_\_\_\_\_; 若  $\frac{v_D^2}{g} =$  \_\_\_\_\_, 则说明重锤的机械能守恒。  
 (2) 分别计算出打  $B$ 、 $C$ 、 $D$  三点时的速度并在  $v^2-h$  坐标系中描点, 发现三点所在的直线不经过坐标原点  $O$ , 如图丙所示, 其原因可能是 \_\_\_\_\_。  
 A. 实验过程中系统受到的阻力过大  
 B. 测量高度时  $O$ 、 $A$  间纸带没有绷紧  
 C. 测得重锤下落的高度  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $h_3$ 、 $h_4$ 、 $h_5$  均偏大  
 (3) 改进实验重新测量, 发现重锤动能的增加量总是略小于重力势能的减小量, 其原因是 \_\_\_\_\_ (写出一条即可)。

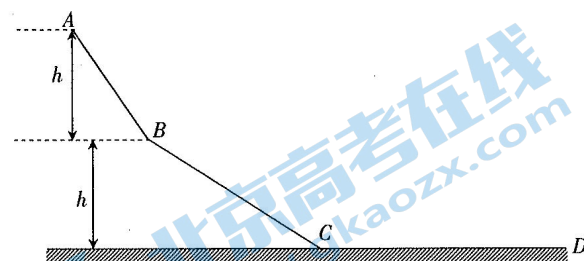
13. (10 分) 如图所示, 光滑的水平细杆固定在竖直转轴上的  $A$  点, 质量为  $m$  的小球套在细杆上, 长为  $L$ 、不可伸长的轻质细线一端系住小球, 另一端系在转轴上的  $B$  点,  $A$ 、 $B$  间的距离为  $0.8L$ , 当装置绕转轴以一定的角速度匀速转动时, 小球与水平细杆恰好无作用力, 重力加速度大小为  $g$ , 求:

- (1) 细线中的张力大小  $T$ ;  
 (2) 装置转动的角速度  $\omega$ 。



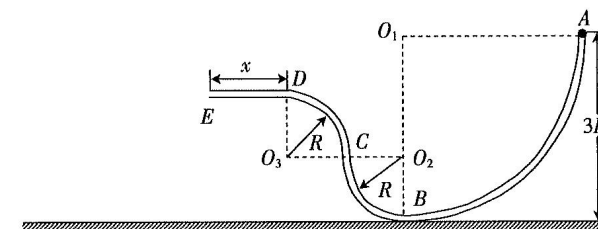
14. (13分)滑草场中某条滑道由如图所示的两段倾斜滑道和一段水平滑道组成,  $AB$  段倾角为  $60^\circ$ ,  $BC$  段倾角为  $30^\circ$ , 对应的高度均为  $h=7.5\text{ m}$ 。载人滑草车从坡顶  $A$  点由静止开始滑下, 最终停在水平滑道上。已知滑草车与三段滑道间的动摩擦因数均相同, 滑草车经过  $B$ 、 $C$  两点时速度大小不变且相等, 取重力加速度大小  $g=10\text{ m/s}^2$ , 求:

- (1) 滑草车与滑道间的动摩擦因数  $\mu$ ;
- (2) 滑草车在水平滑道上滑行的距离  $x$ 。
- (3) 滑草车运动的总时间  $t$ 。



15. (17分)如图所示, 由竖直平面内的细管  $ABCDE$  做成的轨道固定在水平地面上, 其中  $AB$  段是半径为  $3R$  的四分之一光滑圆弧,  $BC$ 、 $CD$  段是半径均为  $R$  的四分之一光滑圆弧,  $DE$  段水平, 长度可调。一质量为  $m$  的小球自  $A$  点由静止进入轨道, 从  $E$  点离开轨道后做平抛运动, 落到水平地面上的  $F$  点(图中未画出)。已知小球在  $DE$  段运动时受到的阻力始终等于小球所受重力的一半, 重力加速度大小为  $g$ 。求:

- (1)  $DE$  段的长度  $x$  需要满足的条件;
- (2) 小球对轨道的最大作用力  $F_{\max}$ ;
- (3) 落点  $F$  距  $A$  点最远时, 小球着地时的动能  $E_k$ 。

