

2016 年全国统一高考物理试卷（新课标 I）

参考答案与试题解析

二、选择题：本大题共 8 小题，每小题 6 分。在每小题给出的四个选项中，第 1~4 题只有一项是符合题目要求，第 5~8 题有多项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分。有选错的得 0 分。

1. (6 分) 一平行电容器两极板之间充满云母介质，接在恒压直流电源上，若将云母介质移出，则电容器 ()
- A. 极板上的电荷量变大，极板间的电场强度变大
 - B. 极板上的电荷量变小，极板间的电场强度变大
 - C. 极板上的电荷量变大，极板间的电场强度不变
 - D. 极板上的电荷量变小，极板间的电场强度不变

【考点】AS：电容器的动态分析。

【专题】32：定量思想；43：推理法；533：电容器专题。

【分析】电容器始终与恒压直流电源相连，则电容器两端间的电势差不变，将云母介质移出后介电常数减小，根据电容器介电常数的变化判断电容的变化以及电场强度的变化。

【解答】解：电容器接在恒压直流电源上，则电容器两端的电势差不变。

将云母介质移出后，介电常数减小，根据电容的决定式 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$ 知，介电常数减小，电容减小。

由于电压不变，根据 $C = \frac{Q}{U}$ 可知，电荷量 Q 减小。

由于电容器的电压不变，板间的距离 d 不变，根据 $E = \frac{U}{d}$ 可知，极板间的电场强度不变。

所以 ABC 错误，D 正确；

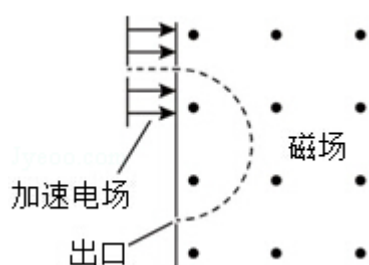
故选：D。

【点评】本题是电容器的动态分析问题，关键抓住不变量，当电容器与电源始终

相连，则电势差不变；当电容器与电源断开，则电荷量不变。要掌握 $C=\frac{Q}{U}$ 、

$$C=\frac{\epsilon S}{4\pi k d}、E=\frac{U}{d} \text{ 三个公式.}$$

2. (6分) 现代质谱仪可用来分析比质子重很多的离子，其示意图如图所示，其中加速电压恒定。质子在入口处从静止开始被加速电场加速，经匀强磁场偏转后从出口离开磁场。若某种一价正离子在入口处从静止开始被同一加速电场加速，为使它经匀强磁场偏转后仍从同一出口离开磁场，需将磁感应强度增加到原来的 12 倍。此离子和质子的质量比约为 ()



A. 11

B. 12

C. 121

D. 144

【考点】 AK: 带电粒子在匀强电场中的运动; CI: 带电粒子在匀强磁场中的运动.

【专题】 32: 定量思想; 4C: 方程法; 537: 带电粒子在复合场中的运动专题.

【分析】 本题先电场加速后磁偏转问题，先根据动能定理得到加速得到的速度表达式，再结合带电粒子在匀强磁场中运动的半径公式求出离子质量的表达式.

【解答】 解：根据动能定理得， $qU=\frac{1}{2}mv^2$ 得 $v=\sqrt{\frac{2qU}{m}}$ ①

离子在磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，

根据牛顿第二定律，有 $qvB=m\frac{v^2}{R}$

得 $R=\frac{mv}{qB}$ ②

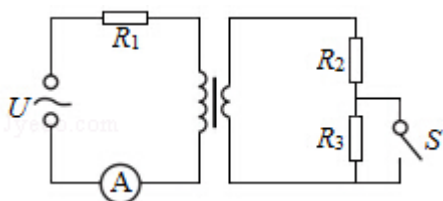
①②两式联立得： $m=\frac{qB^2R^2}{2U}$

一价正离子电荷量与质子电荷量相等，同一加速电场 U 相同，同一出口离开磁场则 R 相同，所以 $m \propto B^2$ ，磁感应强度增加到原来的 12 倍，离子质量是质子质量的 144 倍，D 正确，ABC 错误

故选：D。

【点评】 本题综合考查了动能定理和牛顿第二定律，关键要能通过洛伦兹力提供向心力求出质量的表达式。

3. (6 分) 一含有理想变压器的电路如图所示，图中电阻 R_1 、 R_2 和 R_3 的阻值分别为 3Ω 、 1Ω 、 4Ω ，A 为理想交流电流表，U 为正弦交流电压源，输出电压的有效值恒定。当开关 S 断开时，电流表的示数为 I ；当 S 闭合时，电流表的示数为 $4I$ 。该变压器原、副线圈匝数比为 ()



A. 2

B. 3

C. 4

D. 5

【考点】 E8：变压器的构造和原理。

【专题】 31：定性思想；43：推理法；53A：交流电专题。

【分析】 变压器输入电压为 U 与电阻 R_1 两端电压的差值；再根据电流之比等于匝数的反比可求得输出电流；根据电压之比等于匝数之比对两种情况列式，联立可求得 U 与 I 的关系；则可求得线圈匝数之比。

【解答】 解：设变压器原、副线圈匝数之比为 k ，则可知，开关断开时，副线圈电流为 $\frac{1}{k}I$ ；

$$\text{则根据理想变压器原理可知：} \frac{U - IR_1}{KI(R_2 + R_3)} = k \quad (1)$$

$$\text{同理可知，} \frac{U - 4IR_1}{4KI R_2} = k \quad (2)$$

代入数据联立解得： $U = 48I$ ；

代入 (1) 式可得:

$k=3$; 故 B 正确, ACD 错误;

故选: B。

【点评】 本题考查理想变压器原理及应用, 要注意明确电路结构, 知道开关通断时电路的连接方式; 同时注意明确输入电压与总电压之间的关系。

4. (6 分) 利用三颗位置适当的地球同步卫星, 可使地球赤道上任意两点之间保持无线电通讯, 目前地球同步卫星的轨道半径为地球半径的 6.6 倍, 假设地球的自转周期变小, 若仍仅用三颗同步卫星来实现上述目的, 则地球自转周期的最小值约为 ()

- A. 1h B. 4h C. 8h D. 16h

【考点】 4D: 开普勒定律; 4J: 同步卫星.

【专题】 31: 定性思想; 43: 推理法; 52A: 人造卫星问题.

