

# 2023 北京海淀高三（上）期中

## 物 理

2023.11

本试卷共 8 页，100 分。考试时长 90 分钟。考生务必将答案答在答题纸上，在试卷上作答无效。考试结束后，将本试卷和答题纸一并交回。

### 第一部分

本部分共 10 题，每题 3 分，共 30 分。在每题给出的四个选项中，有的题只有一个选项是正确的，有的题有多个选项是正确的。全部选对的得 3 分，选不全的得 2 分，有选错或不答的得 0 分。把正确的答案填涂在答题纸上。

1. 如图 1 所示，铅球放在固定斜面上，用竖直挡板挡住并处于静止状态。不计一切摩擦。下列说法正确的是

- A. 铅球对斜面的压力大于铅球所受的重力
- B. 铅球对挡板的压力大于铅球对斜面的压力
- C. 若增大斜面倾角  $\theta$ ，铅球对挡板的压力增大
- D. 若增大斜面倾角  $\theta$ ，铅球对斜面的压力减小

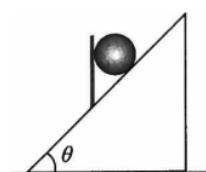


图 1

2. 一简谐横波沿  $x$  轴传播，某时刻的波形如图 2 所示。已知此时质点  $E$  向  $y$  轴负方向运动，下列说法正确的是

- A. 波沿  $x$  轴负方向传播
- B. 质点  $D$  此时向  $y$  轴负方向运动
- C. 质点  $A$  将比质点  $B$  先回到平衡位置
- D. 质点  $D$  的振幅为零

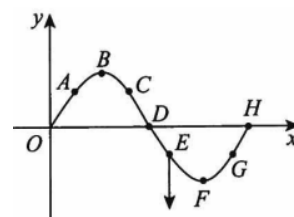


图 2

3. 在“探究两个互成角度的力的合成规律”实验中，橡皮条的一端  $E$  挂有轻质小圆环，另一端  $G$  固定，如图 3 甲所示。小圆环受到两个弹簧测力计的拉力  $F_1$ 、 $F_2$  共同作用，静止于  $O$  点，如图 3 乙所示。撤去  $F_1$ 、 $F_2$ ，改用一个弹簧测力计单独拉小圆环，仍使小圆环处于  $O$  点静止，其拉力为  $F$ ，如图 3 丙所示。做好记录，画出  $F_1$ 、 $F_2$  和  $F$  的图示，并用虚线把拉力  $F$  的箭头端分别与  $F_1$ 、 $F_2$  的箭头端连接，如图 3 丁所示。关于本实验，下列说法正确的是

- A. 本实验体现了等效替代的思想方法
- B. 实验中需要记录的信息只有  $F_1$ 、 $F_2$  和  $F$  的大小
- C. 由图 3 丁可初步猜测  $F$  与  $F_1$ 、 $F_2$  满足平行四边形的关系
- D. 重复多次实验时，每次都必须将小圆环拉至  $O$  点

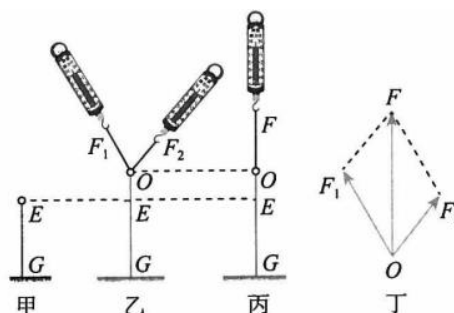


图 3

4. 如图 4 所示的曲线  $MN$  是某一质点的运动轨迹， $AA'$  为曲线上  $A$  点处的切线。质点从  $B$  点运动到  $A$  点所发生的位移为  $x$ ，所用时间为下列说法正确的是

A.  $\frac{x}{t}$  表示质点从 B 点运动到 A 点过程的平均速度

B. 质点从 B 点运动到 A 点的过程，平均速度的方向由 B 点指向 A 点

C. 若 B 点越接近 A 点，则  $\frac{x}{t}$  越接近质点在 A 点时的瞬时速度

D. 质点经过 A 点时所受合力可能沿着 AA' 的方向

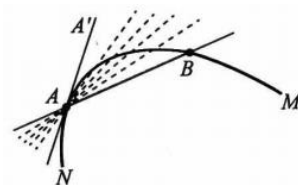


图 4

5. 某同学设计制作了一个“竖直加速度测量仪”，其结构如图 5 所示。一根轻弹簧上端固定，在弹簧旁沿弹簧长度方向固定一根直尺，弹簧下端挂一个质量  $m=0.10\text{kg}$  的重物，重物静止时弹簧的伸长量  $x_0=5.00\text{cm}$ ，指针指在 O 点。已知图中  $OM=ON=1.00\text{cm}$ ，规定竖直向下为正方向，取重力加速度  $g=10\text{m/s}^2$ 。下列说法正确的是

