

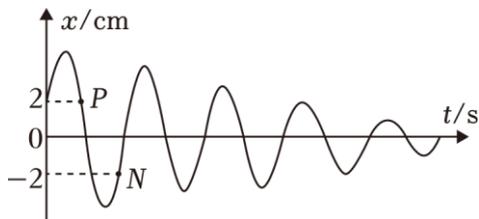
## 2023-2024 学年江苏省四校联考高二（上）开学物理试卷

### 一、单选题（11\*4=41 分）

1.（4 分）质量为  $m$  的质点以速度  $v$  绕半径  $R$  的圆周轨道做匀速圆周运动，在半个周期内动量的改变量大小为（ ）

- A. 0  
B.  $mv$   
C.  $2mv$   
D. 条件不足，无法确定

2.（4 分）如图是单摆做阻尼振动的位移 - 时间图象，下列说法正确的是（ ）

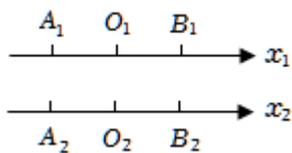


- A. 阻尼振动是一种受迫振动  
B. 摆球在 P 与 N 时刻的势能相等  
C. 摆球在 P 与 N 时刻的动能相等  
D. 摆球在 P 与 N 时刻的机械能相等

3.（4 分）两个质量相等的小球 P 和 Q 位于同一高度，它们以相同大小的速度分别抛出，P 做平抛运动，Q 做竖直下抛运动，则（ ）

- A. P 落地时的动量大小小于 Q 落地时的动量大小  
B. P 落地时的动量大小大于 Q 落地时的动量大小  
C. 在各自从抛出到落地时间内，P 所受重力冲量的大小比 Q 的大  
D. 在各自从抛出到落地时间内，P 所受重力冲量的大小比 Q 的小

4.（4 分）如图所示，甲质点在  $x_1$  轴上做简谐运动， $O_1$  为其平衡位置， $A_1$ 、 $B_1$  为其所能达到的最远处。乙质点沿  $x_2$  轴从  $A_2$  点开始做初速度为零的匀加速直线运动。已知  $A_1O_1 = A_2O_2$ ，甲、乙两质点分别经过  $O_1$ 、 $O_2$  时速率相等，设甲质点从  $A_1$  运动到  $O_1$  的时间为  $t_1$ ，乙质点从  $A_2$  运动到  $O_2$  的时间为  $t_2$ ，则（ ）



- A.  $t_1 = t_2$   
B.  $t_1 > t_2$   
C.  $t_1 < t_2$   
D. 无法比较  $t_1$ 、 $t_2$

5.（4 分）如图所示，我国“嫦娥五号”探测器成功着陆在月球表面。在着陆过程中，探测器移动到着陆

点正上方之后开始竖直下降，到距离月球表面较近时关闭发动机，然后利用“着陆腿”的缓冲实现软着陆。从“着陆腿”触地到探测器速度减为0的过程中，“着陆腿”有利于减小（ ）



- A. 探测器的动能变化量
- B. 探测器的动量变化量
- C. 月球表面对探测器的冲量
- D. 月球表面对探测器的平均撞击力

6. (4分) 如图所示，在光滑的水平面上，一个人站在平板车上用锤子连续敲打小车。初始时，人、车、锤都静止。下列说法正确的是（ ）



- A. 在连续敲打的过程中，小车始终保持静止
- B. 人、车和锤组成的系统机械能守恒
- C. 人、车和锤组成的系统动量守恒
- D. 若地面足够粗糙，连续敲打可使小车向右运动

7. (4分) “洗”是古代盥洗用的脸盆，多用青铜铸成。清水倒入其中，用手慢慢摩擦盆耳，到一定节奏时盆就会发出强烈嗡嗡声，同时还会溅起层层水花。下列描述正确的是（ ）



- A. 嗡嗡声是因为水撞击盆
- B. 摩擦的节奏越快，越能溅起水花

C. 摩擦的节奏越慢，越能溅起水花

D. 能溅起水花的摩擦节奏与盆有关

8. (4分) 一质点沿水平方向的振动方程为  $x=10\sin(5\pi t+\pi)$  cm，取水平向右为位移的正方向，则在  $t=0.25$ s 时，下列说法正确的是 ( )

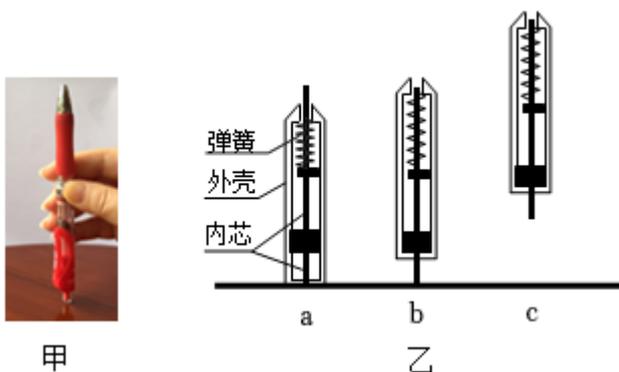
A. 质点在平衡位置的右方，水平向左运动

B. 质点在平衡位置的右方，水平向右运动

C. 质点在平衡位置的左方，水平向右运动

D. 质点在平衡位置的左方，水平向左运动

9. (4分) 如图甲所示的按压式圆珠笔，其结构由外壳、内芯和轻质弹簧三部分组成。某同学把笔竖直倒立于水平桌面上，用力下压外壳，然后释放，圆珠笔将向上弹起，其过程可简化为三个阶段，如图乙所示，圆珠笔外壳先竖直向上运动，然后与内芯发生碰撞，碰后内芯与外壳以共同的速度一起向上运动到最大高度处。已知外壳与静止的内芯碰撞时弹簧恰好恢复原长，碰撞时间极短；不计摩擦和空气阻力，则从释放外壳起到圆珠笔向上运动到最高点的过程中，下列判断正确的是 ( )