【分析】 明确同步卫星的性质, 知道其转动周期等于地球的自转周期, 从而明确地球自转周期减小时, 地球同步卫星的运动周期减小, 当运动轨迹半径最小时, 周期最小。由三颗同步卫星需要使地球赤道上任意两点之间保持无线电通讯可求得最小半径, 再结合开普勒第三定律可求周期。

【解答】 解: 设地球的半径为 R , 则地球同步卫星的轨道半径为 $r=6.6R$

已知地球的自转周期 $T=24h$,

地球同步卫星的转动周期与地球的自转周期一致, 若地球的自转周期变小, 则同步卫星的转动周期变小。

由 $\frac{GMm}{R^2} = m \frac{4\pi^2 R}{T^2}$ 公式可知, 做圆周运动的半径越小, 则运动周期越小。

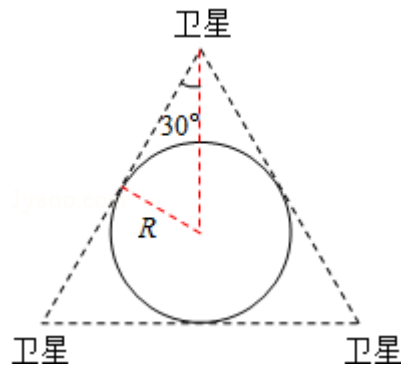
由于需要三颗卫星使地球赤道上任意两点之间保持无线电通讯, 所以由几何关系可知三颗同步卫星的连线构成等边三角形并且三边与地球相切, 如图。

由几何关系可知地球同步卫星的轨道半径为 $r'=2R$ 。

由开普勒第三定律 $\frac{r^3}{T^2} = k$ 得: $T' = T \sqrt{\frac{r'^3}{r^3}} = 24 \sqrt{\frac{(2R)^3}{(6.6R)^3}} \approx 4h$

故 B 正确，ACD 错误；

故选：B。



【点评】 本题考查开普勒第三定律以及同步卫星的性质，要注意明确题目中隐含的信息的判断是本题解题的关键。

5. (6 分) 一质点做匀速直线运动，现对其施加一恒力，且原来作用在质点上的力不发生改变，则 ()

- A. 质点速度的方向总是与该恒力的方向相同
- B. 质点速度的方向不可能总是与该恒力的方向垂直
- C. 质点加速度的方向总是与该恒力的方向相同
- D. 质点单位时间内速率的变化量总是不变

【考点】 37: 牛顿第二定律； 42: 物体做曲线运动的条件。

【专题】 15: 简答题； 22: 学科综合题； 31: 定性思想； 43: 推理法； 516: 物体做曲线运动条件专题。

【分析】 明确物体做曲线运动的条件，速度方向与加速度方向不在同一直线上，如果在同一直线则做直线运动，速度方向与加速度方向相同时物体做加速运动，当加速度方向与速度方向相反时，物体做减速运动；

由牛顿第二定律 $F=ma$ 可知，物体加速度的方向由合外力的方向决定；

由加速度的定义 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 来判断质点单位时间内速率的变化量。

【解答】 解：A. 质点开始做匀速直线运动，现对其施加一恒力，其合力不为零，如果所加恒力与原来的运动方向在一条直线上，质点做匀加速或匀减速直线运动，质点速度的方向与该恒力的方向相同或相反；如果所加恒力与原来的

运动方向不在一条直线上，物体做曲线运动，速度方向沿切线方向，力和运动方向之间有夹角，故 A 错误；

B. 由 A 分析可知，质点速度的方向不可能总是与该恒力的方向垂直，故 B 正确

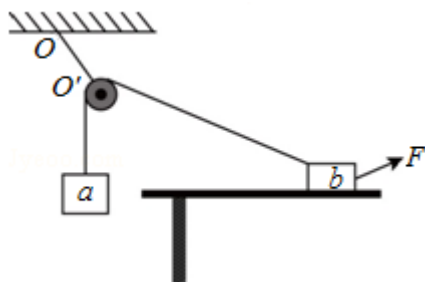
C. 由于质点做匀速直线运动，即所受合外力为 0，原来质点上的力不变，增加一个恒力后，则质点所受的合力就是这个恒力，所以加速度方向与该恒力方向相同，故 C 正确；

D. 因为合外力恒定，加速度恒定，由 $\Delta v = a\Delta t$ 可知，质点单位时间内速度的变化量总是不变，但是，如果质点做匀变速曲线运动，则单位时间内速度的变化量是不变的，而速率的变化量却是变化的，故 D 错误。

故选：BC。

【点评】 本题要注意物体做曲线运动的条件是速度方向与加速度方向不在同一直线上，如果在同一直线则做直线运动；正确理解牛顿第二定律和加速度的定义 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 也是解答本题的关键。

6. (6分) 如图，一光滑的轻滑轮用细绳 OO' 悬挂于 O 点；另一细绳跨过滑轮，其一端悬挂物块 a，另一端系一位于水平粗糙桌面上的物块 b。外力 F 向右上上方拉 b，整个系统处于静止状态。若 F 方向不变，大小在一定范围内变化，物块 b 仍始终保持静止，则 ()



- A. 绳 OO' 的张力也在一定范围内变化
- B. 物块 b 所受到的支持力也在一定范围内变化
- C. 连接 a 和 b 的绳的张力也在一定范围内变化
- D. 物块 b 与桌面间的摩擦力也在一定范围内变化

【考点】 2G：力的合成与分解的运用；3C：共点力的平衡。

【专题】12：应用题；31：定性思想；49：合成分解法；527：共点力作用下物体平衡专题.

【分析】本题抓住整个系统处于静止状态，由 a 平衡可知，绳子拉力保持不变，再根据平衡条件由 F 的大小变化求得物块 b 所受各力的变化情况.

