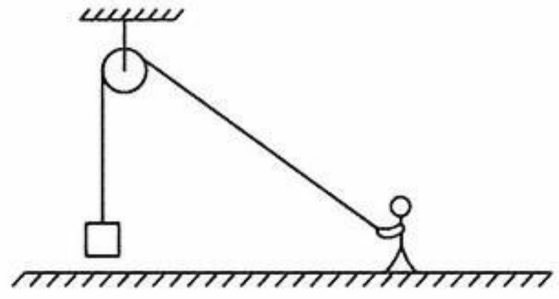
高 三 物 理

考生注意：

1. 本试卷分选择题和非选择题两部分。满分 100 分，考试时间 75 分钟。
2. 答题前，考生务必用直径 0.5 毫米黑色墨水签字笔将密封线内项目填写清楚。
3. 考生作答时，请将答案答在答题卡上。选择题每小题选出答案后，用 2B 铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑；非选择题请用直径 0.5 毫米黑色墨水签字笔在答题卡上各题的答题区域内作答，**超出答题区域书写的答案无效，在试题卷、草稿纸上作答无效。**
4. 本卷命题范围：第一章运动学，第二章相互作用，第三章牛顿运动定律，第四章曲线运动，第五章万有引力，第六章机械能，第七章动量，第八章机械振动和机械波。

一、单项选择题：本题共 4 小题，每小题 4 分，共 16 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. 某人用绕过定滑轮的绳子提升重物，若人拉绳的速度越来越快，人相对地面始终静止，则此过程中



A. 人对地面的压力可能不变

B. 人对地面的压力一定变小

C. 地面对人的摩擦力一定变大

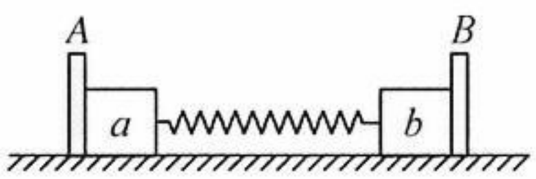
D. 地面对人的摩擦力一定变小

2. Gliese－12b 行星被称为距离地球最近的“类地球行星”，该行星半径与地球相当，质量约为地球的 4 倍. 已知地球的第一宇宙速度为 7.9 km/s，则在 Gliese－12b 行星上发射一颗卫星需要的最小发射速度约为

A. 3.95 km/s　　B. 7.9 km/s

C. 11.2 km/s　　D. 15.8 km/s

3. 如图所示，质量均为 m 的物块 a、b 用轻弹簧相连放在光滑水平面上，同时夹在 A、B 两个固定挡板之间，弹簧处于压缩状态，此时弹簧的弹性势能为 E_p，弹簧始终在弹性限度内. 现撤去挡板 A，从撤去挡板 A 至物块 b 离开挡板 B 的过程中，挡板 B 对物块 b 的冲量大小为



A. $2\sqrt{2mE_p}$　　B. $\sqrt{2mE_p}$

C. $\frac{1}{2}\sqrt{2mE_p}$　　D. 0

4. 将一个以电池为电源的蜂鸣器固定在长竹竿的一端，闭合开关后发出声音，甲同学用竹竿把蜂鸣器举起并在头顶快速转动，乙同学站在几米之外. 关于乙同学听到的声音，下列说法正确的是



A. 蜂鸣器在最近位置时声音的频率比在最远位置时的大

B. 蜂鸣器在最近位置时声音的频率比在最远位置时的小

C. 蜂鸣器由最近位置向最远位置运动声音的频率先减小后增大

D. 蜂鸣器由最远位置向最近位置运动声音的频率一直增大

二、双项选择题：本题共 4 小题，每小题 6 分，共 24 分. 每小题有两项符合题目要求，全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分.

5. 下列现象属于反冲现象的是

A. 汽车发动机提供的牵引力驱使汽车运动

B. 章鱼和乌贼靠喷水在海中游动

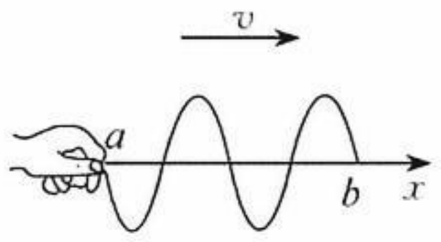
C. 充满气的气球松开通气口后喷气而飞

D. 安全气囊通过气体膨胀缓冲碰撞力

6. 一个小球在平衡位置 O 点附近做简谐运动，若从 O 点开始计时，经过 3 s 小球第一次经过 M 点，又经过 2 s 它第二次经过 M 点. 该小球做简谐运动的周期可能为

