



## 物 理

2024.07

学校 \_\_\_\_\_ 班级 \_\_\_\_\_ 姓名 \_\_\_\_\_

<b>考 生 须 知</b>	<p>1. 本试卷共 8 页，共四道大题，20 道小题。满分 100 分。考试时间 90 分钟。</p> <p>2. 在试卷和答题纸上准确填写学校名称、班级名称、姓名。</p> <p>3. 答案一律填涂或书写在答题纸上，在试卷上作答无效。</p> <p>4. 在答题纸上，选择题用 2B 铅笔作答，其余题用黑色字迹签字笔作答。</p> <p>5. 考试结束，请将本试卷和答题纸一并交回。</p>
----------------------------	---

**一、单项选择题。**本题共 10 道小题，在每小题给出的四个选项中，只有一个选项是符合题意的。(每小题 3 分，共 30 分)

请阅读下述文字，完成第 1 题、第 2 题。

网球运动员将球沿水平方向击出，球离开球拍后在重力的作用下划出一条曲线，向对方场地飞去，如图 1 所示。网球可视为质点，不计空气阻力。

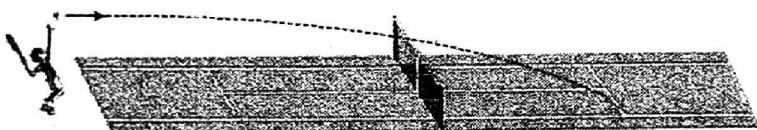


图 1

1. 以地面为参考系，网球在空中的运动是  
 A. 匀速运动                  B. 平抛运动                  C. 圆周运动                  D. 匀减速运动
2. 网球在空中运动的过程中，下列说法正确的是  
 A. 速度方向保持不变                  B. 位移方向保持不变  
 C. 加速度方向保持不变                  D. 速度方向与加速度方向始终垂直

请阅读下述文字，完成第 3 题、第 4 题、第 5 题。

如图 2 所示，用长度为  $l$  的轻绳拴一小球，将小球拉至与竖直方向成  $\theta$  角的  $A$  点静止释放，小球从  $A$  运动到最低点  $O$ 。已知重力加速度为  $g$ ，不计空气阻力。

3. 关于小球运动过程中的受力情况，下列判断正确的是  
 A. 只受重力                          B. 只受拉力  
 C. 只受重力和拉力                  D. 受重力、拉力和向心力
4. 小球在从  $A$  运动到最低点  $O$  的过程中，下列说法正确的是  
 A. 动能逐渐增大                          B. 动能逐渐减小  
 C. 机械能逐渐增大                          D. 机械能逐渐减小

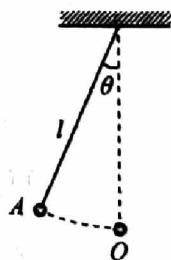


图 2



5. 当小球运动到最低点  $O$  时, 小球的线速度大小为

- A.  $\sqrt{2gl}$       B.  $2\sqrt{gl}$       C.  $\sqrt{2gl(1-\sin\theta)}$       D.  $\sqrt{2gl(1-\cos\theta)}$

请阅读下述文字, 完成第 6 题、第 7 题、第 8 题。

牛顿根据行星运动规律得出“天体间引力遵循平方反比规律”后, 进一步设想“使苹果落向地面的力”与天体间的引力是同一性质的力。为此, 他进行了著名的“月—地检验”加以证实。设地球质量为  $m_{地}$ 、月球质量为  $m_{月}$ 、苹果质量为  $m_{苹}$ , 地球中心与月球中心的距离为  $r$ , 地球中心与苹果的距离为  $R$ , 引力常量为  $G$ 、地表重力加速度为  $g$ 。

6. 月球绕地球做匀速圆周运动的过程中, 下列物理量保持不变的是

- A. 周期      B. 线速度      C. 向心力      D. 向心加速度

7. 假设地球与月球间的作用力和太阳与行星间的作用力是同一性质的力, 则地球与月球间的作用力  $F$  的表达式为

- A.  $m_{月}g$       B.  $m_{地}g$       C.  $G\frac{m_{地}m_{月}}{R^2}$       D.  $G\frac{m_{地}m_{月}}{r^2}$

8. 假设地球与树上苹果的作用力和地球与月球间的作用力也是同一性质的力, 则月球绕地球做圆周运动的向心加速度  $a_{月}$  和苹果的自由落体加速度  $a_{苹}$  之间的大小关系应该满足