【解答】解：AC、由于整个系统处于静止状态，所以滑轮两侧连接 a 和 b 的绳子的夹角不变 物块 a 只受重力以及绳子的拉力，由于物体 a 平衡，则连接 a 和 b 的绳子张力 T 保持不变 由于绳子的张力及夹角均不变，所以 OO' 中的张力保持不变，故 AC 均错误；

BD、b 处于静止即平衡状态，对 b 受力分析有：

力 T 与力 F 与 x 轴所成夹角均保持不变，由平衡条件可得：

$$N + F \sin \alpha + T \sin \theta - mg = 0$$

$$F \cos \alpha + f - T \cos \theta = 0$$

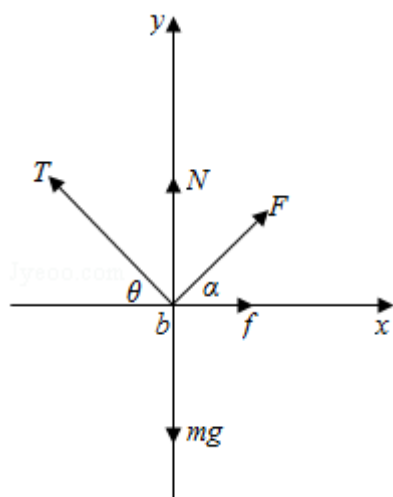
由此可得： $N = mg - F \sin \alpha - T \sin \theta$

由于 T 的大小不变，可见当 F 大小发生变化时，支持力的大小也在一定范围内变化，故 B 正确

$$f = T \cos \theta - F \cos \alpha$$

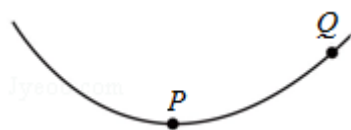
由于 T 的大小不变，当 F 大小发生变化时，b 静止可得摩擦力的大小也在一定范围内发生变化，故 D 正确。

故选：BD。



【点评】解决本题的关键是抓住系统均处于静止状态，由平衡条件分析求解，关键是先由平衡条件求得绳中张力大小不变，再由此分析 b 的平衡.

7. (6分) 如图, 一带负电荷的油滴在匀强电场中运动, 其轨迹在竖直平面(纸面)内, 且相对于过轨迹最低点 P 的竖直线对称. 忽略空气阻力. 由此可知 ()



- A. Q 点的电势比 P 点高
- B. 油滴在 Q 点的动能比它在 P 点的大
- C. 油滴在 Q 点的电势能比它在 P 点的大
- D. 油滴在 Q 点的加速度大小比它在 P 点的小

【考点】 AC: 电势; AE: 电势能与电场力做功; AG: 电势差和电场强度的关系.

【专题】 31: 定性思想; 43: 推理法; 532: 电场力与电势的性质专题.

【分析】 根据曲线运动的性质以及运动轨迹可明确粒子受力情况, 再根据电场力的性质即可判断电场线的方向, 从而明确电势高低; 根据电场力做功情况可明确动能的变化以及电势能的变化; 根据力的性质可明确加速度的关系.

【解答】 解: A、根据粒子的弯折方向可知, 粒子受合力一定指向上方; 同时因轨迹关于 P 点对称, 则可说明电场力应竖直向上; 粒子带负电, 故说明电场方向竖直向下; 则可判断 Q 点的电势比 P 点高; 故 A 正确;

B、粒子由 P 到 Q 过程, 合外力做正功, 故油滴在 Q 点的动能比它在 P 点的大; 故 B 正确;

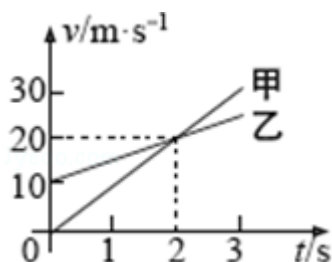
C、因电场力竖直向上, 故油滴由 P 到 Q 的过程中, 电场力做正功, 故电势能减小, Q 点的电势能比它在 P 点的小; 故 C 错误;

D、因受力为恒力; 故 PQ 两点加速度大小相同; 故 D 错误;

故选: AB。

【点评】 本题考查带电粒子在匀强电场中的运动, 要注意本题中油滴受到重力和电场力作用, 这里应先考虑合力, 再去分析电场力的性质; 同时注意掌握物体做曲线运动的条件应用.

8. (6分) 甲、乙两车在平直公路上同向行驶，其 $v-t$ 图象如图所示。已知两车在 $t=3s$ 时并排行驶，则 ()



- A. 在 $t=1s$ 时，甲车在乙车后
 B. 在 $t=0$ 时，甲车在乙车前 $7.5m$
 C. 两车另一次并排行驶的时刻是 $t=2s$
 D. 甲、乙两车两次并排行驶的位置之间沿公路方向的距离为 $40m$

【考点】11: 匀变速直线运动的图像.

【专题】34: 比较思想; 4B: 图析法; 512: 运动学中的图像专题.

【分析】在速度时间图象中，图象与坐标轴围成面积表示位移，根据位移关系分析两车位置关系。可结合几何知识分析两车另一次并排行驶的时刻。并求出两车两次并排行驶的位置之间沿公路方向的距离。

【解答】解：AC、根据“面积”大小表示位移，由图象可知， $1s$ 到 $3s$ 甲、乙两车通过的位移相等，两车在 $t=3s$ 时并排行驶，所以两车在 $t=1s$ 时也并排行驶，故 AC 错误；

B、由图象可知，甲的加速度 $a_{甲} = \frac{\Delta v_{甲}}{\Delta t_{甲}} = \frac{20}{2} = 10m/s^2$ ；乙的加速度 $a_{乙} = \frac{\Delta v_{乙}}{\Delta t_{乙}} =$

$$\frac{20-10}{2} = 5m/s^2; \quad 0 \text{ 至 } 1s, \text{ 甲的位移 } x_{甲} = \frac{1}{2} a_{甲} t^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 1^2 = 5m, \text{ 乙的位移 } x_{乙} = v_0 t + \frac{1}{2} a_{乙} t^2 = 10 \times 1 + \frac{1}{2} \times 5 \times 1^2 = 12.5m, \Delta x = x_{乙} - x_{甲} = 12.5 - 5 = 7.5m, \text{ 即在 } t=0$$

时，甲车在乙车前 $7.5m$ ，故 B 正确；

D、 $1s$ 末甲车的速度为： $v = a_{甲} t = 10 \times 1 = 10m/s$ ， 1 到 $3s$ ，甲车的位移为： $x = vt + \frac{1}{2} a_{甲} t^2 = 10 \times 2 + \frac{1}{2} \times 10 \times 2^2 = 40m$ ，即甲、乙两车两次并排行驶的位置之间沿公路方

向的距离为 $40m$ ，故 D 正确。

故选：BD。

【点评】本题是速度 - 时间图象的应用，要明确速度图象的斜率表示加速度，图象与坐标轴围成的面积表示位移。

三、非选择题：包括必考题和选考题两部分。第 22 题～第 32 题为必考题，每个试题考生都必须作答。第 9 题～第 12 题为选考题，考生根据要求作答。（一）必考题

