

2022 北京海淀高三（上）期中

物 理

2022.11

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，两个完全相同的物块 1 和物块 2 之间用轻弹簧连接，用一根不可伸长的轻软细绳悬挂在天花板上并保持静止。剪断细绳的瞬间，物块 1 和物块 2 加速度的大小分别为 a_1 和 a_2 。已知重力加速度为 g 。下列说法正确的是

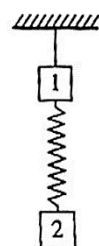


图 1

- A. $a_1 = g$
- B. $a_1 > g$
- C. $a_2 = 0$
- D. $a_2 > g$

2. 图 2 为一个地球仪绕与其“赤道面”垂直的“地轴”匀速转动的示意图。 Q 点和 P 点位于同一条“经线”上、 Q 点和 M 点位于“赤道”上， O 为球心。下列说法正确的是

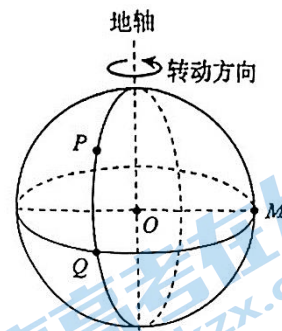


图 2

- A. Q 、 P 的线速度大小相等
- B. Q 、 M 的角速度大小相等
- C. P 、 M 的向心加速度大小相等
- D. P 、 M 的向心加速度方向均指向 O

3. 图 3 为一列沿 x 轴传播的简谐横波在某时刻的图像，此时 $x=3\text{m}$ 处质点的速度沿 y 轴正方向。下列说法正确的是

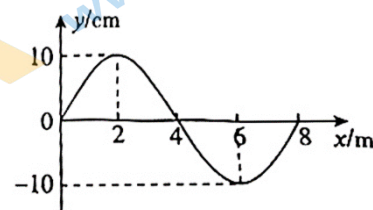


图 3

- A. 该列简谐横波沿 x 轴正方向传播
- B. 该时刻， $x=2\text{m}$ 处的质点速度最大
- C. 该时刻， $x=4\text{m}$ 处的质点加速度最大
- D. 经过 1 个周期， $x=6\text{m}$ 处的质点沿 x 轴移动了 8m

4. 某同学将一支圆珠笔绑在一根细绳的下端，细绳的上端用胶布固定在地铁的竖直扶手上。地铁沿平直轨道运动，在某段时间内，细绳和笔相对车厢静止，该同学用手机拍摄的一张照片如图 4 所示，照片的拍摄方向跟地铁前进方向垂直。由此判断该地铁在这段时间内，可能

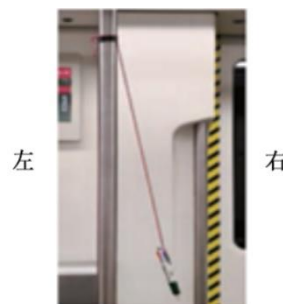


图 4

- A. 向左加速驶出地铁站
- B. 向左减速驶入地铁站

- C. 向右加速驶出地铁站
D. 向右减速驶入地铁站

5. 如图 5 所示, 水平面上有 3 个完全相同的物块 A、B 和 C, 它们在水平推力 F 的作用下沿水平面一起加速运动。设它们与水平面间的动摩擦因数均为 μ , 运动过程中物块 A 和 B 之间的作用力大小为 F_1 、物块 B 和 C 之间的作用力大小为 F_2 , 下列说法正确的是

- A. 若 $\mu=0$, 则 $F_1=2F_2$
B. 若 $\mu=0$, 则 $F_1=3F_2$
C. 若 $\mu \neq 0$, 则 $F_1=2F_2$
D. 若 $\mu \neq 0$, 则 $F_1=3F_2$



图 5

6. 如图 6 所示, 在倾角为 θ 的斜面上, 质量为 m 的物块受到沿斜面向上的恒力 F 的作用, 沿斜面以速度 v 匀速上升了高度 h 。已知物块与斜面间的动摩擦因数为 μ 、重力加速度为 g 。关于上述过程, 下列说法正确的是

- A. 合力对物块做功为 0
B. 合力对物块做功为 $\frac{1}{2}mv^2$
C. 摩擦力对物块做功为 $-\mu mg \cos \theta \frac{h}{\sin \theta}$
D. 恒力 F 与摩擦力对物块做功之和为 mgh

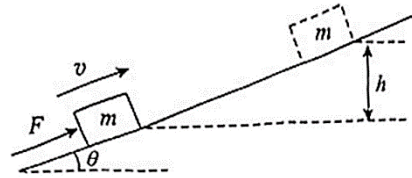


图 6

7. 科学家在南天水蛇座发现由 1 颗名为“HD10180”的恒星和 7 颗绕其旋转的行星组成的类太阳系星系。已知行星 W 到“HD10180”的距离与地球到太阳的距离之比, 行星 W 绕“HD10180”一周所用时间与地球绕太阳一周所用时间之比, 行星 W 绕“HD10180”公转轨道和地球绕太阳的公转轨道都可看作圆。由上述信息可求