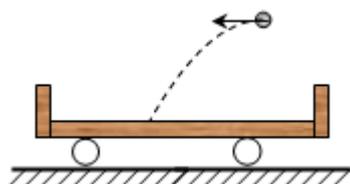
A. 外壳与内芯碰撞前，外壳一直加速上升

B. 外壳与内芯碰撞前，桌面对圆珠笔做正功

C. 圆珠笔的机械能守恒

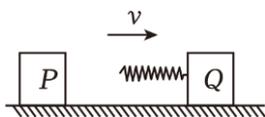
D. 弹簧弹性势能的减少量大于圆珠笔重力势能的增加量

10. (4分) 如图所示，质量为 0.5kg 的小球在距离车底面高 20m 处以一定的初速度向左平抛，落在以 7.5m/s 速度沿光滑水平面向右匀速行驶的敞篷小车中，车底涂有一层油泥，车与油泥的总质量为 4kg，设小球在落到车底前瞬间速度是 25m/s，则当小球与小车相对静止时，小车的速度是 ( )



- A. 5m/s                      B. 4m/s                      C. 8.5m/s                      D. 9.5m/s

11. (4分) 如图位于光滑水平桌面，质量相等的小滑块 P 和 Q 都可以视作质点，Q 与轻质弹簧相连，设 Q 静止，P 以某一初动能  $E_0$  水平向 Q 运动并与弹簧发生相互作用，若整个作用过程中无机械能损失，用  $E_1$  表示弹簧具有的最大弹性势能，用  $E_2$  表示 Q 具有的最大动能，则 ( )



- A.  $E_1 = \frac{E_0}{2}$ ,  $E_2 = E_0$                       B.  $E_1 = E_0$ ,  $E_2 = \frac{E_0}{2}$   
 C.  $E_1 = \frac{E_0}{2}$ ,  $E_2 = \frac{E_0}{2}$                       D.  $E_1 = \frac{E_0}{4}$ ,  $E_2 = E_0$

二、实验题 (6\*2=12分)

12. (12分) 实验小组的同学们用如图 1 所示的装置做“用单摆测定重力加速度”的实验。

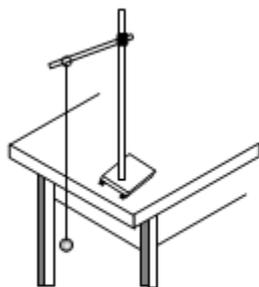


图 1

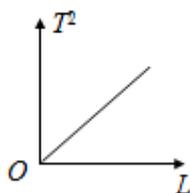


图 2

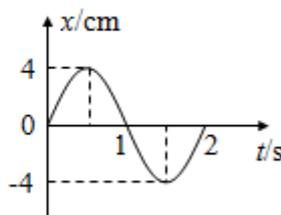


图 3

(1) 用  $L$  表示单摆的摆长，用  $T$  表示单摆的周期，则重力加速度  $g = \underline{\hspace{2cm}}$ . (用  $L$ 、 $T$  表示)

(2) 在这个实验中，应该选用下列哪两组材料构成单摆？            (选填选项前的字母).

- A. 长约 1m 的细线  
 B. 长约 1m 的橡皮绳  
 C. 直径约 1cm 的均匀铁球  
 D. 直径约 1cm 的塑料球

(3) 将单摆正确悬挂后进行如下操作，其中正确的是            (选填选项前的字母).

- A. 测出摆线长作为单摆的摆长  
 B. 把单摆从平衡位置拉开一个很小的角度释放，使之在竖直平面内做简谐运动  
 C. 在摆球经过平衡位置时开始计时  
 D. 用秒表测量单摆完成 1 次全振动所用时间并作为单摆的周期

(4) 甲同学多次改变单摆的摆长并测得相应的周期，他根据测量数据做出了如图 2 所示的图象，横坐

标为摆长,纵坐标为周期的平方.若图线斜率为  $k$ ,则当地的重力加速度  $g = \underline{\hspace{2cm}}$  (用  $k$  表示).

(5) 乙同学测得的重力加速度数值大于当地的重力加速度的实际值,造成这一情况的原因可能是 (选填选项前的字母).

- A. 开始摆动时振幅较小
- B. 开始计时时,过早按下秒表
- C. 测量周期时,误将摆球  $(n - 1)$  次全振动的时间记为  $n$  次全振动的时间

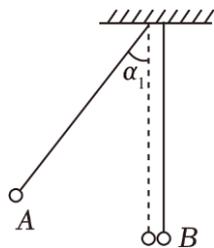
(6) 丙同学做出了单摆做简谐运动时的振动图象如图 3 所示,则摆线偏离竖直方向的最大摆角的正弦值约为  $\underline{\hspace{2cm}}$  (结果保留一位有效数字).