A. 若指针指在 OM 之间某点时，被测物体处于失重状态

B. 若指针指在 ON 之间某点时，被测物体可能在减速上升

C. M 点应标记的加速度值为  $-2.0\text{m/s}^2$

D. 该测量仪上的刻度所对应加速度的值是均匀的

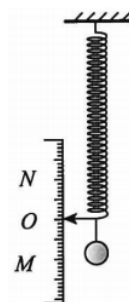


图 5

6. 如图 6 所示，半径为 R 的半球形碗，固定在可绕竖直轴旋转的水平转台上，转台转轴与过半球形碗的球心 O 的对称轴 OO' 重合。转台以角速度  $\omega$  匀速转动，此时碗内有两个相同的小物块 A 和 B 分别位于碗壁不同高度处，随碗一同转动且相对碗壁静止。忽略空气阻力，下列说法正确的是

A. 两物块受到的向心力大小相等

B. 两物块所受的摩擦力可能都为零

C. 在碗转动半圈的过程中，两物体所受重力的冲量大小相等

D. 在碗转动半圈的过程中，两物体所受合力的冲量大小相等

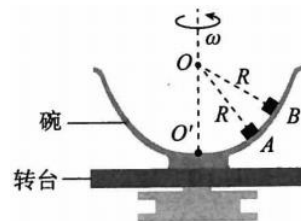


图 6

7. 台球在运动和撞击过程中，运动情况较为复杂。在不考虑球的转动和摩擦的情况下，可认为台球碰撞过程无机械能损失。如图 7 所示，某次击球，球 A 撞击质量相等且静止的球 B，使球 B 直接进入中袋。两球相碰时，球 A 的速度方向与两球心的连线成一定夹角。下列说法正确的是

A. 球 B 对球 A 做正功

B. 球 A 对球 B 的冲量与球 B 对球 A 的冲量大小相等，方向相反

C. 球 A 的速度变化量与球 B 的速度变化量方向不在同一直线上

D. 两球碰撞后，球 A 和球 B 的速度相互垂直

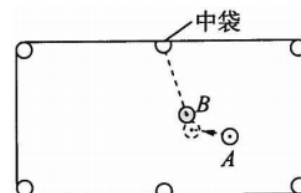


图 7

8. 如图 8 所示，轻弹簧上端固定，下端连接质量为 m 的小球，小球静止在光滑固定斜面上。给小球一个沿斜面向下的初速度，小球便沿斜面往复运动，空气阻力可忽略，弹簧始终在弹性限度内。取平衡位置 O 处为原点，沿斜面向下为正方向，建立坐标系，记小球振动过程中位置坐标为 x。规定 O 处重力势能为零，A 表示小球离开平衡位置的最大距离。图 9 中可能正确反映该小球运动过程中的速度 v、加速度 a、动能  $E_k$  以及重力势能  $E_p$  随 x 的变化关系的是

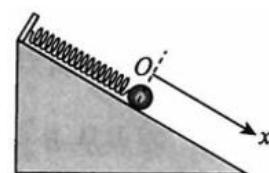


图 8

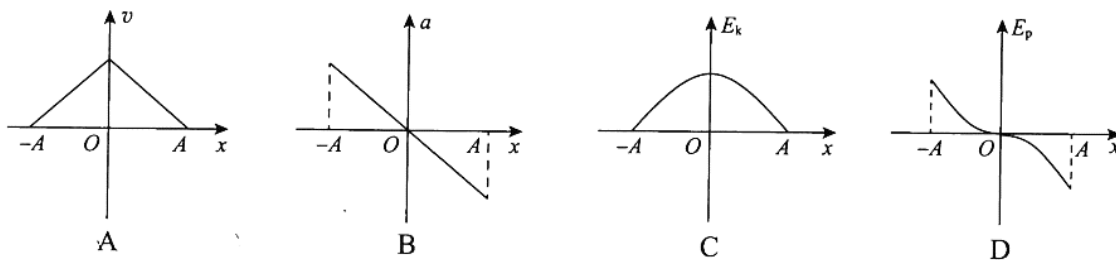


图 9

9.如图 10 所示,质量为 1kg、长为 9m 的薄板 A 放在水平地面上,在大小为 4N 的水平向右外力  $F$  的作用下由静止开始运动,薄板与地面间的动摩擦因数为 0.2,其速率达到 2m/s 时,质量为 1kg 的物块 B 以 4m/s 的速率由薄板 A 右端向左滑上薄板, A 与 B 间的动摩擦因数为 0.1, B 可视为质点。下列判断正确的是