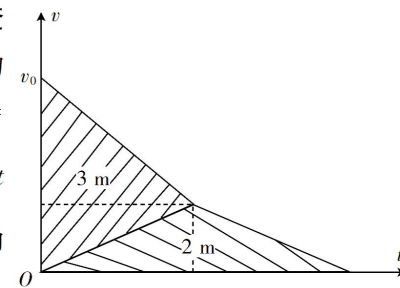


# 高三物理试卷参考答案

1. C 【解析】本题考查匀变速直线运动,目的是考查学生的理解能力。物体沿正方向做匀减速直线运动,物体在某一段时间内中间时刻的速度等于这段时间内的平均速度,即物体在  $\frac{t_1+t_2}{2}$  时刻的速度等于  $t_1 \sim t_2$  时间内的平均速度,则物体在  $\frac{t_1+t_2}{2}$  时刻的速度大小  $v = \frac{x_2-x_1}{t_2-t_1}$ , 选项 C 正确。
2. B 【解析】本题考查力的合成,目的是考查学生的理解能力。因为装置宽度变大,每根细杆对水果支持力的方向越来越趋近于水平,每根细杆对水果的支持力将变大,选项 B 正确。
3. D 【解析】本题考查牛顿运动定律的应用,目的是考查学生的理解能力。小球受重力、细绳 OA 斜向上的拉力及弹簧的弹力作用,细绳 OA 中的拉力大小为  $\frac{mg}{\sin \theta}$ , 将细绳剪断的瞬间重力及弹簧的弹力均不变,所以小球的加速度沿 AO 方向、大小为  $\frac{g}{\sin \theta}$ , 选项 D 正确。
4. B 【解析】本题考查抛体运动,目的是考查学生的推理论证能力。小李出手高度比小明高,将篮球的运动反向看作平抛运动,小李投篮时篮球上升的高度较小,出手时篮球的竖直分速度较小,水平分速度较大,选项 B 正确。
5. B 【解析】本题考查功能关系,目的是考查学生的推理论证能力。滑块在传送带上运动时一直减速,受到的滑动摩擦力大小  $f = \mu mg = 10 \text{ N}$ , 滑块的加速度大小  $a = 5 \text{ m/s}^2$ , 选项 A 错误、B 正确; 滑块离开传送带时的速度大小为  $2 \text{ m/s}$ , 根据动能定理有  $-\mu mgL = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ , 解得  $L = 6 \text{ m}$ , 选项 C 错误; 滑块与传送带间因摩擦产生的热量  $Q = \mu mg \frac{(v_0-v)^2}{2a} = 36 \text{ J}$ , 选项 D 错误。
6. A 【解析】本题考查万有引力的应用,目的是考查学生的推理论证能力。根据重力等于万有引力有  $mg_{\text{火}} = G \frac{M_{\text{火}} m}{R_{\text{火}}^2}$ ,  $mg = G \frac{M_{\text{地}} m}{R_{\text{地}}^2}$ , 解得  $g_{\text{火}} = \frac{2g}{5}$ 。设运动员离开地面时速度的竖直分量为  $v_0$ , 在火星上男子跳高的高度对应重心上升的最大高度  $h'$ , 有  $h = \frac{v_0^2}{2g}$ ,  $h' = \frac{v_0^2}{2g_{\text{火}}}$ , 解得  $h' \approx 3.1 \text{ m}$ , 所以在火星上男子跳高的世界纪录约为  $4.3 \text{ m}$ , 选项 A 正确。
7. D 【解析】本题考查牛顿运动定律的应用,目的是考查学生的创新能力。由牛顿第二定律得  $mg - f = ma$ , 解得  $a = g - \frac{kr^2 v^2}{m}$ , 可知雨滴做加速度逐渐减小的加速运动。设雨滴最终的速度大小为  $v_m$ , 雨滴的质量  $m = \rho V = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho$ , 当雨滴的加速度为零时, 有  $mg = f$ , 解得  $v_m = \sqrt{\frac{4\pi \rho g}{3k}}$ , 因  $v_m \propto \sqrt{r}$ ,  $r_1 > r_2$ , 可知半径为  $r_1$  的雨滴的最大速度较大,  $a-t$  图线围成的面积表