9.（5 分）某同学用图（a）所示的实验装置验证机械能守恒定律，其中打点计时器的电源为交流电源，可以使用的频率有 20Hz、30Hz 和 40Hz，打出纸带的一部分如图（b）所示。

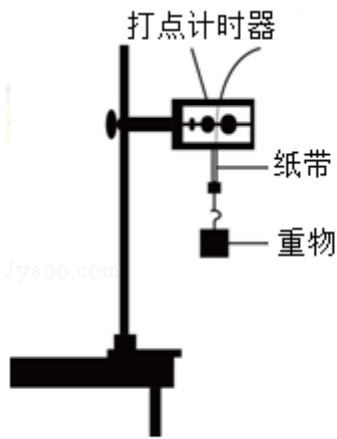


图 (a)

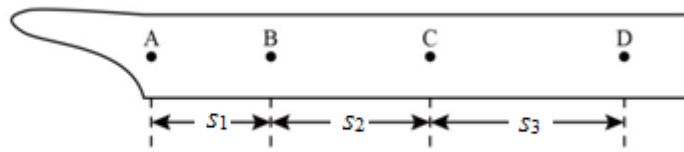


图 (b)

该同学在实验中没有记录交流电的频率 f ，需要用实验数据和其他条件进行推算。

(1) 若从打出的纸带可判定重物匀加速下落，利用 f 和图 (b) 中给出的物理量

可以写出：在打点计时器打出 B 点时，重物下落的速度大小为 $\frac{(s_1+s_2)f}{2}$ ，

打出 C 点时重物下落的速度大小为 $\frac{(s_2+s_3)f}{2}$ ，重物下落的加速度的大

小为 $\frac{(s_3-s_1)f^2}{2}$ 。

(2) 已测得 $s_1=8.89\text{cm}$ ， $s_2=9.5\text{cm}$ ， $s_3=10.10\text{cm}$ ；当重力加速度大小为 9.80m/s^2 ，试验中重物受到的平均阻力大小约为其重力的 1%。由此推算出 f 为 40 Hz。

【考点】MD：验证机械能守恒定律。

【专题】13：实验题；23：实验探究题；32：定量思想；4C：方程法；52D：动能定理的应用专题。

【分析】(1) 根据某段时间内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度求出 B 和 C 点的瞬时速度，利用速度公式求加速度；

(2) 利用牛顿第二定律和解出的加速度求频率。

【解答】解：(1) 根据某段时间内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度可得： $v_B = \frac{s_1+s_2}{2T} = \frac{(s_1+s_2)f}{2}$ ； $v_C = \frac{s_2+s_3}{2T} = \frac{(s_2+s_3)f}{2}$ ；由速度公式 $v_C = v_B + aT$ 可得： $a = \frac{(s_3-s_1)f^2}{2}$ ；

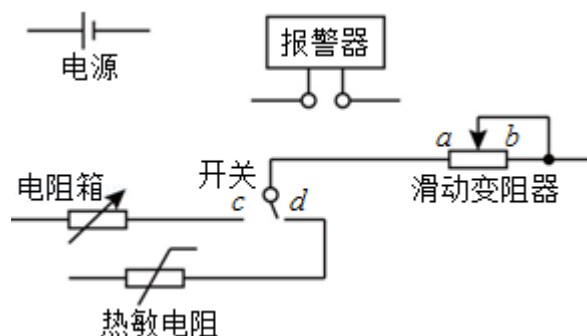
(2) 由牛顿第二定律可得： $mg - 0.01mg = ma$ ，所以 $a = 0.99g$ ，结合 (1) 解出的加速度表达式，代入数据可得： $f = 40\text{HZ}$ 。

故答案为：(1) $\frac{(s_1+s_2)f}{2}$ ； $\frac{(s_2+s_3)f}{2}$ ； $\frac{(s_3-s_1)f^2}{2}$ ；(2) 40。

【点评】解决本题的关键掌握纸带的处理方法，会通过纸带求解瞬时速度的大小，关键是匀变速直线运动推论的运用。

10. (10分) 现要组装一个由热敏电阻控制的报警系统，要求当热敏电阻的温度达到或超过 60°C 时，系统报警。提供的器材有：热敏电阻，报警器（内阻很小，流过的电流超过 I_c 时就会报警），电阻箱（最大阻值为 999.9Ω ），直流电源（输出电压为 U ，内阻不计），滑动变阻器 R_1 （最大阻值为 1000Ω ），滑动变阻器 R_2 （最大阻值为 2000Ω ），单刀双掷开关一个，导线若干。

在室温下对系统进行调节，已知 U 约为 18V ， I_c 约为 10mA ；流过报警器的电流超过 20mA 时，报警器可能损坏；该热敏电阻的阻值随温度的升高而减小，在 60°C 时阻值为 650.0Ω 。



(1) 在答题卡上完成待调节的报警系统原理电路图的连线。

(2) 在电路中应选用滑动变阻器 R_2 (填“ R_1 ”或“ R_2 ”)。

(3) 按照下列步骤调节此报警系统：

① 电路接通前，需将电阻箱调到一定的阻值，根据实验要求，这一阻值为 650.0 Ω ；滑动变阻器的滑片应置于 b (填“a”或“b”)端附近，不能置于另一端的原因是 保证报警器的安全使用。

② 将开关向 c (填“c”或“d”)端闭合，缓慢移动滑动变阻器的滑片，直至 报警器开始报警。

(4) 保持滑动变阻器滑片的位置不变，将开关向另一端闭合，报警系统即可正常使用。

【考点】 N6：伏安法测电阻。

【专题】 13：实验题；31：定性思想；46：实验分析法；535：恒定电流专题。

【分析】 (1) 分析实验，明确实验原理，根据题目要求即可明确电路结构；

(2) 根据欧姆定律确定电路中的电阻，则可明确滑动变阻器的选择；

(3) 根据仪器原理进行分析，明确电阻箱的作用以及实验过程和实验安全的分析，则可以明确滑动变阻器的调节和实验现象。

【解答】 解：(1) 根据题意可知，本实验要求能用电阻箱进行校准，故电阻箱应与热敏电阻并联，利用单刀双掷开关进行控制；它们再与报警器和滑动变阻器串联即可起到报警作用；故连线如图所示；