- A.  $\frac{a_{月}}{a_{苹}} = \frac{m_{月}}{m_{苹}}$       B.  $\frac{a_{月}}{a_{苹}} = \frac{m_{地}R}{m_{月}r}$       C.  $\frac{a_{月}}{a_{苹}} = \frac{R^2}{r^2}$       D.  $\frac{a_{月}}{a_{苹}} = \frac{R}{r}$

9. 某同学尝试用无人机空投包裹。他先让无人机带着质量为  $m$  的包裹 (含降落伞) 升空并悬停在距离地面  $H$  处的空中, 某时刻无人机释放了包裹, 下落的加速度大小恒为  $a_1$ ; 在包裹下落  $h$  时打开降落伞做减速运动, 加速度大小恒为  $a_2$ , 当落到地面时, 速度大小为  $v$ 。已知重力加速度为  $g$ 。下列判断不正确的是

- A. 包裹从开始下落  $h$  时的动能为  $mgh + ma_1h$   
 B. 包裹从打开降落伞到落到地面这个过程中, 合力所做的功为  $\frac{1}{2}mv^2 - ma_1h$   
 C. 根据题中信息可以求出整个过程包裹重力的平均功率  
 D. 根据题中信息可以求出整个过程包裹机械能的减少量

10. 如图 3 所示, 牛顿在他的《自然哲学的数学原理》中说到: 把物体从高山上水平抛出, 速度一次比一次大, 落地点也就一次比一次远; 抛出速度足够大时, 物体就不会落回地面, 而是成为人造地球卫星。可认为山的高度远小于地球的半径, 不计空气阻力。下列说法正确的是

- A. 对于那些抛出后可以落回地面的物体, 无论抛出速度是多大, 落地时间都一样  
 B. 图中圆轨道对应的抛出速度近似等于第一宇宙速度  
 C. 若抛出的速度大于第一宇宙速度, 则物体在之后的运动过程中将无法返回山顶  
 D. 若抛出的速度大于第二宇宙速度, 则物体被抛出后可能绕地球做圆周运动

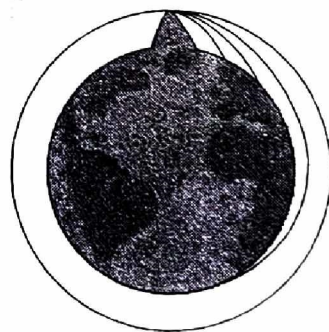


图 3



二、多项选择题。本题共 4 道小题，在每小题给出的四个选项中，有多个选项是符合题意的（每小题 3 分，共 12 分。每小题全选对的得 3 分，选对但不全的得 2 分，不选或有选错的该小不得分）

11. 如图 4 所示为某自行车的主要传动部件。大齿轮和小齿轮通过链条相连， $A$  和  $B$  分别为大齿轮和小齿轮边缘处的点。若两齿轮匀速转动，下列说法正确的是

- A.  $A$ 、 $B$  两点的角速度大小相等
- B.  $A$ 、 $B$  两点的角速度大小不等
- C.  $A$ 、 $B$  两点的向心加速度大小相等
- D.  $A$ 、 $B$  两点的向心加速度大小不等

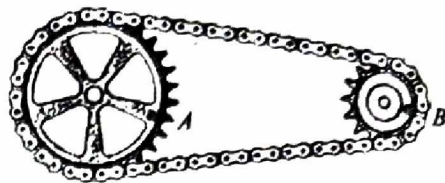


图 4

12. 我国有很多不同轨道高度的人造卫星。如图 5 所示，人造卫星  $A$ 、 $B$  都绕地球做匀速圆周运动。两颗人造卫星的质量之比为  $m_A:m_B = 1:3$ ，轨道半径之比为  $r_A:r_B = 2:3$ ，则  $A$ 、 $B$  两颗人造卫星

- A. 周期之比为  $2:3$
- B. 线速度大小之比为  $\sqrt{3}:\sqrt{2}$
- C. 向心加速度大小之比为  $9:4$
- D. 动能之比为  $1:2$