示速度的变化量, 选项 D 正确。

8. ACD 【解析】本题考查双星系统,目的是考查学生的推理论证能力。双星系统中,由于两星在相同时间内转过的角度相等,因此双星系统的角速度相等,选项 B 错误; 根据  $v = \omega r$  可知, 选项 A 正确; 根据万有引力提供向心力有  $G \frac{m_1 m_2}{L^2} = m_1 \omega^2 r_1$ ,  $G \frac{m_1 m_2}{L^2} = m_2 \omega^2 r_2$ , 解得  $\frac{r_2}{r_1} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{2}{1}$ , 选项 C 正确; 根据  $a = \omega^2 r$  可知, 选项 D 正确。
9. AB 【解析】本题考查机车启动,目的是考查学生的推理论证能力。货物速度从 0 增加到  $0.5 \text{ m/s}$  的过程中,起重机的输出功率与货物的速度成正比,所以此过程中绳索对货物的拉力大小不变,货物做匀加速直线运动,有  $F = \frac{P_{\text{max}}}{v_1} = ma + mg$ , 解得  $F = 4000 \text{ N}$ ,  $a = 0.2 \text{ m/s}^2$ , 选项 A、B 均正确; 货物速度从 0 增加到  $0.5 \text{ m/s}$  所用的时间为  $2.5 \text{ s}$ , 选项 C 错误; 起重机达到最大功率后保持不变,货物的速度从  $0.5 \text{ m/s}$  增加到  $0.51 \text{ m/s}$  的过程中加速度不断减小,所以货物速度从 0 增加到  $0.51 \text{ m/s}$  所用的时间大于  $2.55 \text{ s}$ , 选项 D 错误。
10. ACD 【解析】本题考查能量守恒的综合应用,目的是考查学生的模型建构能力。设轻绳的长度为  $L$ , 轻绳断裂时物块 A 的速度大小为  $v_0$ , 则有  $m_A g L (1 - \cos 60^\circ) = \frac{1}{2} m_A v_0^2$ , 解得  $v_0 = 6 \text{ m/s}$ 。轻绳断裂后两者运动的  $v-t$  图像如图所示, 设木板 B 的长度为  $l_0$ , 木板 B 沿地面运动的最大距离为  $l$ , 物块 A 与木板 B 间的动摩擦因数为  $\mu_1$ , 木板 B 与地面间的动摩擦因数为  $\mu_2$ , 根据图中的面积关系有  $v_0^2 = 2(\mu_1 g + 2\mu_1 g - 3\mu_2 g) l_0$ ,  $\frac{1}{2} m_A v_0^2 = \mu_1 m_A g l_0 + \mu_2 (m_A + m_B) g l$ , 解得  $\mu_1 = 0.4$ ,  $\mu_2 = 0.2$ , 选项 A 正确、B 错误; 木板 B 与地面间因摩擦产生的热量为  $12 \text{ J}$ , 选项 C 正确; 物块 A 与木板 B 间因摩擦产生的热量为  $24 \text{ J}$ , 选项 D 正确。



11. (2) 等于 (3 分)  
(3)  $\frac{(M+m)a}{m}$  (3 分)

【解析】本题考查测重力加速度实验,目的是考查学生的实验探究能力。

(2) 把气垫导轨调整到水平, 滑块在导轨上做匀速直线运动时通过两光电门的时间相等。

(3) 根据牛顿运动定律有  $mg = (M+m)a$ , 解得  $g = \frac{(M+m)a}{m}$ 。

12. (1)  $\frac{h_5 - h_3}{2T}$  (2 分)  $2h_4$  (2 分)

(2) B (2 分)

(3) 存在空气阻力、摩擦阻力 (2 分)

【解析】本题考查验证机械能守恒定律实验,目的是考查学生的实验探究能力。

(1)平均速度等于瞬时速度,即  $v_D = \frac{h_5 - h_3}{2T}$ ;若机械能守恒,则满足  $v_D^2 = 2gh_4$ 。

(2)由运动学公式可知  $v^2 = 2gh + v_0^2$ ,即  $h=0$  时重锤的速度不为零,测量高度时  $O、A$  间纸带没有绷紧,使得重锤下落的高度  $h_1、h_2、h_3、h_4、h_5$  均偏小,选项 B 正确。