(2) 电压为 18V，而报警时的电流为 10mA；此时电阻约为：

$$R = \frac{18}{10 \times 10^{-3}} = 1800\Omega; \text{ 而热敏电阻的阻值约为 } 650\Omega; \text{ 故滑动变阻器接入电阻}$$

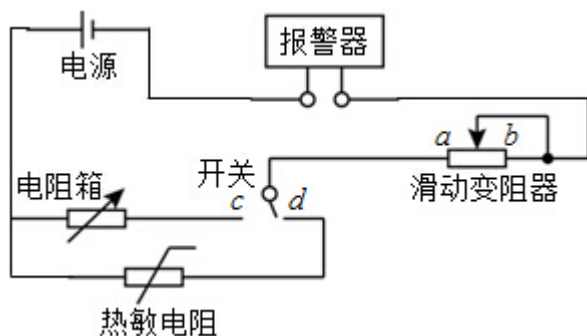
约为 1150 Ω ；故应选择 R_2 ；

(3) ① 因要求热敏电阻达到 60°时报警；此时电阻为 650 Ω ；故应将电阻箱调节

至 650Ω ；然后由最大调节滑动变阻器，直至报警器报警，故开始时滑片应在 b 端；目的是让电流由小到大调节，保证报警器的安全使用；

②将开关接到 C 端与电阻箱连接，调节滑动变阻器直至报警器开始报警即可；然后再接入热敏电阻，电路即可正常工作；

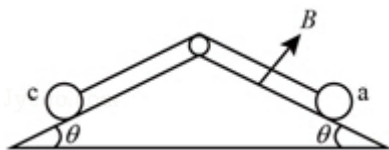
故答案为：（1）如上图；（2） R_2 ；（3）① 650.0 ， b ，保证报警器的安全使用；② c ；报警器开始报警。



【点评】本题关键在于明确实验原理，分析实验步骤是解题的关键，通过实验步骤才能明确实验的目的和实验方法；从而确定各步骤中应进行的操作和仪器的使用情况。

11.（14分）如图，两固定的绝缘斜面倾角均为 θ ，上沿相连。两细金属棒 ab （仅标出 a 端）和 cd （仅标出 c 端）长度均为 L ，质量分别为 $2m$ 和 m ；用两根不可伸长的柔软导线将它们连成闭合回路 $abdca$ ，并通过固定在斜面上沿的两光滑绝缘小定滑轮跨放在斜面上，使两金属棒水平。右斜面上存在匀强磁场，磁感应强度大小为 B ，方向垂直于斜面向上，已知两根导线刚好不在磁场中，回路电阻为 R ，两金属棒与斜面间的动摩擦因数均为 μ ，重力加速度大小为 g ，已知金属棒 ab 匀速下滑。求

- （1）作用在金属棒 ab 上的安培力的大小；
- （2）金属棒运动速度的大小。



【考点】BB：闭合电路的欧姆定律；CC：安培力；D9：导体切割磁感线时的感

应电动势.

【专题】 11: 计算题; 32: 定量思想; 4C: 方程法; 53C: 电磁感应与电路结合.

【分析】 (1) 对 ab、cd 棒根据共点力平衡列式求作用在金属棒 ab 上的安培力的大小

(2) 根据安培力公式, 感应电动势和闭合电路欧姆定律联立求解

【解答】 解: (1) 设导线的张力的大小为 T , 右斜面对 ab 棒的支持力的大小为 N_1 , 作用在 ab 棒上的安培力的大小为 F , 左斜面对 cd 的支持力大小为 N_2 . 对于 ab 棒, 由力的平衡条件得

$$2mg\sin\theta = \mu N_1 + T + F \quad ①$$

$$N_1 = 2mg\cos\theta \quad ②$$

对于 cd 棒, 同理有

$$mg\sin\theta + \mu N_2 = T \quad ③$$

$$N_2 = mg\cos\theta \quad ④$$

联立①②③④式得

$$F = mg(\sin\theta - 3\mu\cos\theta) \quad ⑤$$

(2) 由安培力公式得

$$F = BIL \quad ⑥$$

这里 I 是 abcda 中的感应电流. ab 棒上的感应电动势为

$$\varepsilon = BLv \quad ⑦$$

式中, v 是 ab 棒下滑速度的大小, 由欧姆定律得

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \quad ⑧$$

联立⑤⑥⑦⑧式得

$$v = (\sin\theta - 3\mu\cos\theta) \frac{mgR}{B^2L^2} \quad ⑨$$

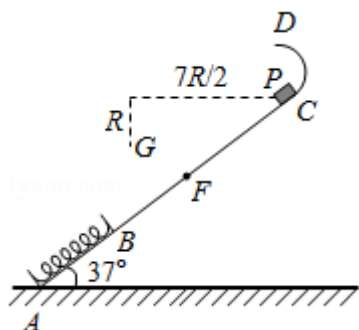
答: (1) 作用在金属棒 ab 上的安培力的大小 $mg(\sin\theta - 3\mu\cos\theta)$;

(2) 金属棒运动速度的大小 $(\sin\theta - 3\mu\cos\theta) \frac{mgR}{B^2L^2}$.

【点评】本题是电磁感应中的力学平衡问题，涉及法拉第电磁感应定律和闭合电路的欧姆定律等知识点，受力分析和计算安培力是关键。

12. (18分) 如图，一轻弹簧原长为 $2R$ ，其一端固定在倾角为 37° 的固定直轨道 AC 的底端 A 处，另一端位于直轨道上 B 处，弹簧处于自然状态，直轨道与一半径为 $\frac{5}{6}R$ 的光滑圆弧轨道相切于 C 点， $AC=7R$ ， A 、 B 、 C 、 D 均在同一竖直面内。质量为 m 的小物块 P 自 C 点由静止开始下滑，最低到达 E 点（未画出），随后 P 沿轨道被弹回，最高点到达 F 点， $AF=4R$ ，已知 P 与直轨道间的动摩擦因数 $\mu=\frac{1}{4}$ ，重力加速度大小为 g 。（取 $\sin 37^\circ=\frac{3}{5}$ ， $\cos 37^\circ=\frac{4}{5}$ ）

- (1) 求 P 第一次运动到 B 点时速度的大小。
- (2) 求 P 运动到 E 点时弹簧的弹性势能。
- (3) 改变物块 P 的质量，将 P 推至 E 点，从静止开始释放。已知 P 自圆弧轨道的最高点 D 处水平飞出后，恰好通过 G 点。 G 点在 C 点左下方，与 C 点水平相距 $\frac{7}{2}R$ 、竖直相距 R ，求 P 运动到 D 点时速度的大小和改变后 P 的质量。