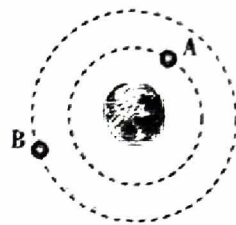


图 5

13. 如图 6 所示，在地面上做感受向心力实验时，不可伸长的轻绳一端固定于  $O$  点，另一端系一沙袋，使其在水平面内做匀速圆周运动，沙袋所受的向心力近似等于手通过绳对沙袋的拉力。若将此实验放在绕地球做匀速圆周运动的太空实验室中进行，则下列说法正确的是

- A. 沙袋圆周运动的轨迹可以处于任意平面
- B. 手提供的拉力大小时刻发生变化
- C. 若保持半径不变，减小旋转周期，手提供的拉力增大
- D. 若保持半径不变，减小沙袋速度，手提供的拉力增大

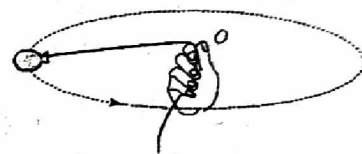


图 6

14. 修建高层建筑常用的塔式起重机如图 7 所示。在起重机将重物竖直吊起的过程中，重物从地面由静止开始向上做匀加速直线运动，直到起重机的输出功率达到其允许的最大值。图 8 中可能正确反映起重机的输出功率  $P$  随时间  $t$ 、重物的速度  $v$ 、重物上升高度  $h$  的变化关系，以及重物的速度  $v$  随时间  $t$  的变化关系的是

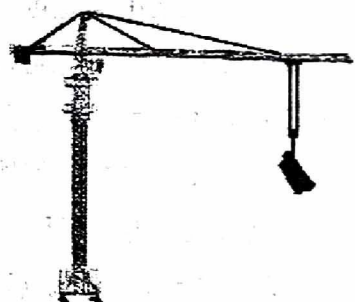


图 7

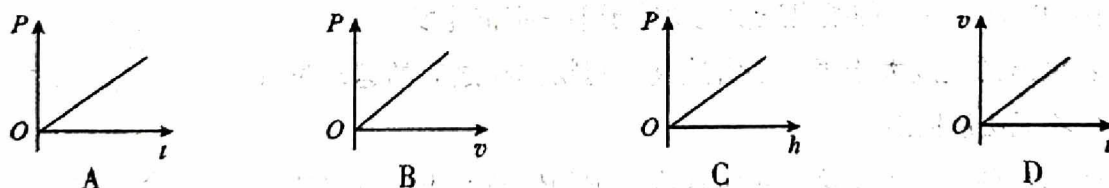


图 8



三、实验题。本题共2道小题。(共18分。15题6分,16题12分)

15. 为了探究平抛运动的特点,某同学进行了如下实验。

(1) 该同学先用图9甲所示的器材进行实验。他用小锤击打弹性金属片, A球沿水平方向飞出,同时B球被释放,做自由落体运动。改变小球距地面的高度和击打小球的力度,多次重复实验,均可以观察到A、B两球同时落地。关于本实验,下列说法正确的是\_\_\_\_\_ (选填选项前的字母)。

- A. 可以验证平抛运动在水平方向上是匀速直线运动
- B. 可以验证平抛运动在竖直方向上是自由落体运动
- C. 可以同时验证平抛运动在两个方向上的运动规律

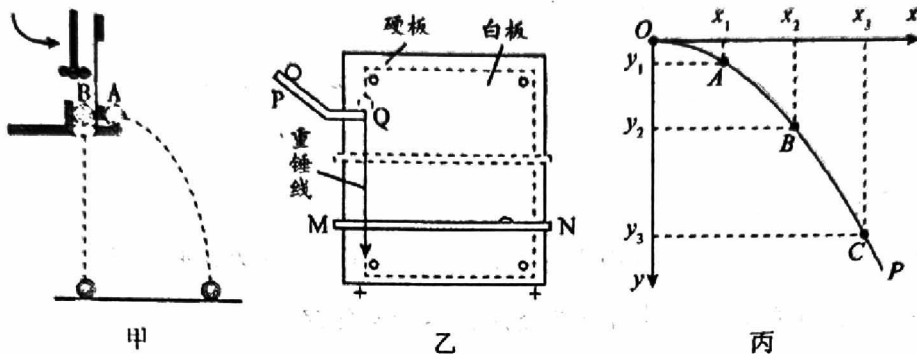


图9

(2) 为了在图9甲实验结论的基础上进一步研究平抛运动水平分运动的特点,该同学用图9乙所示装置继续进行实验。将白纸和复写纸对齐重叠并固定在坚硬的硬板上。钢球沿斜槽轨道PQ滑下后从Q点飞出,落在水平挡板MN上。由于挡板靠近硬板一侧较低,钢球落在挡板上时,钢球会在白纸上挤压出一个印迹。移动挡板,重复上述操作,白纸上将留下一系列印迹。为了能较准确地描绘运动轨迹,下列说法正确的是\_\_\_\_\_ (选填选项前的字母)。