(3)因为实验存在空气阻力、摩擦阻力,导致重锤动能的增加量总是略小于重力势能的减小量。

13.【解析】本题考查圆周运动,目的是考查学生的推理论证能力。

(1)小球与细杆恰好无作用力,设细线与水平方向的夹角为  $\alpha$ ,则有

$$T \sin \alpha = mg \quad (2 \text{分})$$

$$\text{解得 } T = \frac{5}{4}mg. \quad (2 \text{分})$$

(2)细线拉力的水平分量提供小球做匀速圆周运动的向心力,则有

$$T \cos \alpha = m\omega^2 R \quad (2 \text{分})$$

$$R = L \cos \alpha \quad (2 \text{分})$$

$$\text{解得 } \omega = \sqrt{\frac{5g}{4L}}. \quad (2 \text{分})$$

14.【解析】本题考查牛顿运动定律的应用,目的是考查学生的推理论证能力。

(1)由已知条件可知,滑草车在  $BC$  段做匀速直线运动,有

$$mg \sin 30^\circ = \mu mg \cos 30^\circ \quad (2 \text{分})$$

$$\text{解得 } \mu = \frac{\sqrt{3}}{3}. \quad (1 \text{分})$$

(2)设滑草车在  $AB$  段运动时的加速度大小为  $a_1$ ,在  $CD$  段运动时的加速度大小为  $a_2$ ,在  $BC$  段运动时的速度大小为  $v$ ,则有

$$mg \sin 60^\circ - \mu mg \cos 60^\circ = ma_1 \quad (1 \text{分})$$

$$\mu mg = ma_2 \quad (1 \text{分})$$

$$v^2 = \frac{2a_1 h}{\sin 60^\circ} \quad (1 \text{分})$$

$$v^2 = 2a_2 x \quad (1 \text{分})$$

$$\text{解得 } x = 5\sqrt{3} \text{ m}. \quad (1 \text{分})$$

(3)设滑草车在三段滑道上运动的时间分别为  $t_1、t_2、t_3$ ,则有

$$a_1 t_1 = v \quad (1 \text{分})$$

$$a_2 t_3 = v \quad (1 \text{分})$$

$$v t_2 \sin 30^\circ = h \quad (1 \text{分})$$

$$t = t_1 + t_2 + t_3 \quad (1 \text{分})$$

$$\text{解得 } t = \frac{4\sqrt{3} + 3}{2} \text{ s}. \quad (1 \text{分})$$

15.【解析】本题考查能量守恒定律的综合应用,目的是考查学生的创新能力。

(1)根据功能关系有

$$mgR > \frac{mg}{2}x \quad (2 \text{分})$$

$$\text{解得 } x < 2R. \quad (2 \text{分})$$

(2)小球经过  $B$  点时对轨道的压力最大,设小球经过  $B$  点时的速度大小为  $v_B$ ,经过  $B$  点时轨道对小球的支持力大小为  $F_N$ ,则有

$$mg \cdot 3R = \frac{1}{2}mv_B^2 \quad (1 \text{分})$$

$$F_N - mg = \frac{mv_B^2}{R} \quad (1 \text{分})$$

$$F_{\max} = F_N \quad (1 \text{分})$$

$$\text{解得 } F_{\max} = 7mg. \quad (2 \text{分})$$

(3)设小球到达  $E$  点时的速度大小为  $v_E$ ,离开  $E$  点后做平抛运动的时间为  $t$ , $F$  点到  $A$  点的水平距离为  $d$ ,则有

$$mgR - \frac{mg}{2}x = \frac{1}{2}mv_E^2 \quad (1 \text{分})$$

$$2R = \frac{1}{2}gt^2 \quad (1 \text{分})$$

$$d = 5R + x + v_E t \quad (1 \text{分})$$

$$\text{上式可变形为 } d = -(\sqrt{2R-x})^2 + 2\sqrt{R} \cdot \sqrt{2R-x} + 7R \quad (2 \text{分})$$

$$\text{当 } d \text{ 取最大值时有 } 2\sqrt{2R-x} = 2\sqrt{R} \quad (1 \text{分})$$

$$E_k = 3mgR - \frac{mg}{2}x \quad (1 \text{分})$$

$$\text{解得 } E_k = \frac{5mgR}{2}. \quad (1 \text{分})$$