### 三、解答题 (10+10+12+12)

13. (10 分) 某学习小组利用如图所示装置验证弹性碰撞中的动量守恒.其主要的实验步骤如下:

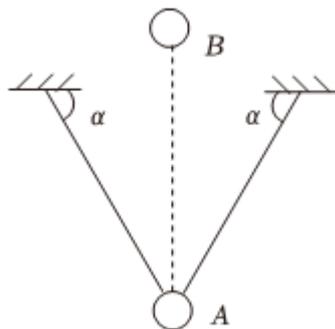
选择大小相等、可视为质点的两个小钢球 A、B, (其中 B 的质量为  $m$ ) 将其分别用轻绳 (长度为  $l$ ) 悬挂,静止时两球相切,球心等高,两绳恰好平行.将 A 球向左拉起,使轻绳与竖直方向的夹角为  $\alpha_1$ ,并将 A 球由静止释放,两球在最低点发生正碰.测量碰后 A 球反弹到最大高度时轻绳与竖直方向的夹角  $\alpha_2$ ,碰后 B 球的轻绳与竖直方向的最大夹角  $\alpha_3$ .求:

- (1) 碰前  $v_A$ ;
- (2) 钢球 A 的质量  $m_A$ .



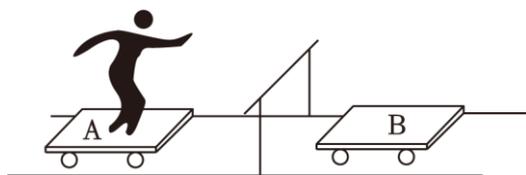
14. (10 分) 如图所示,用两根长度都为  $L$  的细绳悬挂一个小球 A、绳与水平方向的夹角为  $\alpha$ ,使球 A 垂直于纸面做摆角小于  $5^\circ$  的摆动,当它经过平衡位置的瞬间,另一小球 B 从 A 球的正上方自由下落,此后 A 球第 3 次经过最低点时 B 球恰击中 A 球.求:

- (1) A 球的周期  $T$ ;
- (2) B 球下落的高度  $h$ .



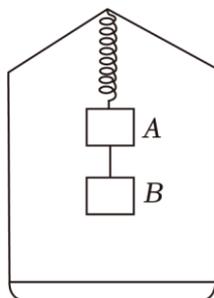
15. (12分) 如图所示，人站在滑板 A 上，以  $v_0=3\text{m/s}$  的速度沿光滑水平面向右运动。当靠近前方的横杆时，人相对滑板竖直向上起跳越过横杆，A 从横杆下方通过，与静止的滑板 B 发生碰撞并粘在一起，之后人落到 B 上，与滑板一起运动。已知人、滑板 A 和滑板 B 的质量分别为  $m_{\text{人}}=70\text{kg}$ 、 $m_A=10\text{kg}$  和  $m_B=20\text{kg}$ ，求：

- ① A、B 碰撞过程中，A 对 B 的冲量的大小和方向；
- ② 人最终与滑板的共同速度的大小。



16. (12分) 如图所示，一个轻质弹簧一端悬于电梯上，另一端挂着用轻绳连接在一起的两物体 A 和 B，弹簧劲度系数为  $k$ ， $m_A=m_B=m$ ，电梯以加速度  $a$  向上加速运动，突然电梯停止，在电梯停止瞬间轻绳断裂，之后物体 A 做简谐运动，运动过程中弹簧未超过弹性限度，已知从绳子断裂到物体首次运动到最高点所用时间是  $t_0$ 。

- (1) 从绳子断裂到物体运动到最高点过程中，弹簧长度改变了多少？
- (2) 取物体 A 做简谐运动的平衡位置为坐标原点，向下为正方向，建立  $x$  坐标轴，从绳子断裂开始计时，写出物体 A 做简谐运动位移与时间的函数表达式。



## 2023-2024 学年江苏省四校联考高二（上）开学物理试卷

### 参考答案与试题解析

#### 一、单选题（11\*4=41 分）

1.（4 分）质量为  $m$  的质点以速度  $v$  绕半径  $R$  的圆周轨道做匀速圆周运动，在半个周期内动量的改变量大小为（ ）

- A. 0  
B.  $mv$   
C.  $2mv$   
D. 条件不足，无法确定

**【答案】** C

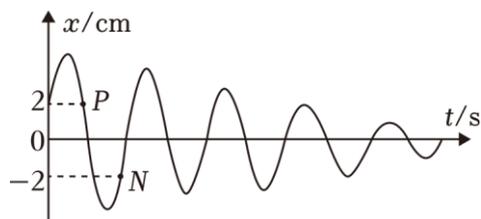
**【分析】** 质点运动半个周期，正好速度与初始速度大小相等方向相反，求出速度的变化量，根据动量定义求出动量的该变量。

**【解答】** 解：质点转动半个周期，设末速度为正方向，则速度变化量为： $\Delta v = v - (-v) = 2v$   
则动量的变化量为： $\Delta P = \Delta v \cdot m = 2v \cdot m = 2mv$

故 ABD 错误，C 正确；

故选：C。

2.（4 分）如图是单摆做阻尼振动的位移 - 时间图象，下列说法正确的是（ ）



- A. 阻尼振动是一种受迫振动  
B. 摆球在 P 与 N 时刻的势能相等  
C. 摆球在 P 与 N 时刻的动能相等  
D. 摆球在 P 与 N 时刻的机械能相等