- A. 每次释放钢球的位置应相同
- B. 斜槽轨道必须光滑
- C. 记录钢球位置用的挡板MN每次必须等距离下降

(3) 在正确操作的情况下,如图9丙所示,该同学以小球抛出点为坐标原点O,建立水平方向为x轴、竖直方向为y轴的坐标系,描绘出小球做平抛运动的轨迹OP。该同学在曲线OP上取三个点A、B、C,让它们在y方向上到O点的距离之比为 $y_1 : y_2 : y_3 = 1 : 4 : 9$ ,再测量三个点在x方向上到O点的距离 $x_1, x_2, x_3$ ,若小球在水平方向上是匀速直线运动,则 $x_1 : x_2 : x_3 =$ \_\_\_\_\_。

16. 某同学利用如图 10 所示的实验装置验证机械能守恒定律。



(1) 除图 10 中所示器材外, 还必须使用的器材有

\_\_\_\_\_ (选填选项前的字母)。

- A. 交流电源    B. 天平 (含砝码)  
C. 刻度尺      D. 秒表

(2) 为了得到重物由静止开始自由下落到某点时的瞬时速度  $v$  和下落高度  $h$ , 某同学对实验得到的纸带, 设计了以下四种方案, 已知当地重力加速度为  $g$ , 其中合理的是 \_\_\_\_\_ (选填选项前的字母)。

- A. 测出物体下落高度  $h$ , 由打点间隔数算出下落时间  $t$ , 通过  $v = gt$  计算出瞬时速度  $v$   
B. 测出物体下落的高度  $h$ , 并通过  $v = \sqrt{2gh}$  计算出瞬时速度  $v$   
C. 根据做匀变速直线运动时, 纸带上某点的瞬时速度等于这点前后相邻两点间的平均速度, 测算出瞬时速度  $v$ , 并通过  $h = \frac{v^2}{2g}$  计算得出高度  $h$   
D. 测出物体下落的高度  $h$ , 根据纸带上某点的瞬时速度等于这点前后相邻两点间的平均速度, 测算出瞬时速度  $v$

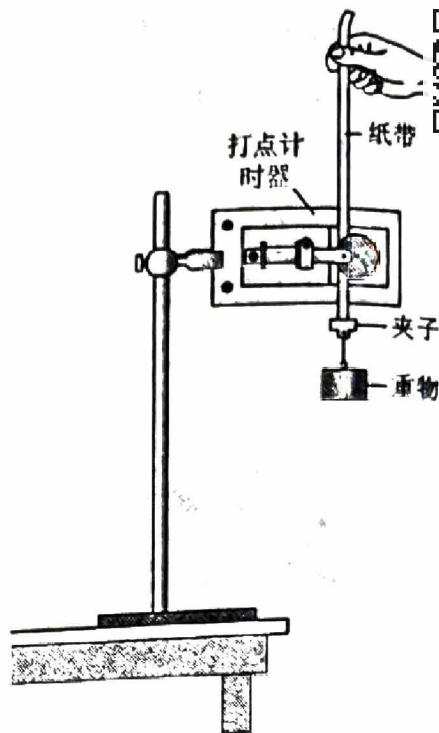


图 10

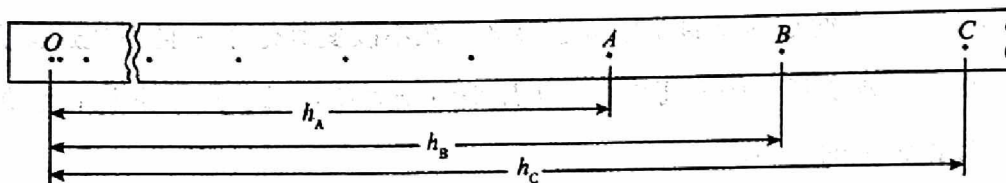


图 11

(3) 实验中得到如图 11 所示的一条纸带。在纸带上选取三个连续打出的点  $A$ 、 $B$ 、 $C$ , 测得它们到起始点  $O$  (速度为 0) 的距离分别为  $h_A$ 、 $h_B$ 、 $h_C$ 。已知重物质量为  $m$ , 当地重力加速度为  $g$ , 打点计时器打点的周期为  $T$ 。从打下  $O$  点到打下  $B$  点的过程中, 重物的重力势能变化量  $\Delta E_p =$  \_\_\_\_\_, 动能变化量  $\Delta E_k =$  \_\_\_\_\_。