A. $\frac{16}{3}$ s　　B. $\frac{32}{3}$ s　　C. 16 s　　D. 24 s

7. 如图所示，手握绳 a 端在竖直方向做简谐运动，形成的一列简谐横波以速度 v 沿 x 轴正向传播，$t=0$ 时刻，在 x 轴上 a、b 间的简谐横波如图所示，从此时刻开始，b 点处质点经过 t_0 时间刚好第 3 次到达波峰，则下列说法正确的是



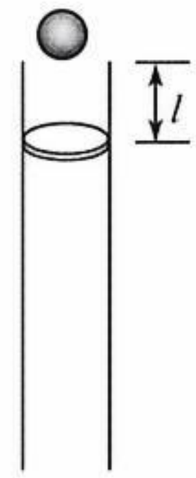
A. $t=0$ 时刻，绳端 a 正在向下振动

B. 绳端 a 的振动频率为 $\frac{9}{4t_0}$

C. 若将波的振动频率增大一倍，则波速也增大一倍

D. 若将波的振动频率增大一倍，则波长变为原来的一半

8. 如图所示，一根竖直固定的足够长直圆管内有一静止薄圆盘，圆盘到管的上端口距离为 $l=0.8$ m. 一个小球（看作质点）从管的上端口由静止下落，并撞在圆盘中心. 碰撞后，小球与圆盘速度大小均为碰撞前小球速度的一半，方向相反. 碰后圆盘在管中向下匀速滑动，小球在管内运动时与管壁不接触. 不计空气阻力和碰撞时间，重力加速度 g 取 10 m/s^2. 则



A. 第一次碰撞前小球的速度大小为 4 m/s

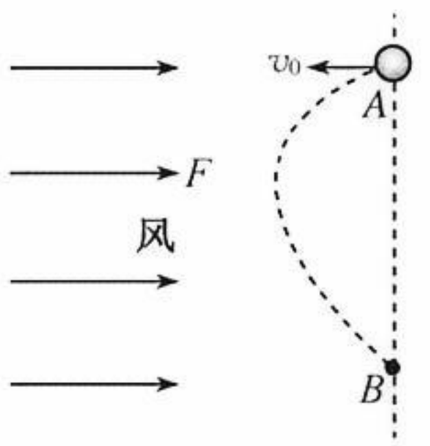
B. 第一次碰撞到第二次碰撞之间的时间为 0.6 s

C. 第二次碰撞前小球的速度大小为 10 m/s

D. 第一次碰撞到第二次碰撞之间，小球与圆盘间的最远距离为 0.8 m

三、非选择题：共 60 分，其中 9、10、11 题为填空题，12、13 题为实验题，14～16 题为计算题. 考生根据要求作答.

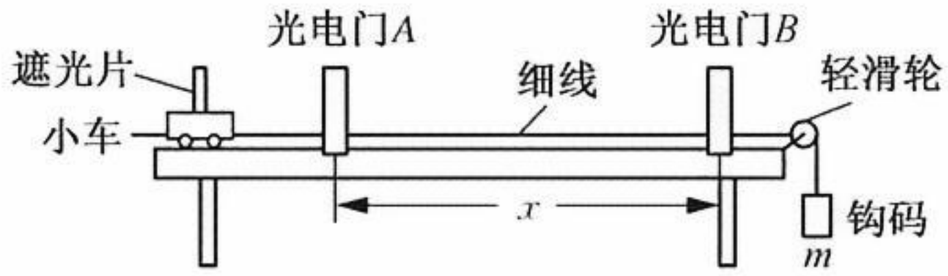
9.（3 分）如图所示，在水平向右的恒定风力场中，将一质量为 m 的小球（可视为质点）从 A 点以大小为 v_0 的初速度水平向左抛出，小球刚好经过 A 点正下方的 B 点. 已知 A、B 之间的距离为 h，重力加速度为 g，则小球从 A 到 B 的过程，运动的时间为 _____，向左运动的最大距离为 _____，所受水平风力的大小为 _____.



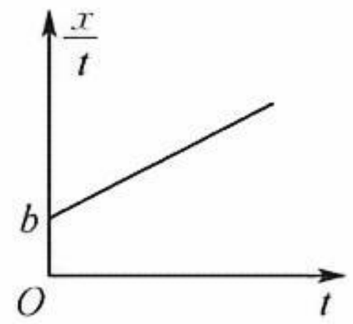
10.（3 分）地球表面赤道处的重力加速度为 g_1，两极处的重力加速度为 g_2，考虑到地球自转的影响. 则同一地点上空，距离地面越高，重力加速度 _____（填“越大”或“越小”），近地卫星的向心加速度大小为 _____，地球表面赤道上随地球自转的向心加速度大小为 _____.

11.（3 分）如图所示，质量为 $M=3$ kg 的四分之一光滑圆弧轨道静止在光滑水平面上，底端切线水平，质量为 $m=1$ kg 的小球以水平初速度 $v_0=4$ m/s 冲上轨道底端，恰好不离开圆弧轨道顶端，重力加速度 g 取 10 m/s^2. 则小球沿轨道运动过程中，小球对轨道 _____（填“一直做正功”“一直做负功”或“先做正功后做负功”），圆弧轨道的半径为 _____ cm，小球刚要脱离圆弧轨道时圆弧轨道对小球的支持力为 _____ N.