**【答案】** B

**【分析】** 位移相等即单摆所处高度相等，则重力势能相同，由于阻力影响，单摆要克服阻力做功，在运动过程中机械能一直减小。

**【解答】** 解：A、阻尼振动是由于受到阻力而做的运动，受迫振动是由于受到驱动力而做的运动，故 A 错误；

BCD、由于单摆在运动过程中要克服阻力做功，振幅逐渐减小，摆球的机械能逐渐减少，所以摆球在 P 点所对应时刻的机械能大于在 N 点所对应的机械能，摆球的势能是由摆球相对于零势能点的高度  $h$  和摆球的质量  $m$  共同决定的 ( $E_p=mgh$ )。单摆摆球的质量是定值，由于 PN 两时刻摆球的位移大小相同，故在这两个时刻摆球相对零势能点的高度相同，势能也相同，但由于 P 点的机械能大于 N 点的机械能，所以 P 点对应时刻的动能大于在 N 点对应时刻的动能，故 B 正确，CD 错误；

故选：B。

3. (4 分) 两个质量相等的小球 P 和 Q 位于同一高度，它们以相同大小的速度分别抛出，P 做平抛运动，Q 做竖直下抛运动，则 ( )
- A. P 落地时的动量大小小于 Q 落地时的动量大小
- B. P 落地时的动量大小大于 Q 落地时的动量大小
- C. 在各自从抛出到落地时间内，P 所受重力冲量的大小比 Q 的大
- D. 在各自从抛出到落地时间内，P 所受重力冲量的大小比 Q 的小

**【答案】** C

**【分析】** P 小球做平抛运动，Q 小球做竖直下抛运动，根据运动学公式求解两小球落地时速度大小，根据动量公式比较两小球落地时动量大小；竖直方向，根据匀变速直线运动位移—时间公式比较两小球下落时间的大小，根据冲量公式比较冲量大小。

**【解答】** 解：AB、设小球初速度大小为  $v_0$ ，抛出位置离地面高度为  $h$ ，P 小球落地的速度大小为  $v_P$ ，Q 小球落地的速度大小为  $v_Q$ ，P 小球做平抛运动，水平方向为匀速直线运动，落地时水平分速度  $v_x=v_0$  竖直方向为自由落体运动，落地时竖直分速度  $v_y=\sqrt{2gh}$

$$\text{则 } v_P = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

Q 小球做竖直下抛运动，根据匀变速直线运动位移—速度公式得： $v_Q^2 - v_0^2 = 2gh$

$$\text{解得：} v_Q = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

则小球落地时速度大小相等，落地时的动量为  $p=mv$

则两小球落地时动量大小相等，故 AB 错误；

CD、设 P 小球下落时间为  $t_P$ ，Q 小球下落时间为  $t_Q$ ，P 小球竖直方向为自由落体运动，有： $h = \frac{1}{2}gt_P^2$

$$\text{解得：} t_P = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Q 小球做竖直下抛运动，有： $h = v_0t_Q + \frac{1}{2}gt_Q^2$





- A. 探测器的动能变化量
- B. 探测器的动量变化量
- C. 月球表面对探测器的冲量
- D. 月球表面对探测器的平均撞击力

【答案】D

【分析】本题根据动量定理，结合题中选项，即可解答。

【解答】解：从“着陆腿”触地到探测器速度减为0的过程中，速度变化量恒定，故探测器着陆时的动能变化量、动量变化量、月球表面对探测器的冲量不变。由于“着陆腿”的缓冲，月球表面对探测器的作用力的时间增加，由动量定理可知，平均冲击力减小。故ABC错误，D正确。

故选：D。

6. (4分) 如图所示，在光滑的水平面上，一个人站在平板车上用锤子连续敲打小车。初始时，人、车、锤都静止。下列说法正确的是（ ）



- A. 在连续敲打的过程中，小车始终保持静止
- B. 人、车和锤组成的系统机械能守恒
- C. 人、车和锤组成的系统动量守恒
- D. 若地面足够粗糙，连续敲打可使小车向右运动

【答案】D

【分析】把人、锤子和平板车看成一个系统，系统在水平方向上不受外力，系统水平方向动量守恒，根据动量守恒定律分析小车的运动情况。结合能量守恒定律分析系统机械能的变化情况。

【解答】解：AC、把人、锤子和平板车看成一个系统，系统在水平方向上不受外力，系统水平方向动

量守恒。锤子在竖直方向上有加速度，所以系统竖直方向的合外力不为零，则

人、车和锤组成的系统动量不守恒。初始时，人、车、锤子都静止，故人、车和锤子组成的系统水平方向总动量时刻为零。用锤子连续敲打车的左端，根据水平方向动量守恒可知，锤子向左运动，平板车向右运动；锤子向右运动，平板车向左运动，所以车左右往复运动，不会持续地向右运动，故 AC 错误；B、由于人要消耗体能，体内储存的化学能转化为系统的机械能，因此系统机械能不守恒，故 B 错误；D、若地面足够粗糙，锤子敲打小车前后小车不动，锤子敲打小车时小车向右运动，连续敲打可使小车向右运动，故 D 正确。

故选：D。

- 7.（4分）“洗”是古代盥洗用的脸盆，多用青铜铸成。清水倒入其中，用手慢慢摩擦盆耳，到一定节奏时盆就会发出强烈嗡嗡声，同时还会溅起层层水花。下列描述正确的是（ ）



- A. 嗡嗡声是因为水撞击盆
- B. 摩擦的节奏越快，越能溅起水花
- C. 摩擦的节奏越慢，越能溅起水花
- D. 能溅起水花的摩擦节奏与盆有关

【答案】见试题解答内容

【分析】根据共振的条件，物体做受迫振动时的固有周期等于驱动力的周期时振幅最大。

【解答】解：用双手摩擦盆耳，起初频率非常低，逐渐提高摩擦频率，当摩擦频率等于水的固有频率时，会发生共振现象，则嗡嗡声是因为共振现象，此时溅起的水花振幅最大，即能溅起水花的摩擦节奏与盆有关，故 ABC 错误，D 正确；