- A.当 A 的速率减为 0 时, B 的速率为 2m/s
- B.从 B 滑上 A 到 B 掉下的过程中, A、B 所组成的系统动量守恒
- C.从 B 滑上 A 到 B 掉下的过程中, A、B 和地面所组成的系统摩擦生热 9J
- D.从 B 滑上 A 到 B 掉下的过程中, A、B 所组成的系统机械能减少 9J

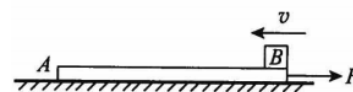


图 10

10.《自然哲学的数学原理》中记载牛顿是这样研究匀速圆周运动的:如图 11 所示,小球沿正多边形的各边做速度大小不变的运动,若正多边形的边数趋近于无穷大,则上述运动可看作匀速圆周运动。牛顿提出设想后并没有做进一步的推导,若小明同学沿着牛顿的思路推导得出了匀速圆周运动的向心力表达式,他在研究过程中提出了一些假设,其中不合理的是

- A.小球在正多边形的各个顶点处的碰撞是弹性碰撞
- B.小球每次碰撞时所受作用力的方向指向圆心
- C.因碰撞时间可以用周期和正多边形的边数表示,所以可以利用动量定理得出向心力表达式
- D.因可以用正多边形的边长与碰撞的作用力计算功,所以可以利用动能定理得出向心力表达式

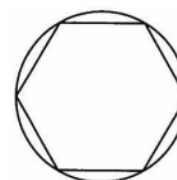


图 11

## 第二部分

本部分共 8 题,共 70 分。

11. (4 分) 某同学用如图 12 甲所示的装置研究平抛运动及其特点。钢球在斜槽轨道某一高度处由静止释放,并从末端水平飞出。在装置中有一个水平放置的可上下调节的倾斜挡板,实验前,先将一张白纸和复写纸固定在装置的背板上。钢球落到挡板上挤压复写纸并在白纸上留下印迹。上下调节挡板,通过多次释放钢球,记录钢球所经过的多个位置。以钢球抛出时球心所在位置为坐标原点  $O$ ,以水平向右和竖直向下分别为  $x$  轴和  $y$  轴的正方向,建立直角坐标系,用平滑曲线把这些印迹连接起来,就得到钢球做平抛运动的轨迹如图 12 乙所示。

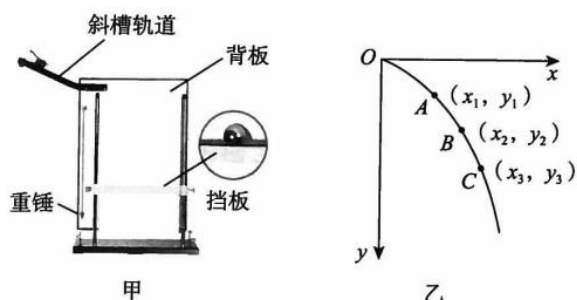


图 12

(1) 对于本实验, 下列说法正确的是\_\_\_\_\_。

- A. 每次必须从同一高度由静止释放钢球
- B. 斜槽轨道必须光滑
- C. 挡板必须等间隔上下移动
- D. 装置的背板必须竖直放置

(2) 通过研究得出钢球在竖直方向为自由落体运动之后, 为进一步研究钢球在水平方向的运动规律, 该同学在轨迹上测出  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三点的坐标分别为  $(x_1, y_1)$ 、 $(x_2, y_2)$  和  $(x_3, y_3)$ 。下列能够说明钢球在水平方向的运动可能为匀速直线运动的是\_\_\_\_\_。

- A. 若  $y_1 : y_2 : y_3 = 1 : 3 : 5$  时, 满足  $x_1 : x_2 : x_3 = 1 : 2 : 3$
- B. 若  $y_1 = y_2 - y_1 = y_3 - y_2$  时, 满足  $x_1 : x_2 : x_3 = 1 : 2 : 3$
- C. 在轨迹上取若干点获取数据, 它们的坐标可以用一条二次函数曲线拟合 (即满足  $y = kx^2$ )
- D. 在轨迹上取若干点获取数据, 画出的  $y - x^2$  图像是一条过原点的直线