12.(5 分)实验小组用如图甲所示的装置测量小车加速度和“探究加速度与力、质量的关系”.



甲



乙

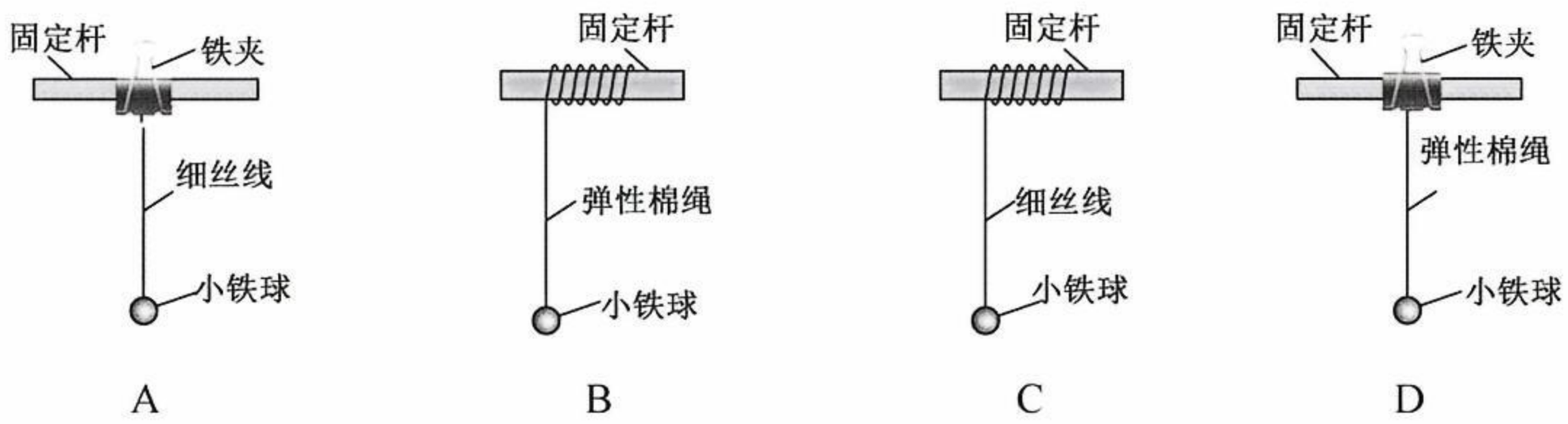
(1)平衡小车运动阻力;

(2)测出两个光电门间的距离为 x,由静止释放小车,测得遮光片从光电门 A 到 B 的时间为 t,保持光电门 A 的位置及小车释放的位置不变,改变光电门 B 的位置进行多次测量,测得多组 x 和 t 的数据,作出了 $\frac{x}{t}-t$ 图像如图乙所示,纵轴截距为 b,斜率为 k,则小车通过光电门 A 时的速度大小为_____,小车的加速度大小 a 为_____;

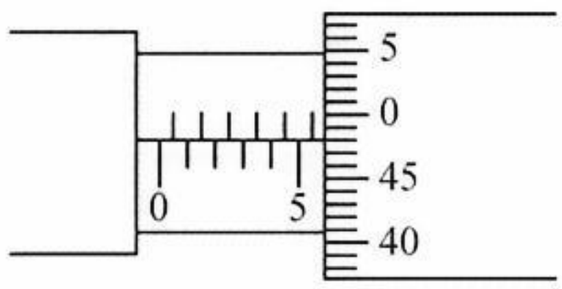
(3) 使钩码的质量远小于小车的质量,保持钩码质量 m 不变,改变小车(含遮光片)质量 M,可以探究小车加速度 a 与质量 M 的关系,将钩码重力 mg 代替细线拉力 F,由此引起的相对误差 δ 表示为 $\delta=\frac{mg-F}{F}\times100\%$,则 δ 随 M 变化的关系式为 $\delta=$_____$\times100\%$.

13.(7 分)某小组用单摆测量当地重力加速度.

(1)关于单摆装置,下列最合理的是_____.



(2)用螺旋测微器测小球的直径,示数如图所示,则小球直径 $d=$_____mm.



(3)实验中测量单摆的周期时,为减小误差,并未直接测量单摆 1 次全振动的时间,而是将单摆从平衡位置拉开一个角度(不超过 5°),然后释放小球,记下单摆做 N(不低于 30)次全振动的总时间 $t_{总}$,算出平均每做一次全振动的时间,即为单摆的振动周期 T.