故选：D。

- 8.（4分）一质点沿水平方向的振动方程为  $x=10\sin(5\pi t+\pi)$  cm，取水平向右为位移的正方向，则在  $t=0.25$ s 时，下列说法正确的是（ ）

- A. 质点在平衡位置的右方，水平向左运动
- B. 质点在平衡位置的右方，水平向右运动
- C. 质点在平衡位置的左方，水平向右运动

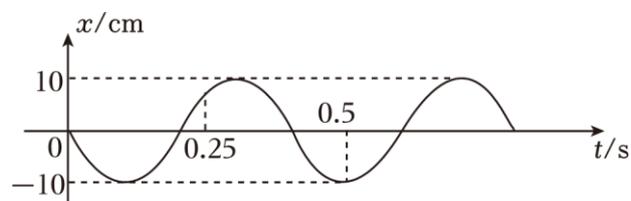
D. 质点在平衡位置的左方，水平向左运动

【答案】B

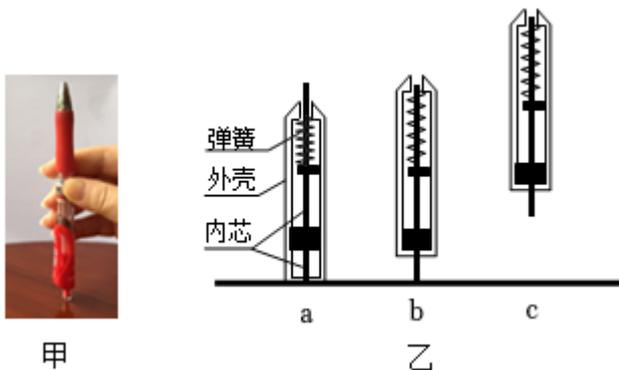
【分析】根据振动方程画出质点的振动图像，根据图像即可求解。

【解答】解：由振动方程为  $x=10\sin(5\pi t+\pi)$  cm 得：质点振动的振幅  $A=10\text{cm}$ ，角频率  $\omega=5\pi\text{rad/s}$  所以周期  $T=\frac{2\pi}{\omega}=0.4\text{s}$ ，画出该质点的振动图像，如图，由图可知， $t=0.25\text{s}$  时，质点位移为正，质点在平衡位置的右方，下一时刻质点的位移正向增大，故质点向正方向运动，即水平向右运动，故 B 正确，ACD 错误。

故选：B。



9. (4 分) 如图甲所示的按压式圆珠笔，其结构由外壳、内芯和轻质弹簧三部分组成。某同学把笔竖直倒立于水平桌面上，用力下压外壳，然后释放，圆珠笔将向上弹起，其过程可简化为三个阶段，如图乙所示，圆珠笔外壳先竖直向上运动，然后与内芯发生碰撞，碰后内芯与外壳以共同的速度一起向上运动到最大高度处。已知外壳与静止的内芯碰撞时弹簧恰好恢复原长，碰撞时间极短；不计摩擦和空气阻力，则从释放外壳起到圆珠笔向上运动到最高点的过程中，下列判断正确的是（ ）



- A. 外壳与内芯碰撞前，外壳一直加速上升  
 B. 外壳与内芯碰撞前，桌面对圆珠笔做正功  
 C. 圆珠笔的机械能守恒  
 D. 弹簧弹性势能的减少量大于圆珠笔重力势能的增加量

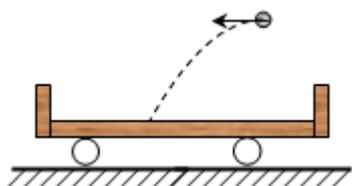
【答案】D

【分析】对外壳和内芯碰撞前的情况进行受力分析，结合功的计算公式完成解答；

根据功能关系和机械能守恒定律分析出能量的转化特点。

- 【解答】**解：A、外壳与内芯碰撞前，当弹力小于重力，合力向下，外壳减速上升，故 A 错误；  
 B、外壳与内芯碰撞前，桌面对圆珠笔的作用力没有位移，不做功，故 B 错误；  
 C、因为存在完全非弹性碰撞，所以圆珠笔的机械能不守恒，故 C 错误；  
 D、根据 A 选项的分析可知，因为存在机械能损失，弹簧弹性势能的减小量大于圆珠笔重力势能的增加量，故 D 正确；  
 故选：D。

10. (4分) 如图所示，质量为 0.5kg 的小球在距离车底面高 20m 处以一定的初速度向左平抛，落在以 7.5m/s 速度沿光滑水平面向右匀速行驶的敞篷小车中，车底涂有一层油泥，车与油泥的总质量为 4kg，设小球在落到车底前瞬间速度是 25m/s，则当小球与小车相对静止时，小车的速度是 ( )



- A. 5m/s                      B. 4m/s                      C. 8.5m/s                      D. 9.5m/s