【考点】 65：动能定理；69：弹性势能；6B：功能关系。

【专题】 11：计算题；22：学科综合题；32：定量思想；4C：方程法；52Q：功能关系 能量守恒定律。

【分析】 (1) 对物体从 C 到 B 的过程分析，由动能定理列式可求得物体到达 B 点的速度；

(2) 同 (1) 的方法求出物块返回 B 点的速度，然后对压缩的过程与弹簧伸长的过程应用功能关系即可求出；

(3) P 离开 D 点后做平抛运动，将物块的运动分解即可求出物块在 D 点的速度，

E 到 D 的过程中重力、弹簧的弹力、斜面的阻力做功，由功能关系即可求出物块 P 的质量。

【解答】解：（1）C 到 B 的过程中重力和斜面的阻力做功，所以：

$$mg \cdot \overline{BC} \sin 37^\circ - \mu mg \cos 37^\circ \cdot \overline{BC} = \frac{1}{2} m v_B^2 - 0$$

其中： $\overline{BC} = \overline{AC} - 2R$

代入数据得： $v_B = 2\sqrt{gR}$

（2）物块返回 B 点后向上运动的过程中：

$$-mg \cdot \overline{BF} \sin 37^\circ - \mu mg \cos 37^\circ \cdot \overline{BF} = 0 - \frac{1}{2} m v_B'^2$$

其中： $\overline{BF} = \overline{AF} - 2R$

联立得： $v_B' = \sqrt{\frac{16gR}{5}}$

物块 P 向下到达最低点又返回的过程中只有摩擦力做功，设最大压缩量为 x，则

$$-\mu mg \cos 37^\circ \cdot 2x = \frac{1}{2} m v_B'^2 - \frac{1}{2} m v_B^2$$

整理得： $x = R$

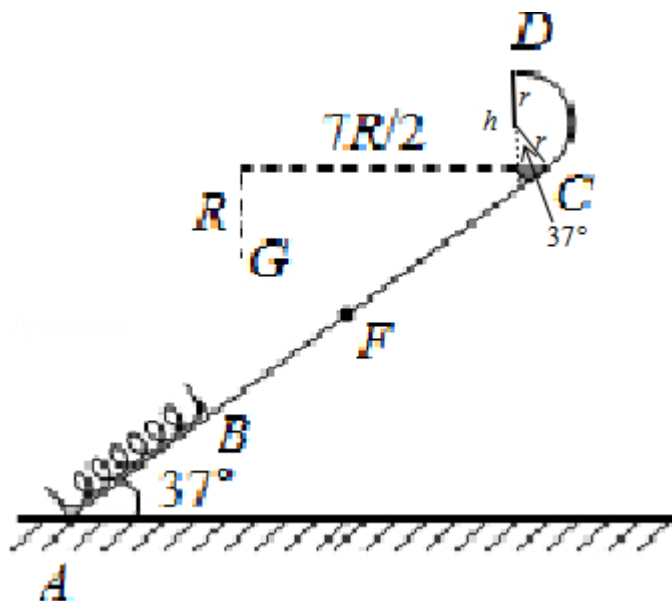
物块向下压缩弹簧的过程设克服弹力做功为 W，则：

$$mgx \cdot \sin 37^\circ - \mu mg \cos 37^\circ \cdot x - W = 0 - \frac{1}{2} m v_B^2$$

又由于弹簧增加的弹性势能等于物块克服弹力做的功，即： $E_p = W$

所以： $E_p = 2.4mgR$

（3）由几何关系可知图中 D 点相对于 C 点的高度：



$$h=r+r\cos 37^{\circ}=1.8r=1.8 \times \frac{5}{6}R=1.5R$$

所以 D 点相对于 G 点的高度: $H=1.5R+R=2.5R$

$$\text{小球做平抛运动的时间: } t=\sqrt{\frac{2H}{g}}=\sqrt{\frac{5R}{g}}$$

$$\text{G 点到 D 点的水平距离: } L=\frac{7}{2}R-r\sin 37^{\circ}=\frac{7}{2}R-\frac{5}{6}R \times \frac{3}{5}=3R$$

由: $L=v_D t$

$$\text{联立得: } v_D=\frac{3}{5}\sqrt{5gR}$$

E 到 D 的过程中重力、弹簧的弹力、斜面的阻力做功, 由功能关系得:

$$E_P-m'g(\overline{EC}\sin 37^{\circ}+h)-\mu m'g\overline{EC}\cos 37^{\circ}=\frac{1}{2}m'v_D^2-0$$

$$\text{联立得: } m'=\frac{1}{3}m$$

答: (1) P 第一次运动到 B 点时速度的大小是 $2\sqrt{gR}$ 。

(2) P 运动到 E 点时弹簧的弹性势能是 $2.4mgR$ 。

(3) 改变物块 P 的质量, 将 P 推至 E 点, 从静止开始释放。已知 P 自圆弧轨道的最高点 D 处水平飞出后, 恰好通过 G 点。G 点在 C 点左下方, 与 C 点水平相距 $\frac{7}{2}R$ 、竖直相距 R, 求 P 运动到 D 点时速度的大小是 $\frac{3}{5}\sqrt{5gR}$, 改变后 P 的质量是 $\frac{1}{3}m$ 。

【点评】 本题考查功能关系、竖直面内的圆周运动以及平抛运动, 解题的关键在于明确能达到 E 点的条件, 并能正确列出动能定理及理解题目中公式的含义。

第二小问可以从运动全过程的角度跟能量的角度来列式

$$mgx_{CF}\sin 37^{\circ}=\mu mg\cos 37^{\circ}[2(x_{BF}+x)+x_{CF}] \text{ 代入数据, 解得 } x=R$$

$$mgx_{CE}=\mu mg\cos 37^{\circ}x_{CE}+E_P;$$

代入数据, 解得 $E_P=2.4mgR$

三、选考题: 共 45 分。请考生从给出的 3 道物理题任选一题作答, 并用 2B 铅笔在答题卡上把所选题目题号后的方框涂黑。注意所选题目的题号必须与所涂题目的题号一致, 在答题卡选答区域指定位置答题。如果多做, 则每学科按所做的第一题计分。【物理--选修 3-3】

13. (5 分) 关于热力学定律, 下列说法正确的是 ()