(4)实验过程中，多次改变摆长 L，分别记为 L_1、L_2、$L_3\cdots L_n$，测得相应的周期分别为 T_1、T_2、$T_3\cdots T_n$.

为减小误差，下列数据处理方法可行的是_____.

A. 根据 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$，分别求得 g_1、$g_2\cdots g_n$，然后求平均 $\bar{g}=\frac{g_1+g_2+\cdots+g_n}{n}$

B. 根据 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$，先分别求得 $\bar{L}=\frac{L_1+L_2+\cdots+L_n}{n}$ 以及 $\bar{T}=\frac{T_1+T_2+\cdots+T_n}{n}$，然后求得 $\bar{g}=\frac{4\pi^2\bar{L}}{\bar{T}^2}$

C. 以测量的 L 为横坐标、以相应的 T 为纵坐标作图像，根据 $T-L$ 图像斜率求 g

D. 以测量的 L 求得 $\sqrt{L}$ 为横坐标、以相应的 T 为纵坐标作图像，根据 $T-\sqrt{L}$ 图像斜率求 g

(5)若某次测得的重力加速度数值大于当地的重力加速度，造成这一情况可能的原因是_____.

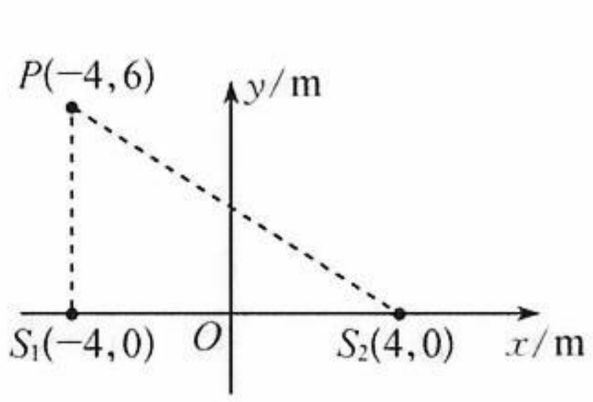
A. 开始摆动时振幅较小

B. 测量周期时，误将摆球 59 次全振动的时间记为 60 次

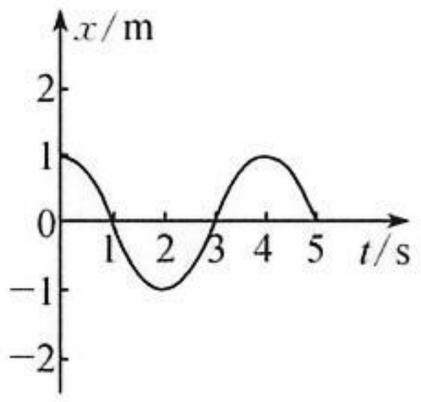
C. 开始计时时，过早按下停表

D. 测量摆长时，以悬点到小球上端边缘的距离为摆长

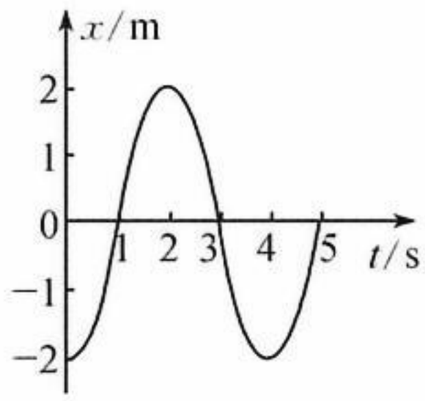
14.(11 分)如图甲所示，在均匀介质中，$S_1(-4,0)$和 $S_2(4,0)$为两个波源，两波源的振动方向与纸面垂直，所形成的机械波在纸面内传播，传播速度均为 2 m/s. 如图乙所示是 S_1的振动图像，如图丙所示是 S_2的振动图像. 介质中某质点 P 的平衡位置坐标为$(-4,6)$，$t=0$ 时刻，S_1、S_2 两波源同时开始振动，求 0～10 s 内，质点 P 通过的路程.