- A. 恒星“HD10180”与太阳的质量之比
B. 恒星“HD10180”与太阳的平均密度之比
C. 行星 W 与地球的质量之比
D. 行星 W 与地球的平均密度之比

8. 在 $t=0$ 时刻, 将一物体(可视为质点)竖直向上抛出。以抛出点为坐标原点、竖直向上为正方向, 忽略空气阻力, 图 7 中能正确反映该物体的动量 P 随时间 t 、动能 E_k 随位移 x 变化的图像是

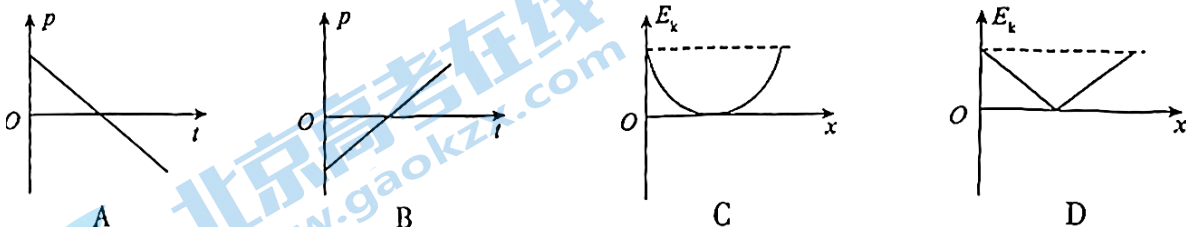


图 7

9. 轻弹簧的两端分别与物块 A、B 相连, 它们静止在光滑水平地面上。现使物块 A 以水平向右的速度 v_0 开始运动, 如图 8 甲所示, 并从此时刻开始计时。两物块的速度随时间变化的规律如图 8 乙所示。下列说法正

确的是

- A. $t = t_1$ 时, 物块 A 和 B 的加速度大小相等
- B. $t = t_2$ 时, 物块 A 的速度大小为 $0.25 v_0$
- C. $t_2 \sim t_3$ 内, 弹簧对两物块的冲量大小相等
- D. $t_2 \sim t_3$ 内, 弹簧对两物块做的功相等

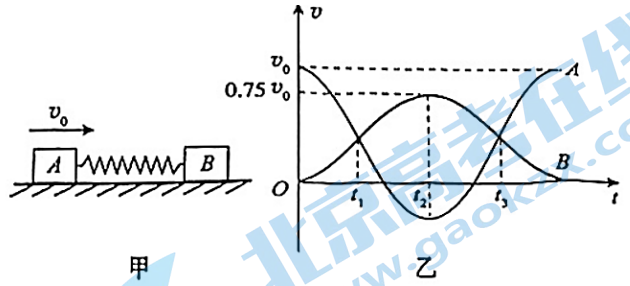


图 8

10. 动量 p 随位移 x 变化的图像称作相轨, 它在理论物理、近代数学分析的发展中扮演了重要的角色。如图 9 甲所示, 光滑水平面上有一弹簧振子。现以弹簧原长时物块的位置为坐标原点 O , 取向右为正方向, 建立 Ox 坐标系。当物块偏离 O 点的位移为 x 时, 弹簧振

子的弹性势能为 $\frac{1}{2} kx^2$, 其中 k 为弹簧的劲度系数。

当弹簧振子的机械能为 E 时, 该弹簧振子的部分 $p-x$ 图像如图 9 乙中曲线 c 所示, M 和 N 分别为曲线 c 与 p 轴和 x 轴的交点。下列说法正确的是

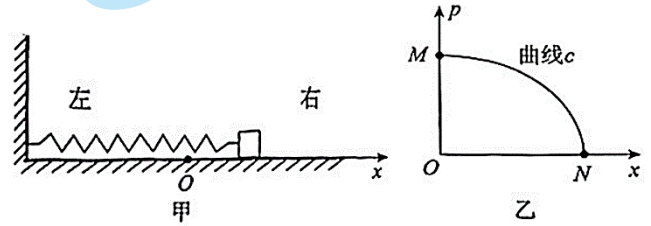


图 9

- A. 曲线 c 是抛物线的一部分
- B. 曲线 c 对应物块从右侧最远处向 O 点运动的过程

C. 该弹簧振子的振幅为 $\sqrt{\frac{2E}{k}}$

D. 当物块运动到振幅一半处时, 其动量大小为其动量最大值的 $\frac{\sqrt{3}}{2}$

第二部分

本部分共 8 题, 共 70 分。

11. (5 分) 某同学用如图 10 所示的装置做“验证动量守恒定律”实验。A、B 为两个半径相等、质量分别为 m_1 和 m_2 ($m_1 > m_2$) 的小球, O 点是水平轨道末端在水平地面上的投影。实验时先让入射小球 A 多次从斜轨上位置 S 由静止释放, 标记出其平均落地点 P , 测重垂线出射程 OP 。然后把被碰小球 B 置于水平轨道末端, 仍将入射小球 A 从斜轨上位置 S 由静止释放, 与小球 B 相碰, 并多次重复该操作, 标记出碰后两小球的平均落地点 M 、 N , 测出射程 OM 和 ON 。