**【答案】** A

**【分析】**根据动能定理求出小球在落到车底前瞬间的水平速度，小球和车作用过程中，水平方向动量守恒，根据动量守恒定律列式即可求解。

**【解答】**解：小球抛出后做平抛运动，根据动能定理得：

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得： $v_0 = 15\text{m/s}$

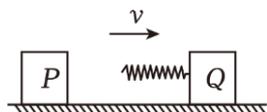
小球和车作用过程中，水平方向动量守恒，则有：

$$-mv_0 + MV = (M+m)v'$$

解得： $v' = 5\text{m/s}$

故选：A。

11. (4分) 如图位于光滑水平桌面，质量相等的小滑块 P 和 Q 都可以视作质点，Q 与轻质弹簧相连，设 Q 静止，P 以某一初动能  $E_0$  水平向 Q 运动并与弹簧发生相互作用，若整个作用过程中无机械能损失，用  $E_1$  表示弹簧具有的最大弹性势能，用  $E_2$  表示 Q 具有的最大动能，则 ( )





D. 直径约 1cm 的塑料球

(3) 将单摆正确悬挂后进行如下操作，其中正确的是 BC（选填选项前的字母）。

A. 测出摆线长作为单摆的摆长

B. 把单摆从平衡位置拉开一个很小的角度释放，使之在竖直平面内做简谐运动

C. 在摆球经过平衡位置时开始计时

D. 用秒表测量单摆完成 1 次全振动所用时间并作为单摆的周期

(4) 甲同学多次改变单摆的摆长并测得相应的周期，他根据测量数据做出了如图 2 所示的图象，横坐标为摆长，纵坐标为周期的平方。若图线斜率为  $k$ ，则当地的重力加速度  $g = \frac{4\pi^2}{k}$ （用  $k$  表示）。

(5) 乙同学测得的重力加速度数值大于当地的重力加速度的实际值，造成这一情况的原因可能是 C（选填选项前的字母）。

A. 开始摆动时振幅较小

B. 开始计时时，过早按下秒表

C. 测量周期时，误将摆球  $(n - 1)$  次全振动的时间记为  $n$  次全振动的时间

(6) 丙同学做出了单摆做简谐运动时的振动图象如图 3 所示，则摆线偏离竖直方向的最大摆角的正弦值约为 0.04（结果保留一位有效数字）。

**【答案】** 见试题解答内容

**【分析】** (1) 根据单摆的周期公式得出重力加速度的表达式。

(2) 在摆角很小的情况下，单摆的振动才是简谐运动；为减小空气阻力的影响，摆球的直径应远小于摆线的长度，选择密度较大的实心金属小球作为摆球。

(3) 根据实验的原理和注意事项确定正确的操作步骤。

(4) 根据单摆的周期公式得出  $T^2 - L$  的关系式，结合图线的斜率求出重力加速度。

(5) 根据实验的原理分析误差产生的原因。

(6) 根据振动图象得出单摆的周期和振幅，结合周期公式求出摆长，从而得出摆线偏离竖直方向的最大摆角的正弦值。

**【解答】** 解：(1) 根据  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$  得：  $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$ 。

(2) 为减小实验误差，应选择 1m 左右的摆线，为减小空气阻力影响，摆球应选质量大而体积小的金属球，因此需要的实验器材为 AC。

(3) A、摆长等于摆线的长度与摆球半径之和，故 A 错误。

B、把单摆从平衡位置拉开一个很小的角度释放，使之在竖直平面内做简谐运动，故 B 正确。

C、在摆球经过平衡位置时速度最大，可知在摆球经过平衡位置时开始计时误差最小，故 C 正确。

D、测量周期时，根据 1 次全振动的时间作为周期误差太大，应测量 30 次全振动的时间，求出周期，故 D 错误。

故选：BC。

(4) 根据  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$  得：  $T^2 = \frac{4\pi^2 L}{g}$ ，可知图线的斜率  $k = \frac{4\pi^2}{g}$ ，解得：  $g = \frac{4\pi^2}{k}$ 。

(5) 根据  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$  得：  $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$ ，

A、开始摆动时振幅较小，不影响重力加速度的测量，故 A 错误。

B、开始计时时，过早按下秒表，周期的测量值偏大，则重力加速度的测量值偏小，故 B 错误。

C、测量周期时，误将摆球 (n - 1) 次全振动的时间记为 n 次全振动的时间，周期的测量值偏小，则重力加速度的测量值偏大，故 C 正确。

故选：C。

(6) 根据简谐运动的振动图象知，周期 = 2s，振幅 A = 4cm，根据  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$  得：  $L = \frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{10 \times 4}{4 \times 10} \text{m} = 1\text{m}$ ，则摆线偏离竖直方向的最大摆角的正弦值为：  $\sin\theta = \frac{A}{L} = 0.04$ 。

故答案为：(1)  $\frac{4\pi^2 L}{T^2}$ ；(2) AC；(3) BC；(4)  $\frac{4\pi^2}{k}$ ；(5) C；(6) 0.04。

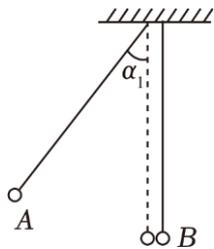
### 三、解答题 (10+10+12+12)

13. (10 分) 某学习小组利用如图所示装置验证弹性碰撞中的动量守恒。其主要的实验步骤如下：

选择大小相等、可视为质点的两个小钢球 A、B，(其中 B 的质量为 m) 将其分别用轻绳 (长度为 l) 悬挂，静止时两球相切，球心等高，两绳恰好平行。将 A 球向左拉起，使轻绳与竖直方向的夹角为  $\alpha_1$ ，并将 A 球由静止释放，两球在最低点发生正碰。测量碰后 A 球反弹到最大高度时轻绳与竖直方向的夹角  $\alpha_2$ ，碰后 B 球的轻绳与竖直方向的最大夹角  $\alpha_3$ 。求：