甲



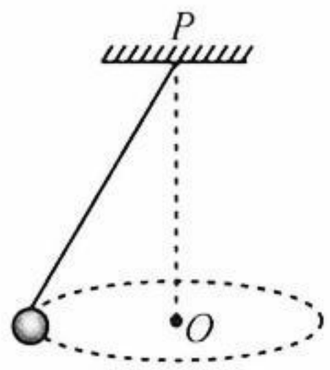
乙



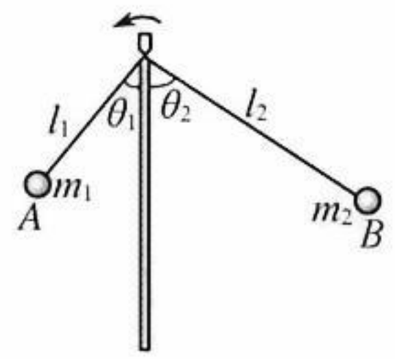
丙

15.（12 分）圆锥摆是一种常见的圆周运动模型：

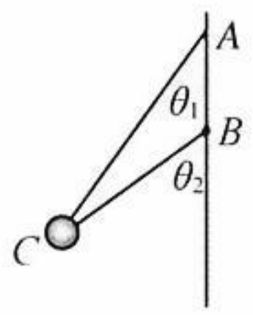
（1）如图甲所示，质量为 m 的小球用细线悬于 P 点，使小球在水平面内做匀速圆周运动，重力加速度为 g. 已知轨迹圆的圆心 O 到悬点 P 的距离为 h，绳长为 l，求小球做匀速圆周运动的角速度 ω 的大小.



甲



乙



丙

（2）将一根不可伸长的轻绳穿过竖直杆上的光滑圆孔，轻绳两端连接质量分别为 m_1、m_2 的小球 A、B，旋转直杆使两球在水平面内做匀速圆周运动，如图乙所示，稳定时，轻绳和杆始终共面，连接 A、B 的轻绳与杆的夹角分别为 $\theta_1=37°$、$\theta_2=53°$，求 A、B 间轻绳长度之比 $\frac{l_1}{l_2}$ 及小球 A、B 的质量之比 $\frac{m_1}{m_2}$.

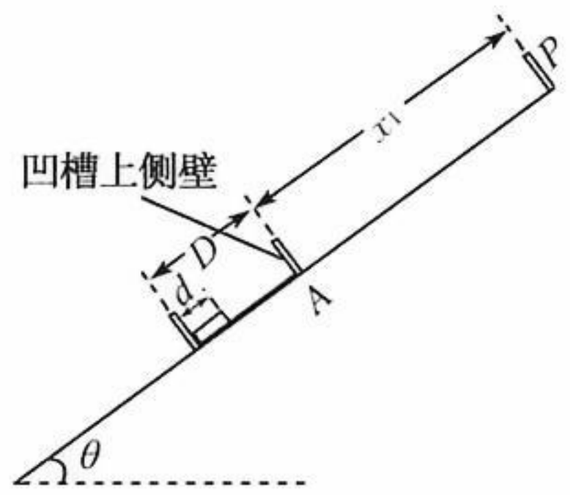
（3）如图丙所示，质量为 m 的小球用轻绳 AC 和轻杆 BC 一起连接在竖直杆上，轻绳 AC 长为 l，两绳拉直时与竖直轴的夹角分别为 θ_1 和 θ_2. 小球在水平面内做匀速圆周运动时，若两绳中始终有张力，求小球的角速度的取值范围.

16.（16 分）如图所示，质量为 M 的薄壁凹槽放在倾角 $\theta=30°$ 的足够长的光滑斜面上，凹槽底面光滑；斜面顶端垂直固定弹性挡板 P，斜面上 A 点与挡板 P 的距离 $x_1=3.5$ m；质量为 m 的长方体小物块放置于凹槽内且与凹槽下侧壁接触，凹槽上、下两侧壁之间的距离 $D=0.5$ m，长方体小物块的长 $d=0.1$ m. 初始时凹槽上侧壁与 A 点平齐，现使凹槽和小物块一起以 $v_0=6$ m/s 的初速度沿斜面向上运动，所有的碰撞均为弹性碰撞，碰撞时间极短，重力加速度 g 取 $10\ \text{m/s}^2$，不计空气阻力. 已知小物块与凹槽壁第 8 次碰撞前瞬间凹槽的速度大小为 6 m/s，求：

（1）从凹槽上侧壁与 P 碰撞后到小物块与凹槽壁发生第 1 次碰撞前所经历的时间；

（2）从凹槽上侧壁与 P 碰撞后到小物块与凹槽壁发生第 8 次碰撞前所经历的时间；

（3）小物块的质量 m 与凹槽的质量 M 之比.



高三物理参考答案、提示及评分细则

1. A　若人拉绳使重物匀加速上升，则绳的拉力恒定，人对地面的压力不变，地面对人的摩擦力不变，选项 A 正确.

2. D　最小发射速度即为近地环绕速度，由 $G\frac{Mm}{R^2}=m\frac{v^2}{R}$，解得 $v=\sqrt{\frac{GM}{R}}$，则在 Gliese－12b 行星上发射一颗卫星需要的最小发射速度约为 $v=2\times7.9\ \text{km/s}=15.8\ \text{km/s}$，选项 D 正确.

3. B　撤去挡板 A 至 b 要离开挡板 B 时，根据机械能守恒定律，可知物块 a 的动能 $E_k=E_p$，此过程物块 a 的动量增加量 $\Delta p=\sqrt{2mE_p}$，对 a、b 系统由动量定理可知，挡板 B 对物块 b 的冲量大小 $I=\Delta p=\sqrt{2mE_p}$，选项 B 正确.