- (4) 如图 12 所示为一种利用气垫导轨“验证机械能守恒定律”的实验装置。将气垫导轨水平放置，滑块放在最右侧，并通过轻绳连接托盘和砝码。通过测量可知挡光条的宽度为  $d$ ，托盘和砝码总质量为  $m$ ，滑块与挡光条的总质量为  $M$ 。实验开始时，将滑块移至图示位置，测出挡光条到光电门距离为  $l$  ( $d \ll l$ )，由静止释放滑块，读出挡光条通过光电门的挡光时间为  $t$ 。已知当地重力加速度为  $g$ ，不计一切摩擦和空气阻力。请选择合适的研究对象，写出验证机械能守恒定律所需要满足的表达式。

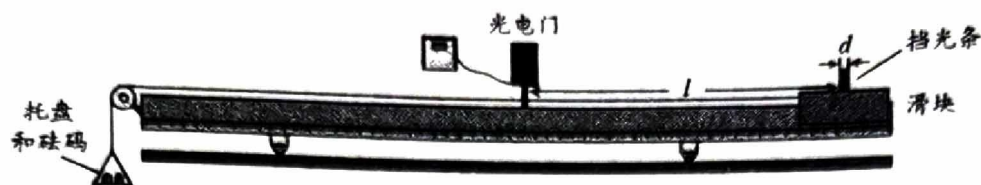


图 12

四、论述、计算题。本题共 4 道小题。(17、18 题各 9 分，19 题 10 分，20 题 12 分。共 40 分)

要求：写出必要的文字说明、方程式、演算步骤和答案。有数值计算的小题，答案必须明确写出数值和单位。

17. 如图 13 所示，一个圆盘在水平面内匀速转动，角速度  $\omega_0 = 2.0 \text{ rad/s}$ 。盘面上距圆盘中心  $r = 0.10 \text{ m}$  的位置有一个质量  $m = 0.10 \text{ kg}$  的小物体随圆盘一起做匀速圆周运动。可认为最大静摩擦力与滑动摩擦力相等，取重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。

- (1) 画出小物体在图示位置的受力示意图。
- (2) 求小物体受到的摩擦力大小  $f$ 。
- (3) 若小物体与圆盘间的动摩擦因数  $\mu = 0.25$ ，为使小物体不滑动，圆盘转动的角速度  $\omega$  不能超过多少？

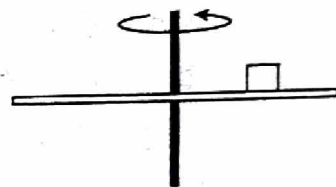


图 13



18. 如图 14 所示,  $AB$  段是长为  $x = 5R$  的粗糙水平轨道,  $BC$  段是半径为  $R$  的光滑竖直半圆形轨道, 其直径  $BC$  沿竖直方向, 两段轨道在  $B$  点处平滑连接。一可视为质点的质量为  $m$  的滑块, 静止于  $A$  点。现用水平向右的瞬时作用力  $F$  击打滑块, 使其获得  $v_0 = \sqrt{6gR}$  的初速度。已知滑块与水平轨道  $AB$  间的动摩擦因数  $\mu = 0.2$ , 重力加速度为  $g$ 。求:

- (1) 力  $F$  对滑块所做的功  $W$ 。
- (2) 滑块在经过半圆形轨道上的  $B$  点时对轨道压力的大小  $F_{压}$ 。
- (3) 通过计算说明滑块能否到达半圆形轨道的最高点  $C$ 。