- A. 气体吸热后温度一定升高
- B. 对气体做功可以改变其内能
- C. 理想气体等压膨胀过程一定放热
- D. 热量不可能自发地从低温物体传到高温物体
- E. 如果两个系统分别与状态确定的第三个系统达到热平衡，那么这两个系统彼此之间也必定达到热平衡

【考点】8F：热力学第一定律；8H：热力学第二定律。

【专题】31：定性思想；43：推理法；548：热力学定理专题。

【分析】做功和热传递都能改变内能；物体内能的增量与外界对物体做的功和物体吸收热量的和，即： $\Delta U=Q+W$ ；所有的热力学过程都有一定的方向性；结合热平衡定律分析两个系统分别与状态确定的第三个系统达到热平衡的情况。

【解答】解：A、物体吸收热量，同时对外做功，如二者相等，则内能可能不变，所以气体吸热后温度不一定升高，故 A 错误；
 B、做功和热传递都能改变内能；所以对气体做功可以改变其内能。故 B 正确；
 C、根据理想气体的状态方程可知，理想气体等压膨胀过程中压强不变，体积增大则气体的温度一定升高，所以气体的内能增大；气体的体积增大对外做功而内能增大，所以气体一定吸热，故 C 错误；
 D、根据热力学第二定律热量不可能自发地从低温物体传到高温物体。故 D 正确
 E、根据热平衡定律可知，如果两个系统分别与状态确定的第三个系统达到热平衡，那么这两个系统彼此之间也必定达到热平衡。故 E 正确。

故选：BDE。

【点评】本题考查热力学第一定律，热力学第二定律以及热平衡定律等，知道做功和热传递都能改变内能，理解热力学第二定律的几种不同的说法是解答的关键。基础题。

14. (10 分) 在水下气泡内空气的压强大于气泡表面外侧水的压强，两压强差 Δp 与气泡半径 r 之间的关系为 $\Delta p = \frac{2\sigma}{r}$ ，其中 $\sigma = 0.070 \text{ N/m}$ 。现让水下 10m 处

一半径为 0.50cm 的气泡缓慢上升，已知大气压强 $p_0=1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ ，水的密度 $\rho=1.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ，重力加速度大小 $g=10 \text{m/s}^2$ 。

- (i) 求在水下 10m 处气泡内外的压强差；
- (ii) 忽略水温随水深的变化，在气泡上升到十分接近水面时，求气泡的半径与其原来半径之比的近似值。

【考点】99：理想气体的状态方程。

【专题】11：计算题；32：定量思想；4C：方程法；54B：理想气体状态方程专题。

【分析】(1) 根据题给公式 $\Delta p = \frac{2\sigma}{r}$ 算在水下 10m 处气泡内外的压强差；

(2) 先确定初末状态的 p 、 V ，根据玻意耳定律列方程，忽略很小量，求出气泡的半径与其原来半径之比的近似值

【解答】解：(i) 当气泡在水下 $h=10\text{m}$ 处时，设其半径为 r_1 ，气泡内外压强差为 Δp_1 ，则

$$\Delta p_1 = \frac{2\sigma}{r_1} \text{①}$$

代入题给数据得 $\Delta p_1 = 28 p_a$ ②

(ii) 设气泡在水下 10m 处时，气泡内空气的压强为 p_1 ，气泡体积为 V_1 ；气泡到达水面附近时，气泡内空气的压强为 p_2 ，内外压强差为 Δp_2 ，其体积为 V_2 ，半径为 r_2 。

气泡上升过程中温度不变，根据玻意耳定律有

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \text{③}$$

由力学平衡条件有

$$p_1 = p_0 + \rho gh + \Delta p_1 \text{④}$$

$$p_2 = p_0 + \Delta p_2 \text{⑤}$$

气泡体积 V_1 和 V_2 分别为

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi r_1^3 \text{⑥}$$

$$V_2 = \frac{4}{3} \pi r_2^3 \text{⑦}$$

联立③④⑤⑥⑦式得

$$\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3 = \frac{p_0 + \Delta p_2}{\rho gh + p_0 + \Delta p_1} \text{⑧}$$

由 $\Delta p_i \ll p_0$, $i=1, 2$, 故可略去⑧式中的 Δp_i 项, 代入题给数据得

$$\frac{r_2}{r_1} = \sqrt[3]{2} \approx 1.3$$

答: (i) 在水下 10m 处气泡内外的压强差 28Pa;

(ii) 忽略水温随水深的变化, 在气泡上升到十分接近水面时, 气泡的半径与其原来半径之比的近似值 1.3

【点评】本题题型新颖, 有创意, 考查了考生获取新知的能力, 对玻意耳定律考查有了创新, 平时复习要注重多训练, 在高考中才能灵活应用.

【物理--选修 3-4】(15 分)

15. 某同学漂浮在海面上, 虽然水面波正平稳地以 1.8m/s 的速率向着海滩传播, 但他并不向海滩靠近, 该同学发现从第 1 个波峰到第 10 个波峰通过身下的时间间隔为 15s, 下列说法正确的是 ()

- A. 水面波是一种机械波
- B. 该水面波的频率为 6 Hz
- C. 该水面波的波长为 3 m
- D. 水面波没有将该同学推向岸边, 是因为波传播时能量不会传递出去
- E. 水面波没有将该同学推向岸边, 是因为波传播时振动的质点并不随波迁移

【考点】F2: 机械波; F5: 波长、频率和波速的关系.

【专题】31: 定性思想; 43: 推理法; 51B: 简谐运动专题.