4. C　蜂鸣器在最近位置和在最远位置时，与乙同学连线方向相对速度为零，声音的频率均等于蜂鸣器静止时听到声音的频率，即蜂鸣器在最近位置时声音的频率和在最远位置时的一样大，选项 A、B 错误；蜂鸣器由最近位置向最远位置运动，与乙同学连线方向相对速度先增大后减小，故听到声音的频率先减小后增大，选项 C 正确；蜂鸣器由最远位置向最近位置运动，与乙同学连线方向相对速度先增大后减小，故听到声音的频率先增大后减小，选项 D 错误.

5. BC　反冲现象是指一个静止或运动的物体，在内力的作用下，将一部分物质高速向某一方向抛出时，物体剩余部分向相反方向运动的现象，选项 B、C 正确.

6. AC　依题意，可能有 $\frac{T}{4}=3\ \text{s}+\frac{1}{2}\cdot2\ \text{s}$，解得 $T=16\ \text{s}$，也可能有 $\frac{T}{4}=3\ \text{s}-\frac{T}{2}+\frac{1}{2}\cdot2\ \text{s}$，解得 $T=\frac{16}{3}\ \text{s}$，选项 A、C 正确.

7. BD　根据振动和波动的关系可知，$t=0$ 时刻，绳端 a 正在向上振动，选项 A 错误；$t=0$ 时 b 点处质点正在平衡位置向上运动，经过 t_0 时间刚好第 3 次到达波峰，有 $\frac{9}{4}T=t_0$，则 $f=\frac{1}{T}=\frac{9}{4t_0}$，选项 B 正确；波速与频率无关，选项 C 错误；在波速一定的情况下，由 $v=\lambda f$ 可知，频率增大为一倍，波长变为原来的一半，选项 D 正确.

8. AD　设第一次碰撞前小球的速度大小为 v，由自由落体运动公式可得 $v^2=2gl$，解得 $v=\sqrt{2gl}=\sqrt{2\times10\times0.8}\ \text{m/s}=4\ \text{m/s}$，选项 A 正确；设小球与圆盘第一次碰撞与第二次碰撞的时间间隔为 t，此过程中小球与圆盘的位移相同，已知碰后瞬间小球与圆盘速度大小均为碰撞前瞬间小球速度大小的一半，小球的速度方向相反，取向下为正，对圆盘有 $x=\frac{v}{2}t$，对小球有 $x=-\frac{v}{2}t+\frac{1}{2}gt^2$，联立解得 $t=0.8\ \text{s}$，选项 B 错误；根据匀变速直线运动速度公式得，第二次碰撞前小球的速度大小为 $v_2=-\frac{v}{2}+gt=6\ \text{m/s}$，选项 C 错误；小球与圆盘第二次碰撞前，当小球与圆盘速度相等时两者距离最远，设第一次碰撞后，经 t_1 时间两者速度相等，则有 $-\frac{1}{2}v+gt_1=\frac{1}{2}v$，解得 $t=0.4\ \text{s}$，则小球与圆盘间的最远距离为 $\Delta x=\frac{1}{2}vt_1-\left(-\frac{1}{2}vt_1+\frac{1}{2}gt_1^2\right)=0.8\ \text{m}$，选项 D 正确.

9. $\sqrt{\frac{2h}{g}}$（1 分）　$\frac{v_0}{4}\sqrt{\frac{2h}{g}}$（1 分）　$mv_0\sqrt{\frac{2g}{h}}$（1 分）

解析：小球竖直方向做自由落体运动，于是有 $h=\frac{1}{2}gt^2$，解得 $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$；小球向左运动的最大距离为 $s_{xm}=\frac{v_0}{2}\cdot\frac{t}{2}=$

$\frac{v_0}{4}\sqrt{\frac{2h}{g}}$；小球所受水平风力的大小为 $F=ma_x=m\cdot\frac{v_0}{\frac{t}{2}}=mv_0\sqrt{\frac{2g}{h}}$.

10. 越小(1 分)　g_2(1 分)　g_2-g_1(1 分)

解析：同一地点上空，距离地面高度为 h 处，重力加速度近似满足 $g'=\frac{GM}{(R+h)^2}$，h 越大 g' 越小；根据万有引力提供向心力可知，近地卫星的向心加速度大小为 g_2；对地球赤道上的物体有 $G\frac{Mm}{R^2}=ma+mg_1$，而 $G\frac{Mm}{R^2}=mg_2$，则 $a=g_2-g_1$.