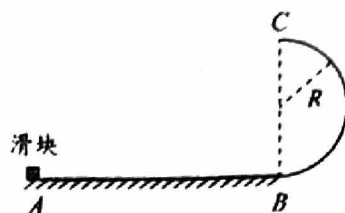


图 14

19. 2020 年中国开启了火星探测任务, 成功发射探测器“天问一号”。2021 年 5 月 15 日天问一号着陆器成功着陆, “祝融号”火星探测车开始在火星上巡视探测, 而天问一号环绕器则进入中继通讯轨道环绕火星运行。若已知火星质量为  $M_{火}$ , 火星半径为  $R_{火}$ , 地球质量为  $M_{地}$ , 地球半径为  $R_{地}$ , 引力常量为  $G$ 。在以下问题的讨论中, 火星和地球均可视为质量分布均匀的球体, 且忽略火星和地球自转的影响。

- (1) 天问一号将于 2030 年前后从火星取样返回地球, 若某样品在火星表面附近所受重力大小为  $G_{火}$ , 在地球表面附近所受重力大小为  $G_{地}$ , 写出  $G_{火}/G_{地}$  的表达式。
- (2) 天问一号环绕器绕火星顺时针运动轨迹为椭圆, 如图 15 所示, 其周期为  $T_1$ ; 火星的卫星“火卫二”绕火星的运动可近似为匀速圆周运动 (图中未画出), 其周期为  $T_2$ 。
  - a. 求“火卫二”的轨道半径  $r$  和天问一号环绕器轨道半长轴  $a$ 。
  - b. 比较天问一号从  $A$  运动到  $B$  的时间  $t_1$  和从  $B$  运动到  $C$  的时间  $t_2$  的大小, 并说明理由。

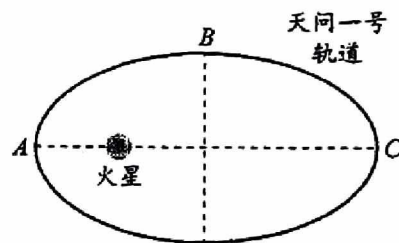


图 15



20. 一款射击玩具由小球和发射器组成，其发射装置可以简化为如图 16 所示的模型。小球的质量为  $m$ ，可视为质点。发射器的核心部件为一个轻弹簧，其原长为  $2L$ 、劲度系数  $k = \frac{2mg}{L}$ 。某次发射时，发射器与水平方向的夹角为  $30^\circ$ 。初始时小球位于弹簧原长  $O$  点处，以  $O$  点为坐标原点，沿发射器向下为  $x$  轴正方向，用变力  $F$  沿  $x$  轴方向极其缓慢地移动小球，将弹簧压缩  $L$ （没有超过弹簧的弹性限度）。已知重力加速度为  $g$ ，不计一切摩擦和空气阻力。

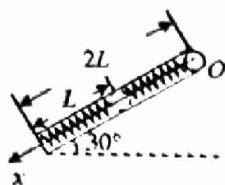


图 16

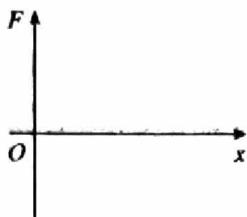


图 17

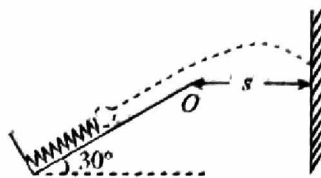


图 18

- (1) 在小球沿  $x$  轴向下缓慢移动到  $x = L$  的过程中：
  - a. 求当弹簧的压缩量为  $\frac{L}{4}$  时，变力  $F$  的大小。
  - b. 请在图 17 中画出变力  $F$  随小球位置  $x$  变化的图像，并求此过程中变力  $F$  做的功  $W_F$ 。
- (2) 当小球沿  $x$  轴向下缓慢移动到  $x = L$  时，突然撤去力  $F$ ，结合弹簧弹力与形变量关系的图像：
  - a. 求小球向上运动至发射器出口前的过程中获得的最大速度  $v_m$ 。
  - b. 若小球射出后在下落过程中击中与出口  $O$  点水平距离为  $s = \frac{L}{2}$  的竖直墙面，如图 18 所示。为使小球垂直击中竖直墙面，在不改变其他条件且不超过弹簧弹性限度的情况下，发射过程中应将弹簧最大压缩量增大还是减小？仿照平抛运动的处理方法，推导论证你的猜想。