【分析】明确水波是种机械波; 首先根据题干中的条件, 可计算出波的振动周期,

再利用周期与频率之间的关系，即可计算出波的频率；利用波速、周期、波长之间的关系式 $\lambda=vT$ 可求得波长，结合波传播的特点，参与振动的质点只是在自己的平衡位置处振动。

【解答】解：A、水面波是有机械振动一起的，在介质（水）中传播的一种波，是一种机械波，故 A 正确。

B、由第 1 个波峰到第 10 个波峰通过身下的时间间隔为 15s，可得知振动的周期

$$T \text{ 为: } T = \frac{t}{n} = \frac{15}{10-1} = \frac{5}{3} \text{ s, 频率为: } f = \frac{1}{T} = \frac{3}{5} = 0.6 \text{ Hz, 故 B 错误。}$$

C、由公式 $\lambda=vT$ ，有 $\lambda=1.8 \times \frac{5}{3} = 3 \text{ m}$ ，故 C 正确。

DE、参与振动的质点只是在自己的平衡位置附近做往复运动，并不会“随波逐流”，但振动的能量和振动形式却会不断的向外传播，故 D 错误，E 正确。

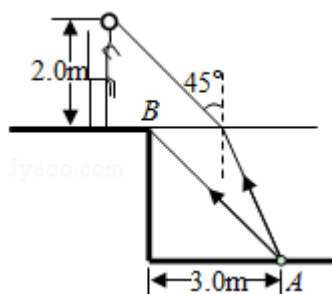
故选：ACE。

【点评】本题应明确机械波的特点：注意以下几点：

- (1) 介质各个质点不是同时起振，但起振方向与振源起振方向相同。
- (2) 离振源近的质点先起振。
- (3) 质点只在平衡位置振动，并不随波迁移。
- (4) 波传播的是振动形式和能量，且能传递信息。
- (5) 传播过程中各质点的振动都是受迫振动，驱动力来源于振源，各质点起振时与振源起振时的情况完全相同，其频率等于振源频率。

16. 如图，在注满水的游泳池的池底有一点光源 A，它到池边的水平距离为 3.0m。从点光源 A 射向池边的光线 AB 与竖直方向的夹角恰好等于全反射的临界角，水的折射率为 $\frac{4}{3}$ 。

- (i) 求池内的水深；
- (ii) 一救生员坐在离池边不远处的高凳上，他的眼睛到地面的高度为 2.0m。当他看到正前下方的点光源 A 时，他的眼睛所接受的光线与竖直方向的夹角恰好为 45° 。求救生员的眼睛到池边的水平距离（结果保留 1 位有效数字）。



【考点】 H3: 光的折射定律.

【专题】 12: 应用题; 33: 参照思想; 4F: 几何法; 54D: 光的折射专题.

【分析】 (i) 光由光源 A 射向 B 点时恰好发生全反射, 入射角等于临界角. 由临界角公式 $\sin C = \frac{1}{n}$ 求临界角 C, 从而得到光线在 B 点的入射角, 再由几何知识求出水深.

(ii) 作出射向救生员的光路, 由折射定律求出光线在水面的入射角. 根据几何关系求解救生员的眼睛到池边的水平距离.

【解答】 解: (i) 光由 A 射向 B 点发生全反射, 光路如图所示.

图中入射角 θ 等于临界角 C, 则有

$$\sin \theta = \frac{1}{n} = \frac{3}{4}$$

由题, $\overline{AO} = 3\text{m}$, 由几何关系可得:

$$\overline{AB} = 4\text{m}$$

$$\text{所以 } \overline{BO} = \sqrt{\overline{AB}^2 - \overline{AO}^2} = \sqrt{7}\text{m}$$

(ii) 光由 A 点射入救生员眼中的光路图如图所示.

在 E 点, 由折射率公式得 $\frac{\sin 45^\circ}{\sin \alpha} = n$

$$\text{得 } \sin \alpha = \frac{3\sqrt{2}}{8}, \quad \tan \alpha = \frac{3}{\sqrt{23}} = \frac{3\sqrt{23}}{23}$$

$$\text{设 } \overline{BE} = x, \text{ 则得 } \tan \alpha = \frac{\overline{AQ}}{\overline{QE}} = \frac{3-x}{\sqrt{7}}$$

$$\text{代入数据解得 } x = \left(3 - \frac{3\sqrt{161}}{23} \right) \text{m}$$

由几何关系可得, 救生员到池边水平距离为 $(2-x)\text{m} \approx 0.7\text{m}$

答:

(i) 池内的水深 $\sqrt{7}\text{m}$.

故 D 错误；

E、根据 $E_k = h\nu - W = eU_c$ ，得遏止电压 U_c 及最大初动能 E_k 与入射光的频率有关，与入射光的强度无关，故 E 正确

故选：ACE。

【点评】解决本题的关键知道光电效应的条件，以及影响光电子最大初动能的因素，知道入射光的强度影响的是单位时间内逸出的光电子数目。入射光越强饱和光电流越大。

18. 某游乐园入口旁有一喷泉，喷出的水柱将一质量为 M 的卡通玩具稳定地悬停在空中。为计算方便起见，假设水柱从横截面积为 S 的喷口持续以速度 v_0 竖直向上喷出；玩具底部为平板（面积略大于 S ）；水柱冲击到玩具底板后，在竖直方向水的速度变为零，在水平方向朝四周均匀散开。忽略空气阻力。已知水的密度为 ρ ，重力加速度大小为 g 。求：

- (i) 喷泉单位时间内喷出的水的质量；
- (ii) 玩具在空中悬停时，其底面相对于喷口的高度。

【考点】 1N：竖直上抛运动；52：动量定理。

【专题】 15：简答题；31：定性思想；43：推理法；52F：动量定理应用专题。

【分析】 (i) 喷泉单位时间内喷出的水的质量 $m = \rho V$ 求解；

(ii) 玩具在空中悬停时，受力平衡，水对玩具的冲击力等于玩具的重力，根据运动学基本公式求得水上升到玩具处的速度，再根据动量定理列式求解即可。

【解答】 解：(i) 喷泉单位时间内喷出的水的质量 $m = \rho V = \rho S v_0 t$ ，

(ii) 设水到达卡通玩具处的速度为 v ，玩具在空中悬停时，其底面相对于喷口的高度为 h ，

根据运动学基本公式得： $v^2 - v_0^2 = -2gh$ ，

水柱冲击到玩具底板后，在竖直方向水的速度变为零，以向上为正，

根据动量定理得：

$$-Mgt = \rho S v_0 t (0 - v)$$

联立解得：
$$h = \frac{\rho^2 S^2 v_0^4 - M^2 g^2}{2 \rho^2 S^2 v_0^2 g}$$

答：(i) 喷泉单位时间内喷出的水的质量为 $\rho S v_0$ ；

(ii) 玩具在空中悬停时，其底面相对于喷口的高度为
$$\frac{\rho^2 S^2 v_0^4 - M^2 g^2}{2 \rho^2 S^2 v_0^2 g}$$
。

【点评】本题主要考查了动量定理与运动学基本公式的直接应用，知道玩具在空中悬停时，受力平衡，合力为零，另外注意水柱冲击到玩具底板后，在竖直方向水的速度变为零，难度适中。