11. 一直做正功(1 分)　60(1 分)　$\frac{110}{3}$(1 分)

解析：小球从开始滑上轨道到最后从底端滑出的过程中，滑块一直向右运动，小球对轨道的作用力方向与轨道位移的夹角一直为锐角，可知小球对轨道一直做正功；从小球开始滑上轨道到达顶端过程，由动量守恒和能量关系可知 $mv_0=(m+M)v$，$\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}(m+M)v^2+mgR$，解得半径为 $R=60$ cm；当小球滑回到底端时由动量守恒和能量关系可知 $mv_0=mv_1+Mv_2$，$\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}Mv_2^2$，解得 $v_1=-2$ m/s，$v_2=2$ m/s，小球刚要脱离圆弧轨道时，有 $F_N-mg=m\frac{(|v_1|+v_2)^2}{R}$，联立解得 $F_N=\frac{110}{3}$ N.

12. (2)b(2 分)　$2k$(2 分)　(3)$\frac{m}{M}$(1 分)

解析：(2) 根据题意结合小车的运动可知 $x=v_At+\frac{1}{2}at^2$，故有 $\frac{x}{t}=v_A+\frac{1}{2}at$，结合图像可知，$v_A=b$，$\frac{1}{2}a=k$，则 $a=2k$；

(3) 对小车分析可得 $F=Ma$，对钩码分析可得 $mg-F=ma$，又 $\delta=\frac{mg-F}{F}\times100\%$，故 $\delta=\frac{ma}{Ma}\times100\%=\frac{m}{M}\times100\%$.

13. (1)A(1 分)　(2)5.980(5.978～5.982 均可，2 分)　(4)AD(2 分)　(5)B(2 分)

解析：(1)单摆的摆线要用不可伸长的细丝线；摆球用体积小质量较大的小铁球；上端用铁夹固定，防止单摆摆动时摆长发生变化. 故选 A.

(2)小球的直径 $d=5.5$ mm$+0.01\times48.0$ mm$=5.980$ mm.

(4)根据 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$，可得 $g=\frac{4\pi^2L}{T^2}$，每组摆长 L 和周期 T 分别计算 g，再对所有 g 取平均值，是多次测量取平均减小偶然误差的常规方法，做法可行，选项 A 正确；$g=\frac{4\pi^2L}{T^2}$ 与 L、T^2 成非线性关系，故 $\frac{4\pi^2\overline{L}}{\overline{T^2}}\neq\overline{\left(\frac{4\pi^2L}{T^2}\right)}$，先对 L、T 取平均再计算 g，结果不是正确的平均值，选项 B 错误；根据单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 变形得 $T=\frac{2\pi}{\sqrt{g}}\cdot\sqrt{L}$，可知 T 与 $\sqrt{L}$ 成线性关系. 若以 L 为横坐标、T 为纵坐标，得到的是曲线，无法通过斜率计算 g；以 $\sqrt{L}$ 为横坐标、T 为纵坐标，得到过原点的直线，斜率 $k=\frac{2\pi}{\sqrt{g}}$，可通过斜率求出 g，选项 C 错误，D 正确.

(5)振幅越小，单摆的振动越接近简谐运动，故振幅较小不会对重力加速度的测量造成系统误差，选项 A 错误；测量周期时，误将摆球 59 次全振动的时间记为 60 次，根据 $T=\frac{t}{n}$ 可知，周期的测量值偏小，根据 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$，得 $g=\frac{4\pi^2L}{T^2}$，

故重力加速度的测量值偏大，选项 B 正确；开始计时时，过早按下停表，会导致周期的测量值偏大，根据 $g=\frac{4\pi^2 L}{T^2}$ 可知，重力加速度的测量值偏小，选项 C 错误；测量摆长时，以悬点到小球上端边缘的距离为摆长，会导致摆长的测量值偏小，根据 $g=\frac{4\pi^2 L}{T^2}$ 可知，重力加速度的测量值偏小，选项 D 错误.

14. 解：S_1、S_2 的振动周期为 $T=4\ \mathrm{s}$ （1 分）

则波长为 $\lambda=vT=8\ \mathrm{m}$ （1 分）

S_1 传播至 P 点的时间为 $t_1=\frac{S_1P}{v}=\frac{6}{2}\ \mathrm{s}=3\ \mathrm{s}$ （1 分）

S_2 传播至 P 点的时间为 $t_2=\frac{S_2P}{v}=\frac{\sqrt{8^2+6^2}}{2}\ \mathrm{s}=5\ \mathrm{s}$ （1 分）

P 点与 S_1、S_2 的距离差为 $\Delta s=S_2P-S_1P=4\ \mathrm{m}=\frac{\lambda}{2}$，故 P 点为振动加强点 （2 分）