12. (11分) 某同学用如图 13 所示的装置进行“探究加速度与力、质量的关系”的实验。

(1) 下列说法正确的是\_\_\_\_\_。

- A. 本实验还需要天平、秒表
- B. 和小车相连的细线与长木板不一定要平行
- C. 应该先释放小车, 再接通电源
- D. 平衡摩擦的目的是为了使小车加速运动时所受合力的大小等于细线拉力的大小

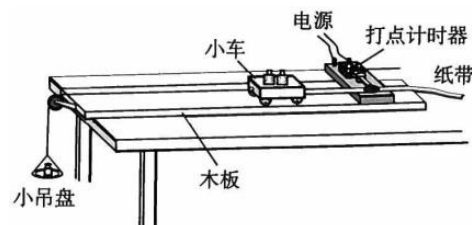


图 13

(2) 某次实验得到的纸带如图 14 所示, 每两个计数点间有四个点未画出。已知实验所用电源的频率为 50Hz。根据纸带可求出小车的加速度大小为\_\_\_m/s<sup>2</sup>, 打点计时器打  $B$  点时小车的速度为\_\_\_m/s。(结果均保留两位有效数字)

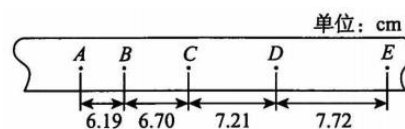


图 14

(3) 该同学在探究“加速度与质量的关系”时, 保持小吊盘及盘中砝码的总质量加不变, 通过改变小车中的重物来改变小车的质量  $M$ , 分别测出小车相应的加速度。为了通过图像直观地判断小车的加速度  $a$  与质量  $M$  之间是否成反比, 应该做出  $a$  与\_\_\_\_\_的图像。

(4) 该同学在“探究加速度与力的关系”时, 首先平衡了小车所受的摩擦力, 然后保持小车的质量  $M$  不变, 改变小吊盘中砝码数量来改变细线对小车的拉力。小吊盘及盘中砝码的总质量用  $m$  表示。若该同学在实验中逐渐增加盘中砝码的数量, 直到  $m=M$ 。实验中他操作过程规范, 并正确测量获得实验数据, 则图 15 所示图像能正确反映小车的加速度  $a$  和加之间关系的是\_\_\_\_\_。

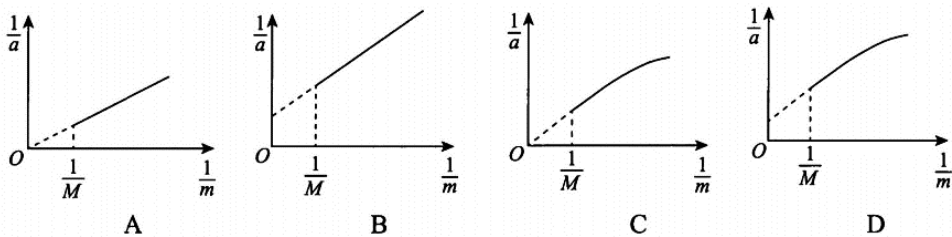


图 15

13.(8分)如图 16 所示,质量为  $m$  的滑块(可视为质点)从光滑固定斜面顶端由静止滑下。已知斜面的倾角为  $\theta$ 、长度为  $L$ ,重力加速度为  $g$ 。求:

- (1)滑块滑到斜面底端所用的时间。
- (2)滑块滑到斜面底端时速度的大小。
- (3)滑块滑到斜面底端时重力的瞬时功率。

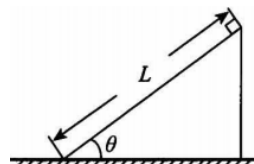


图 16

14.(8分)如图 17 所示,质量  $m=0.40\text{kg}$  的物体(可视为质点)在粗糙水平桌面上以初速度  $v_0=3.0\text{m/s}$  做直线运动,飞离桌面后做平抛运动,最终落在水平地面上。已知物体与桌面间的动摩擦因数 “ $\mu=0.25$ ”,在桌面上滑行的长度  $L=1.0\text{m}$ ,桌面离地面高度  $h=0.80\text{m}$ ,取重力加速度  $g=10\text{m/s}^2$ 。求:

- (1)物体落地点与桌面边缘的水平距离  $s$ 。
- (2)物体落地时的速度大小  $v$ 。
- (3)物体平抛过程中重力的冲量  $I$ 。

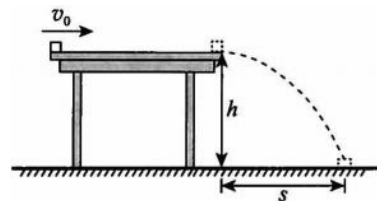


图 17

15.(8分)如图 18 所示,粗糙水平面  $AB$  长为  $4R$ ,与竖直面内半径为  $R$  的光滑半圆形轨道在  $B$  点相接。质量为  $m$  的物体甲(可视为质点)将弹簧压缩到  $A$  点后由静止释放,甲脱离弹簧后,在水平面滑行一段距离后滑上竖直轨道,并恰好能通过  $C$  点。已知甲与水平面间的动摩擦因数 “ $\mu=0.5$ ”,重力加速度为  $g$ 。

- (1)求甲通过  $C$  点时的速度大小。
- (2)求弹簧被压缩到  $A$  点时的弹性势能。
- (3)若在  $B$  点放置另一个质量为  $3m$  的物体乙(可视为质点,图中未画出),使甲把弹簧仍然压缩到  $A$  点,由静止释放甲,甲、乙发生弹性正碰后,撤去甲,此后乙沿半圆形轨道运动,通过计算说明乙离开半圆形轨道后将如何运动。

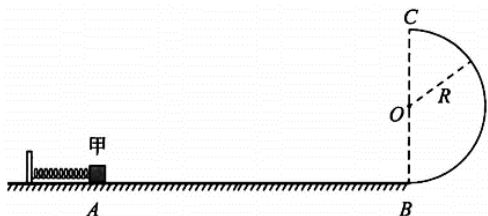


图 18

16.(9分)19 世纪末,有科学家提出了太空电梯的构想:在赤道上建设一座直到地球同步卫星轨道的高塔,并在塔内架设电梯。这种电梯可用于发射人造卫星,其发射方法是将卫星通过太空电梯缓慢地提升到预定轨道高度处,然后再启动推进装置将卫星从太空电梯发射出去,使其直接进入预定圆轨道。已知地球质量

为  $M$ 、半径为  $R$ 、自转周期为  $T$ 、万有引力常量为  $G$ 。

(1) 求高塔的高度  $h_0$ 。

(2) 若某次通过太空电梯发射质量为  $m$  的卫星时，预定其轨道高度为  $h$  ( $h < h_0$ )。

①若该卫星上升到预定轨道高度时与太空电梯脱离，脱离时卫星相对太空电梯的速度可视为零，试分析说明卫星刚脱离太空电梯后相对地心，将做加速直线运动、圆周运动、近心运动还是离心运动？

②太空电梯把卫星运送到预定轨道高度后，需用推进装置将卫星在预定轨道处发射进入预定轨道做匀速圆周运动，以地心为参考系，求推进装置需要做的功  $W$ 。

17. (10分) 风洞是用来模拟物体周围气体流动情况并可量度气流对物体作用效果的实验设备。取重力加速度为  $g$ 。

(1) 在一次检验飞机性能的试验中，风洞管道竖直截面图如图 19 所示，管道中有水平向右的气流， $AB$  是飞机模型的截面，轻绳  $OP$  拉住模型，当模型在气流中保持静止时，轻绳恰好水平，已知气流对模型的作用力垂直于模型截面，模型截面与水平面夹角为  $\theta$ 。求剪断轻绳的瞬间，模型加速度的大小。

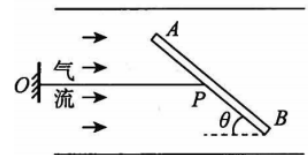


图 19

(2) 为测定某火箭的力学性能，采用了缩比模型进行风洞试验，即将与火箭材料相同的火箭模型放入风洞并固定，如图 20 所示。试验时，空气由管道 1 流入管道 2，空气与模型截面垂直作用，模型单位面积所能承受的最大作用力为  $f$ ，假设空气分子与模型作用后其定向运动速度（气体流速）减为零。

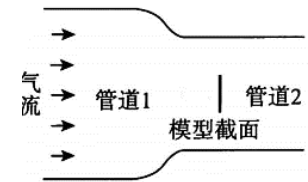


图 20

①为研究问题方便，设空气分子的平均质量为  $m_0$ ，气流稳定时，管道 2 中空气分子的数密度为  $n$ 。为使模型不被破坏，求管道 2 中空气与模型截面作用前可允许的最大流速  $v$ 。