# 海淀区高一年级练习

## 物 理

2024.07

一、单项选择题。本题共 10 小题，在每小题给出的四个选项中，只有一个选项是符合题意的。（每小题 3 分，共 30 分）

题 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答 案	B	C	C	A	D	A	D	C	A	B

二、多项选择题。本题共 4 小题，在每小题给出的四个选项中，有多个选项是符合题意的。（每小题 3 分，共 12 分。每小题全选对的得 3 分，选对但不全的得 2 分，只要有选错的该小题不得分）

题 号	11	12	13	14
答 案	BD	BCD	AC	ABD

三、实验题。本题共 2 小题。（共 18 分。15 题 6 分，16 题 12 分）

15. (1) B (2 分) (2) A (2 分) (3) 1: 2: 3 (2 分)

16. (1) AC (2 分) (2) D (2 分) (3)  $-mg h_B$  (2 分);  $\frac{m(h_C - h_A)^2}{8T^2}$  (2 分)

(4) 以托盘和砝码以及滑块和挡光条为系统，若机械能守恒，则应满足  $mgL = \frac{(M+m)d^2}{2t^2}$  (4 分)

四、论述、计算题。本题共 4 小题。（17、18 题各 9 分，19 题 10 分，20 题 12 分。共 40 分）

17. 解：

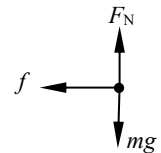
(1) 见答图 1

(2) 小物体受到的摩擦力大小为  $f = m r \omega_0^2 = 0.040 \text{N}$

(3) 当小物体与圆盘间的静摩擦力达到最大静摩擦力时，为使小物体不滑动，圆盘转动的角速度有最大值

根据牛顿第二定律  $\mu mg = m r \omega^2$

解得  $\omega = 5.0 \text{rad/s}$



答图 1

18. 解：

(1) 根据动能定理，有  $W = \frac{1}{2} m v_0^2 = 3mgR$

(2) 滑块从 A 运动到 B 的过程中，根据动能定理，有  $-\mu mgx = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$

根据牛顿第二定律，在 B 点，对滑块有  $F_{支} - mg = \frac{m v_B^2}{R}$



解得  $F_{支} = 5mg$

因为滑块对轨道的压力与其所受支持力为作用力与反作用力，

根据牛顿第三定律，有  $F_{压} = F_{支} = 5mg$

(3) 设滑块恰能到达最高点  $C$  点，且在  $C$  点速度为  $v_C$ ，此时轨道对滑块的压力为零，滑块只受重力

根据牛顿第二定律  $mg = m\frac{v_C^2}{R}$  解得  $v_C = \sqrt{gR}$

再假设滑块能够到达最高点  $C$  点，且在  $C$  点速度为  $v_C'$ ，由机械能守恒定律可得：

$$\frac{1}{2}mv_B^2 = 2mgR + \frac{1}{2}mv_C'^2$$

解得  $v_C' = 0 < \sqrt{gR}$ 。所以滑块不可能到达  $C$  点，假设不成立。

19. 解：

(1) 对于地球表面的物体  $m$ ，忽略自转的影响，有  $G_{地} = \frac{GM_{地}m}{R_{地}^2}$

同理，对于火星表面的物体  $m$ ，忽略自转的影响，有  $G_{火} = \frac{GM_{火}m}{R_{火}^2}$

则  $G_{火}/G_{地}$  的表达式为  $\frac{G_{火}}{G_{地}} = \frac{M_{火}R_{地}^2}{M_{地}R_{火}^2}$

(2) a. “火卫二”绕火星的运动可近似为匀速圆周运动，设其质量为  $m'$  轨道半径为  $r$ ，

$$\text{有 } \frac{GM_{火}m'}{r^2} = m'\frac{4\pi^2}{T_2^2}r$$

则“火卫二”的轨道半径  $r = \sqrt[3]{\frac{GM_{火}T_2^2}{4\pi^2}}$

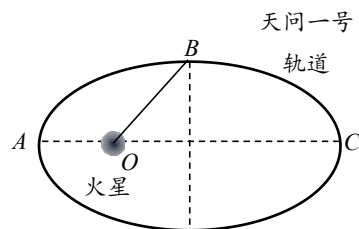
根据开普勒第三定律： $\frac{r^3}{T_2^2} = \frac{a^3}{T_1^2}$