(1) 碰前  $v_A$ ；

(2) 钢球 A 的质量  $m_A$ 。



**【答案】** (1) 碰前  $v_A$  为  $\sqrt{2gl(1-\cos\alpha_1)}$ ;

(2) 钢球 A 的质量  $m_A$  为  $\frac{m\sqrt{1-\cos\alpha_3}}{\sqrt{1-\cos\alpha_1} + \sqrt{1-\cos\alpha_2}}$ 。

**【分析】** (1) 根据机械能守恒定律求解小球 A 在最低点的速度（碰撞前的瞬时速度）；

(2) 根据机械能守恒定律分别求解小球 A、B 碰撞后的速度；

A、B 小球碰撞过程中动量守恒，根据动量守恒定律求解小球 A 的质量。

**【解答】** 解：(1) 两个小钢球 A、B 可视为质点，因此摆长为  $l$ ，取最低点为零势能位置；

根据机械能守恒定律  $m_A gl(1-\cos\alpha_1) = \frac{1}{2}m_A v_A^2$

解得  $v_A = \sqrt{2gl(1-\cos\alpha_1)}$

(2) 设小球 A、B 碰撞后的速度分别为  $v_1$ 、 $v_2$ ，取最低点为零势能位置；

根据机械能守恒定律，对小球 A 有  $m_A gl(1-\cos\alpha_2) = \frac{1}{2}m_A v_1^2$

对小球 B 有  $mg l(1-\cos\alpha_3) = \frac{1}{2}mv_2^2$

碰撞过程动量守恒，取碰撞前小球 A 的速度方向为正方向；

根据动量守恒定律  $m_A v_A = mv_2 - m_A v_1$

A、B 球发生弹性碰撞，机械能守恒  $\frac{1}{2}m_A v_A^2 = \frac{1}{2}m_A v_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$

联立得，碰撞后小球 A 的速度  $v_1 = \frac{m_A - m}{m_A + m} \cdot v_A$

碰撞后小球 B 的速度  $v_2 = \frac{2m_A}{m_A + m} \cdot v_A$

联立解得钢球 A 的质量为  $m_A = \frac{m\sqrt{1-\cos\alpha_3}}{\sqrt{1-\cos\alpha_3} - 2\sqrt{1-\cos\alpha_2}}$

或者联立得  $m_A \sqrt{1-\cos\alpha_1} = m\sqrt{1-\cos\alpha_3} - m_A \sqrt{1-\cos\alpha_2}$

化简得钢球 A 的质量为  $m_A = \frac{m\sqrt{1-\cos\alpha_3}}{\sqrt{1-\cos\alpha_1} + \sqrt{1-\cos\alpha_2}}$ 。

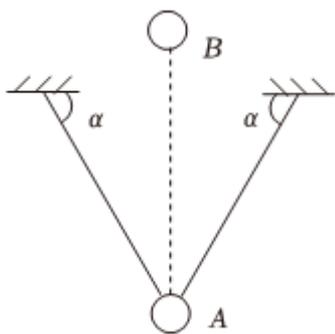
答：（1）碰前  $v_A$  为  $\sqrt{2gl(1-\cos\alpha_1)}$ ；

（2）钢球 A 的质量  $m_A$  为  $\frac{m\sqrt{1-\cos\alpha_3}}{\sqrt{1-\cos\alpha_1} + \sqrt{1-\cos\alpha_2}}$ 。

14.（10分）如图所示，用两根长度都为  $L$  的细绳悬挂一个小球 A、绳与水平方向的夹角为  $\alpha$ ，使球 A 垂直于纸面做摆角小于  $5^\circ$  的摆动，当它经过平衡位置的瞬间，另一小球 B 从 A 球的正上方自由下落，此后 A 球第 3 次经过最低点时 B 球恰击中 A 球。求：

（1）A 球的周期  $T$ ；

（2）B 球下落的高度  $h$ 。



【答案】（1）A 球的周期为  $2\pi\sqrt{\frac{L\sin\alpha}{g}}$ ；

（2）B 球下落的高度为  $\frac{9\pi^2 L\sin\theta}{2}$ 。

【分析】（1）确定该单摆的实际摆长，结合单摆的周期公式，写出该单摆的振动周期；

（2）确定摆球 A 第 3 次经过最低点所用时间与周期关系，再由自由落体运动规律求解 B 球下落的高度。

【解答】解：（1）由题意可知 A 球摆动的等效摆长为： $l=L\sin\alpha$

所以摆球 A 的周期为： $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}=2\pi\sqrt{\frac{L\sin\alpha}{g}}$ ；

（2）根据 A 球第 3 次经过最低点时 B 球恰击中 A 球，可知 B 击中时球 A 时 B 运动的时间为：

$$t=\frac{3}{2}T=3\pi\sqrt{\frac{L\sin\alpha}{g}}$$

根据自由落体运动规律可知 B 球下落的距离为： $h=\frac{1}{2}gt^2=\frac{9\pi^2 L\sin\theta}{2}$ 。

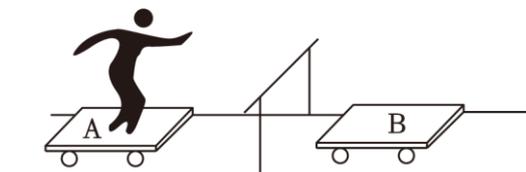
答：（1）A 球的周期为  $2\pi\sqrt{\frac{L\sin\alpha}{g}}$ ；