②若质量为  $M$  的火箭竖直升空，其与空气垂直作用的等效面积为  $S$ ，在火箭速度达到  $v_1$  后，发动机对火箭做功的功率  $P_0$  保持不变，火箭继续加速。此后火箭上升高度  $h$ 、所用时间为  $t$  时，速度达到最大，此时其所受空气阻力为其所能承受最大作用力的一半。忽略火箭质量的变化，求火箭在上述上升高度  $h$  的过程中，空气阻力对火箭做的功。

18. (12 分) 放置在水平平台上的物体, 其表观重力在数值上等于物体对平台的压力, 方向与压力的方向相同。微重力环境是指系统内物体的表观重力远小于其实际重力(万有引力)的环境。此环境下, 物体的表观重力与其质量之比称为微重力加速度。

(1) 如图 21 所示, 中国科学院力学研究所微重力实验室落塔是我国微重力实验的主要设施之一, 实验中落舱可采用单舱和双舱两种模式进行。已知地球表面的重力加速度为  $g$ 。



落塔 落舱

图 21

①单舱模式是指让固定在单舱上的实验平台随单舱在落塔中自由下落实现微重力环境。若舱体下落时, 受到的阻力恒为舱体总重力的 0.01 倍, 求单舱中的微重力加速度的大小  $g_1$ 。

②如图 22 所示, 双舱模式是采用内外双舱结构, 实验平台固定在内舱中, 实验时让双舱同时下落。落体下落时受到的空气阻力可表示为  $f = k\rho v^2$ , 式中  $k$  为由落体形状决定的常数,  $\rho$  为空气密度,  $v$  为落体相对于周围空气的速率。

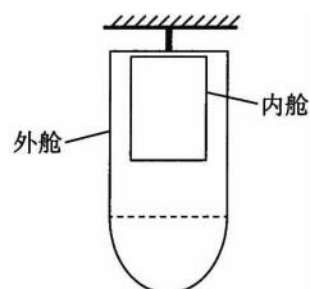


图 22

若某次实验中, 内舱与舱内物体总质量为  $m_1$ , 外舱与舱内物体总质量为  $m_2$  (不含内舱)。某时刻, 外舱相对于地面的速度为  $v_1$ , 内舱相对于地面的速度为  $v_2$ , 它们所受空气阻力的常数  $k$  相同, 外舱中与外部环境的空气密度相同, 不考虑外舱内空气对外舱自身运动的影响。求此时内舱与外舱中的微重力加速度之比  $g_2:g_3$ 。

(2) 环绕地球做匀速圆周运动的人造卫星内部也存在微重力环境。其产生原因简单来说是由于卫星实验舱不能被看作质点造成的, 只有在卫星的质心(质点系的质量中心)位置, 万有引力才恰好等于向心力。已知某卫星绕地球做匀速圆周运动, 其质心到地心的距离为  $r$ , 假设卫星实验舱中各点绕图 23 中地球运动的角速度均与质心一致, 请指出卫星质心正上方(远离地心一侧)距离质心  $\Delta r$  处的微重力加速度  $g_4$  的方向, 并求  $g_4$  与该卫星质心处的向心加速度  $a_n$  的比值。

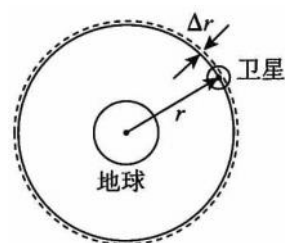


图 23

## 参考答案

第一部分共 10 题，每题 3 分，共 30 分。在每题给出的四个选项中，有的题只有一个选项是符合题意的，有的题有多个选项是符合题意的。全部选对的得 3 分，选不全的得 2 分，有选错或不答的得 0 分。

|    |    |    |    |     |     |   |    |    |    |    |
|----|----|----|----|-----|-----|---|----|----|----|----|
| 题号 | 1  | 2  | 3  | 4   | 5   | 6 | 7  | 8  | 9  | 10 |
| 答案 | AC | AB | AC | ABC | BCD | C | BD | BC | AD | D  |

第二部分共 8 题，共 70 分。

11. (1) AD (2分) (2) CD (2分)

12. (1) D (3分) (2) 0.51; 0.64 (4分) (3)  $\perp$  (2分) M

(4) B (2分)