在 0～3 s 内 P 点不动，3～5 s 内 P 点振动了 $\frac{T}{2}$，运动的路程为

$s_1=2A_1=2\ \mathrm{m}$ （1 分）

在 5～10 s 内 P 点振动了 $\frac{5T}{4}$，运动的路程为

$s_2=\frac{5}{4}\times 4(A_1+A_2)=15\ \mathrm{m}$ （2 分）

则 0～10 s 内，质点 P 通过的路程为

$s=s_1+s_2=17\ \mathrm{m}$ （2 分）

15. 解：(1)根据牛顿第二定律得 $mg\tan\theta=m\omega^2 h\tan\theta$ （2 分）

解得 $\omega=\sqrt{\frac{g}{h}}$ （1 分）

(2)小球 A、B 做圆周运动的角速度相等，由第(1)问的结论可知

$l_1\cos\theta_1=l_2\cos\theta_2$ （1 分）

解得 $\frac{l_1}{l_2}=\frac{3}{4}$ （1 分）

竖直方向有 $F\cos\theta_1=m_1g$，$F\cos\theta_2=m_2g$ （1 分）

解得 $\frac{m_1}{m_2}=\frac{4}{3}$ （1 分）

(3)当 AC 绳绷紧，BC 绳恰好伸直但无张力时，由牛顿第二定律得

$mg\tan\theta_1=m\omega_1^2 r$ （1 分）

又 $r=l\sin\theta_1$ （1 分）

解得 $\omega_1=\sqrt{\frac{g}{l\cos\theta_1}}$ （1 分）

当 BC 绳绷紧，AC 绳恰好伸直无张力时，由牛顿第二定律得

$mg\tan\theta_2 = m\omega_2{}^2 r$，解得 $\omega_2 = \sqrt{\dfrac{g\tan\theta_2}{l\sin\theta_1}}$ （1 分）

综上所述，当 $\sqrt{\dfrac{g}{l\cos\theta_1}} < \omega < \sqrt{\dfrac{g\tan\theta_2}{l\sin\theta_1}}$ 时，两绳始终有张力 （1 分）

16. 解：(1)凹槽和小物块一起做匀减速直线运动，加速度大小 $a = g\sin\theta$ （1 分）

设与挡板 P 碰撞前末速度大小设为 v，根据速度位移关系式得

$v_0{}^2 - v^2 = 2ax_1$ （1 分）

解得 $v = 1\ \mathrm{m/s}$ （1 分）

凹槽与挡板 P 发生弹性碰撞后以原速率反弹，然后沿斜面向下做匀加速直线运动，小物块继续上升，从凹槽上侧壁与 P 碰撞后到小物块与凹槽壁发生第 1 次碰撞，小物块与凹槽的位移大小之和为 $D-d$，则

$v\Delta t + \dfrac{1}{2}a(\Delta t)^2 + \left[v\Delta t - \dfrac{1}{2}a(\Delta t)^2\right] = D - d$ （1 分）

解得 $\Delta t = 0.2\ \mathrm{s}$ （1 分）

(2)设凹槽与小物块发生第 1 次碰撞前速度分别为 v_{10}、u_{10}，以平行斜面向下为正方向，则

$v_{10} = v + a\Delta t = 2\ \mathrm{m/s}$，$u_{10} = -v + a\Delta t = 0$ （1 分）

小物块与凹槽发生弹性碰撞，设碰后速度分别为 v_{11}、u_{11}，由动量守恒定律得

$Mv_{10} + mu_{10} = Mv_{11} + mu_{11}$ （1 分）

碰撞前后系统动能相等，则

$\dfrac{1}{2}Mv_{10}^2 + \dfrac{1}{2}mu_{10}^2 = \dfrac{1}{2}Mv_{11}^2 + \dfrac{1}{2}mu_{11}^2$ （1 分）

联立解得碰后相对速度与碰前相对速度相等，即

$\Delta v = u_{11} - v_{11} = v_{10} - u_{10} = 2\ \mathrm{m/s}$ （1 分）

由此可知相邻两次碰撞时间均为 $\Delta t = \dfrac{D-d}{\Delta v} = 0.2\ \mathrm{s}$ （1 分）

且每次碰撞前后速度差均为 $\Delta v = 2\ \mathrm{m/s}$ （1 分）

从凹槽上侧壁与 P 碰撞后到小物块与凹槽壁第 8 次碰撞前经历的时间

$t_1 = 8\Delta t = 1.6\ \mathrm{s}$ （1 分）

(3)设凹槽与小物块发生第 8 次碰撞前速度分别为 v_{80}、u_{80}，则

$u_{80} - v_{80} = 2\ \mathrm{m/s}$ （1 分）

由题可知 $v_{80} = 6\ \mathrm{m/s}$，则 $u_{80} = 8\ \mathrm{m/s}$ （1 分）

从凹槽上侧壁与 P 碰撞后到小物块与凹槽壁第 8 次碰撞前的过程中，对凹槽与小物块系统由动量定理得

$(M+m)g\sin\theta \cdot t_1 = M(v_{80} - v) + m(u_{80} + v)$ （1 分）

解得 $m = 3M$，即小物块的质量 m 与凹槽的质量 M 之比为 3∶1 （1 分）