(2) B 球下落的高度为  $\frac{9\pi^2 L \sin \theta}{2}$ 。

15. (12分) 如图所示, 人站在滑板 A 上, 以  $v_0=3\text{m/s}$  的速度沿光滑水平面向右运动. 当靠近前方的横杆时, 人相对滑板竖直向上起跳越过横杆, A 从横杆下方通过, 与静止的滑板 B 发生碰撞并粘在一起, 之后人落到 B 上, 与滑板一起运动. 已知人、滑板 A 和滑板 B 的质量分别为  $m_{\text{人}}=70\text{kg}$ 、 $m_A=10\text{kg}$  和  $m_B=20\text{kg}$ , 求:

①A、B 碰撞过程中, A 对 B 的冲量的大小和方向;

②人最终与滑板的共同速度的大小.



**【答案】** 见试题解答内容

**【分析】** (1) 人跳起后 A 与 B 碰撞前后动量守恒, 根据动量守恒定律求出共同的速度, 然后由动量定理即可求出 A 对 B 的冲量;

(2) 人下落与 AB 作用前后, 水平方向动量守恒, 再根据动量守恒定律求解即可.

**【解答】** 解: (1) 人跳起后 A 与 B 碰撞前后动量守恒,

设碰后 AB 的速度  $v_1$ ,

$$m_A v_0 = m_A v_1 + m_B v_1$$

解得:  $v_1 = 1\text{m/s}$

A 对 B 的冲量:  $I = m_B v_1 = 20 \times 1 = 20\text{N}\cdot\text{m}$

方向水平向右

(2) 人下落与 aB 作用前后, 水平方向动量守恒, 设共同速度  $v_2$ ,

$$m_{\text{人}} v_0 + (m_A + m_B) v_1 = (m_{\text{人}} + m_A + m_B) v_2$$

代入数据得:  $v_2 = 2.4\text{m/s}$

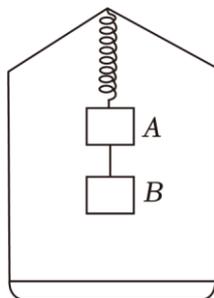
答: ①A、B 碰撞过程中, A 对 B 的冲量的大小是  $20\text{Nm}$ , 方向水平向右;

②人最终与滑板的共同速度的大小是  $2.4\text{m/s}$ .

16. (12分) 如图所示, 一个轻质弹簧一端悬于电梯上, 另一端挂着用轻绳连接在一起的两物体 A 和 B, 弹簧劲度系数为  $k$ ,  $m_A = m_B = m$ , 电梯以加速度  $a$  向上加速运动, 突然电梯停止, 在电梯停止瞬间轻绳断裂, 之后物体 A 做简谐运动, 运动过程中弹簧未超过弹性限度, 已知从绳子断裂到物体首次运动到最高点所用时间是  $t_0$ .

(1) 从绳子断裂到物体运动到最高点过程中，弹簧长度改变了多少？

(2) 取物体 A 做简谐运动的平衡位置为坐标原点，向下为正方向，建立 x 坐标轴，从绳子断裂开始计时，写出物体 A 做简谐运动位移与时间的函数表达式。



**【答案】** (1) 弹簧长度改变了  $\frac{2mg+4ma}{k}$ ;

(2) 物体 A 做简谐运动位移与时间的函数表达式为  $x = \frac{mg+2ma}{k} \sin\left(\frac{\pi}{t_0} \cdot t + \frac{\pi}{2}\right)$ 。

**【分析】** (1) 根据牛顿第二定律和胡克定律判断弹簧的形变量；

(2) 根据简谐运动的规律判断位移与时间的函数表达式。

**【解答】** 解：(1) 绳子未断开时，对物体 A 和物体 B 整体分析

$$F_1 - 2mg = 2ma$$

$$\text{由 } F_1 = kx_1$$

$$\text{得弹簧伸长了 } x_1 = \frac{2mg+2ma}{k}$$

绳子断开瞬间在最低点，对物体 A 分析

$$F_{\text{合}1} = F_1 - mg = mg + 2ma$$

物体 A 运动到最高点，对物体 A 分析

$$F_{\text{合}2} = F_2 + mg$$

根据简谐运动回复力对称性

$$F_{\text{合}1} = F_{\text{合}2}$$

$$\text{得 } F_2 = 2ma$$

$$\text{由 } F_2 = kx_2$$

$$\text{得弹簧压缩了 } x_2 = \frac{2ma}{k}$$

$$\text{弹簧长度变化了 } x = x_1 + x_2 = \frac{2mg+4ma}{k}$$

(2) 物体 A 做简谐运动的振幅  $A = \frac{x}{2} = \frac{mg+2ma}{k}$

$$\text{周期 } T=2t_0, \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{t_0}$$

正方向向下，所以初相位为  $\frac{\pi}{2}$ ，物体 A 做简谐运动位移与时间的函数表达式

$$x = \frac{mg+2ma}{k} \sin\left(\frac{\pi}{t_0} \cdot t + \frac{\pi}{2}\right)$$

答：（1）弹簧长度改变了  $\frac{2mg+4ma}{k}$ ；

（2）物体 A 做简谐运动位移与时间的函数表达式为  $x = \frac{mg+2ma}{k} \sin\left(\frac{\pi}{t_0} \cdot t + \frac{\pi}{2}\right)$ 。