13. (8分) 解: (1) 设滑块的加速度为  $a$ ，下滑到斜面底端所用的时间为  $t$ 。

根据牛顿第二定律

$$mg \sin \theta = m$$

滑块的加速度

$$a = g \sin \theta$$

根据运动学公式

$$L = \frac{1}{2} a^2 t$$

解得

$$t = \sqrt{\frac{2L}{a}} = \sqrt{\frac{2L}{g \sin \theta}}$$

(2) 根据运动学公式

$$v = at$$

解得滑块下滑到斜面底端速度

$$v = \sqrt{2gL \sin \theta}$$

(3) 根据瞬时功率公式

$$P = mgv \sin \theta$$

重力的瞬时功率

$$P = mg \sin \theta \sqrt{2gL \sin \theta}$$

14. (8分)

解: (1) 设物体离开桌面时的速度大小为  $v'$ ，根据动能定理

$$-\mu mgL = \frac{1}{2} mv'^2 - \frac{1}{2} mv_0^2$$

$$v' = 2.0 \text{ m/s}$$

设物体平抛运动的时间为  $t$



$$h = \frac{1}{2} g^2 t, \quad t = 0.4s$$

$$s = v' t = 0.80m$$

(2) 设物体落地时竖直方向的速度为  $v_y$

$$v_y = gt = 4.0m/s$$

物体落地时的速度大小

$$v = \sqrt{v'^2 + v_y^2} = 2\sqrt{5} m/s$$

(3) 物体平抛过程中重力的冲量

$$I = mgt = 1.6Ns$$

方向竖直向下

15. (8分)

解: (1) 设物体甲从  $C$  点飞出时的速度为  $v_C$

由牛顿第二定律

$$mg = m \frac{v_C^2}{R}, \quad \text{解得 } v_C = \sqrt{gR}$$

(2) 对物体甲, 从  $A$  点到  $C$  点的过程,

依据动能定理, 有

$$W - \mu mg \cdot 4R - mg \cdot 2R = \frac{1}{2} m v_C^2$$

由功能关系, 可知弹簧初始状态时的弹性势能

$$E_p = W = 4.5mgR$$

(3) 不放置乙时, 甲从  $B$  到  $C$ , 由动能定理

$$-2mgR = \frac{1}{2} m v_C^2 - \frac{1}{2} m v_B^2, \quad v_B = \sqrt{5gR}$$

甲、乙发生弹性碰撞, 系统动量守恒、总动能不变, 物体乙的质量  $M=3m$

$$m v_B = m v_1 + M v_2$$

$$\frac{1}{2} m v_B^2 = \frac{1}{2} m v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2$$

解得乙碰后的速度

$$v_2 = \frac{2m}{m+M} v_B = \frac{1}{2} v_B = \frac{1}{2} \sqrt{5gR}$$

以地面为势能零点, 乙在轨道上运动时机械能守恒, 假设最高点高度为  $h$

$$\frac{1}{2} M v_2^2 = Mgh, \quad \text{解得}$$

$$h = \frac{5}{8}R < R$$

可见乙在轨道上的最高点低于与圆心  $O$  等高的点，之后乙将沿轨道原路返回，直到经过  $B$  点离开半圆轨道，之后将在摩擦力的作用下做匀减速直线运动。

16. (9分)

解：(1)塔高为同步卫星的轨道高度，设同步卫星质量为  $m_0$

由

$$\frac{GMm_0}{(R+h_0)^2} = m_0 \frac{4\pi^2}{T^2} (R+h_0)$$

可得

$$h_0 = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}} - R$$

(2)①由于卫星脱离太空电梯时的角速度和同步卫星角速度相同，均为  $\omega_0$ ，而轨道高度为  $h$  的圆轨道卫星角速度  $\omega > \omega_0$  由于

$$m\omega_0^2(R+h) < m\omega^2(R+h) = G \frac{Mm}{(R+h)^2},$$

万有引力超过所需向心力，卫星脱离后做近心运动。

②卫星被缓慢运送至高  $h$  处时的速度大小为

$$v_0 = \frac{2\pi(R+h)}{T}$$

高  $h$  处的圆轨道卫星速度为  $v$ ，则由

$$\frac{GMm}{(R+h)^2} = m \frac{v^2}{R+h}$$

可得

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$

推进装置需要做的功

$$W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{GMm}{2(R+h)} - \frac{2\pi(R+h)^2 m}{T^2}$$

17. (10分)

解：(1)飞机模型静止时，受力情况如图所示。绳对模型的拉力  $T$  与气流对模型的作用力  $F$  及模型所受重力  $G$  的合力  $F_{\text{合}}$  相等