解得天问一号环绕器轨道半长轴  $a = \sqrt[3]{\frac{GM_{火}T_1^2}{4\pi^2}}$

b. 天问一号环绕器绕火星顺时针运动轨迹为椭圆，

连接  $AO$ 、 $BO$ 、 $CO$ ，由答图 2 可知， $AOB$  所围成的面积小于  $BOC$  所围成的面积，根据开普勒第二定律，在相等的时间内扫过的面积都相等可知： $t_1 < t_2$

(说明：其他表述正确均可得分)



答图 2



20. 解:

(1) a. 小球缓慢下移过程受力平衡, 弹簧的压缩量为  $\frac{L}{4}$  时,

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

$$F_{\text{弹}} = kx = \frac{2mg}{L} \times \frac{L}{4} = \frac{1}{2} mg$$

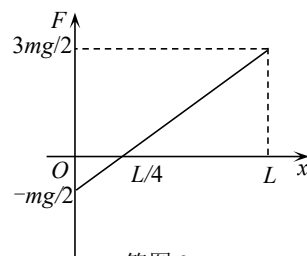
因此可知  $F=0$

b. 小球缓慢下移过程受力平衡, 根据题意, 以  $O$  点为坐标原点, 沿发射器向下为  $x$  轴正方向, 有

$$mg \sin \theta - kx + F = 0$$

可得:  $F = \frac{2mg}{L} x - \frac{1}{2} mg$ , 画出图像如答图 3,

根据图线与  $x$  轴包围的面积为力  $F$  做的功, 可得  $W_F = \frac{mgL}{2}$



答图 3

(2) a. 当弹簧弹力等于重力的分力时, 速度最大

$$\text{即 } kx = mg \sin \theta,$$

可知, 当  $x_2 = \frac{L}{4}$  时, 速度最大

根据弹簧弹力与形变量关系的线性图像, 可知图线与  $x$  轴包围的面积为弹簧弹力的功, 再根据弹簧弹力的功与弹性势能减少量之间的关系, 以弹簧原长为零势能参考点, 可知弹性势能的表达式  $E_p = \frac{1}{2} kx^2$

小球由最大位移  $x_1 = L$  至  $x_2 = \frac{L}{4}$  过程中, 由机械能守恒定律:

$$\frac{1}{2} kL^2 = \frac{1}{2} k\left(\frac{L}{4}\right)^2 + mg \frac{3L}{4} \sin \theta + \frac{1}{2} mv_m^2$$

$$\text{解得: } v_m = \sqrt{\frac{9}{8} gL}$$

b. 应将弹簧最大压缩量增大。

仿照平抛运动, 采用运动的合成与分解的方法, 可以将该运动分解为两个分运动: 水平方向的匀速直线运动和竖直方向的竖直上抛运动。

设从发射器出口射出时小球的速度大小为  $v_0$ , 小球从射出到运动到最高点的时间为  $t$ , 根据题中图 18 所示, 小球下落过程击中墙面, 因此小球运动到最高点时, 在水平方向的位移一定小于  $s$

$$\text{水平方向: } v_0 t \cos \theta < s$$

$$\text{竖直方向: } v_0 \sin \theta = gt$$

$$\text{联立可得: } v_0^2 < \frac{sg}{\cos \theta \sin \theta} \quad \text{①}$$



若小球垂直击中竖直墙面，则小球在空中的运动在竖直墙面处刚好为运动的最高点，设从发射器出口射出时小球的速度大小为  $v'_0$ ，小球在水平方向的位移为  $s$ ，

联系①式可知，  $v_0'^2 = \frac{sg}{\cos\theta \sin\theta}$  ②

比较①、②两式，可得  $v'_0 > v_0$

小球从发射到发射器出口射出的过程中，设初始时弹簧的压缩量为  $x_0$ ，

根据机械能守恒定律：

$$\frac{1}{2}kx_0^2 = mgx_0 \sin\theta + \frac{1}{2}mv^2$$

解得  $v = \sqrt{\frac{2g}{L}x_0^2 - gx_0}$

分析可知：

当  $x_0 \leq \frac{L}{2}$  时，小球不能从发射器出口射出；

当  $\frac{L}{2} < x_0 < L$  时，小球从发射器出口射出时的速度小于  $v_0$ ；

当  $x_0 > L$  时，小球从发射器出口射出时的速度会大于  $v_0$ ；

所以要使出口速度  $v_0$  增大，应该增大弹簧的压缩量。

（说明：其他推导论证正确均可得分）