即

$$T = F_{\text{合}} = mg \tan \theta$$

剪断轻绳后

$$T = 0$$

依据牛顿第二定律有

$$mg \tan \theta = ma$$

解得飞机的加速度

$$a = g \tan \theta$$

(2)①设模型与空气垂直作用的等效面积为  $S_0$ ，当管道 2 中流速为  $v$  时，依据动量定理，在  $\Delta t$  时间内

$$S_0 f \Delta t = (n S_0 v \Delta t) m_0 v$$

解得

$$v = \sqrt{\frac{f}{n m_0}}$$

②火箭达到最大速度  $v_m$  时， $a=0$ ，受空气作用力

$$f_{\text{阻}} = \frac{1}{2} S f$$

依据平衡条件，发动机推力

$$F = \frac{1}{2} S f + Mg$$

依据功率公式有

$$P_0 = F v_m = \left( \frac{1}{2} S f + Mg \right) v_m$$

则

$$v_m = \frac{P_0}{\frac{1}{2} S f + Mg} = \frac{2 P_0}{S f + 2 M g}$$

对火箭由速度  $v_1$  到最大速度  $v_m$  的过程，

依据动能定理有

$$P_0 t + W_f - Mgh = \frac{1}{2} M v_m^2 - \frac{1}{2} M v_1^2$$

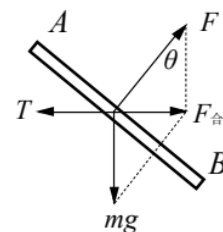
解得

$$W_f = Mgh + \frac{1}{2} M \left( \frac{2 P_0}{S f + 2 M g} \right)^2 - \frac{1}{2} M v_1^2 - P_0 t$$

18. (12分)解：(1)①设单舱的质量为  $M_0$ ，受阻力

$$f_1 = 0.01 M_0 g,$$

依据牛顿第二定律有



$$M_0g - f_1 = M_0a$$

设实验平台上某物体的质量为  $m_0$  平台对物体的支持为  $N$

依据牛顿第二定律

$$m_0g - N = m_0a$$

解得

$$N = \frac{m_0}{M_0} f_1$$

依据牛顿第三定律，物体对平台的压力大小

$$N' = N$$

则表观重力

$$m_0g_1 = N'$$

微重力加速度

$$g_1 = \frac{N'}{m_0} = \frac{f_1}{M_0} = 0.01g$$

方向竖直向下

②内舱受空气阻力

$$f_2 = k\rho(v_2 - v_1)^2$$

外舱受空气阻力

$$f_3 = k\rho v_1^2$$

与上问同理可知，内舱微重力加速度

$$g_2 = \frac{f_2}{m_1}$$

外舱微重力加速度

$$g_3 = \frac{f_3}{m_2}$$

可得

$$\frac{g_2}{g_3} = \frac{m_2(v_2 - v_1)^2}{m_1v_1^2}$$

(2)设地球的质量为  $M$ ,引力常量为  $G$ ,卫星质量为  $m$ ,

依据牛顿第二定律

$$G \frac{Mm}{r^2} = m\omega^2 r$$

得卫星的角速度

$$\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$$

设卫星质心上方 $\Delta r$ 处有一质量为 $m'$ 的物体，它随卫星做圆周运动所需的向心力大于地球引力，因此在卫星内部有离心运动趋势，对支持面压力指向外侧，即微重力加速度的方向向上，即远离地心的方向。

设物体上方有实验平台，对物体的弹力为 $N_0$ ，

依据牛顿第二定律

$$G \frac{Mm'}{(r + \Delta r)^2} + N_0 = m' \omega^2 (r + \Delta r)$$

$\omega$ 代入得

$$N_0 = G \frac{Mm'}{r^3} (r + \Delta r) - G \frac{Mm'}{(r + \Delta r)^2}$$

依据牛顿第三定律，物体对平台的压力大小

$$N_0' = N_0$$

表观重力

$$m' g_4 = N_0'$$

微重力加速度

$$g_4 = \frac{N_0'}{m'} = G \frac{M}{r^3} (r + \Delta r) - G \frac{M}{(r + \Delta r)^2}$$

对卫星，依据牛顿第二定律

$$G \frac{Mm}{r^2} = ma_n$$

得

$$a_n = G \frac{M}{r^2}$$

则

$$\frac{g_4}{a_n} = \frac{1}{r} (r + \Delta r) - \frac{r^2}{(r + \Delta r)^2}$$