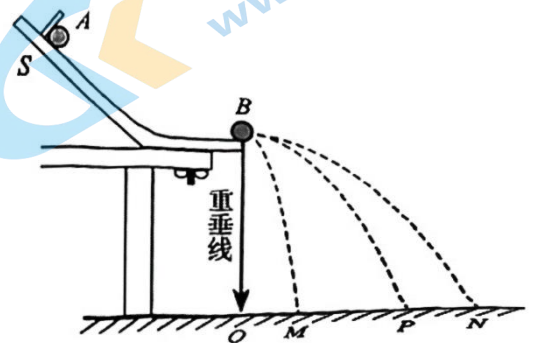


图 10

(1) 若两球碰撞前后动量守恒, 则 m_1 、 m_2 、 OM 、 OP 、 ON 应满足表达式_____。

(2) 若两球碰撞为弹性碰撞, 则 OM 、 OP 、 ON 还应满足 $ON-OM$ _____ OP (选填“>”“=”“<”)。

12. (10 分) 用图 11 所示的实验装置研究小车速度随时间变化的规律。

(1) 除图 11 中标明的实验器材外, 在下列仪器或器材中, 还需要的两项是_____。

- A. 电压合适的 50Hz 交流电源
- B. 电压可调的直流电源
- C. 刻度尺
- D. 螺旋测微器
- E. 天平 (含砝码)
- F. 停表

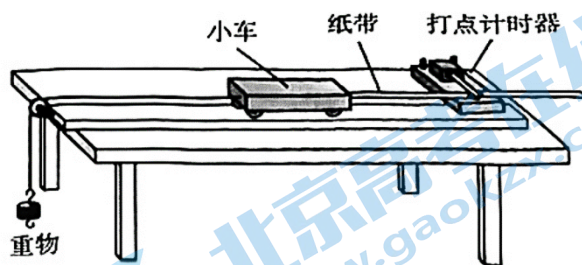


图 11

(2) 甲同学安装并调整好实验器材。接通电源后, 让拖着纸带的小车沿长木板运动, 重复几次, 打出若干条纸带。从中选出了如图 12 所示的一条纸带并确定出 O 、 A 、 B 、 C ... 计数点 (相邻计数点间还有 4 个计时点没有标出), 图中标出了相邻计数点之间的距离。

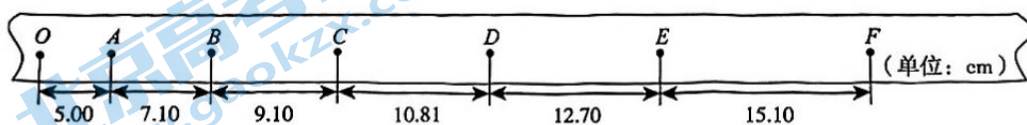


图 12

他根据纸带上的数据, 尽可能精确地算出打下 B 、 C 、 D 、 E 计数点时小车的瞬时速度, 记录在表 1 中, 请在表中补上 A 点的数据 (结果保留 3 位有效数字)。

表 1

计数点	A	B	C	D	E
瞬时速度 $v / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$		0.810	0.996	1.176	1.390

(3) 乙同学也正确地完成了上述实验, 得到了小车速度 v 随时间 t 变化的图线, 如图 13 所示, 他判断该小车做匀变速直线运动, 依据是_____

- A. 该图线表示小车通过的位移随时间均匀变化
- B. 该图线表示小车的瞬时速度随时间均匀变化
- C. 该图线表示小车的加速度随时间均匀变化

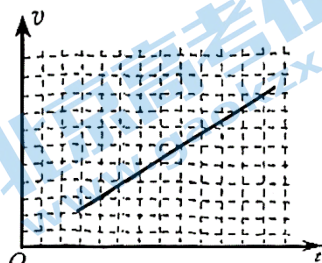


图 13

(4) 落体运动是特殊的匀加速直线运动。在研究落体运动时, 伽利略认为最简单的猜想就是速度 v 正比于通过的位移 x 或者所用的时间 t 。他运用逻辑推理的方法, 论证了速度 v 正比于位移 x 的运动过程是不可能的, 论证过程如下:

若速度正比于位移, 设物体通过位移 x 时的速度为 v , 所用时间 $t_1 = \frac{x}{v}$; 通过 2 倍位移 $2x$ 时的速度

按比例应为 $2v$, 所用时间 $t_2 = \frac{2x}{2v} = \frac{x}{v}$, 这样一来, 通过第 1 段位移 x 的时间 t_1 与通过全程 $2x$ 的时间 t_2 相

同, 进而得出通过第 2 段位移 x 不需要时间的荒谬结论。

因此, 落体运动中速度 v 不能正比于位移 x 。你是否同意上述伽利略的论证过程, 请说明理由。

13. (8分) 如图 14 所示, 一质量 $m=2.0\text{kg}$ 的物块静止在水平地面上, 现用一大小 $F=20\text{N}$ 、与水平方向成 $\theta=37^\circ$ 角斜向上的拉力, 使物块沿水平地面做匀加速直线运动。已知物块与地面间的动摩擦因数 $\mu=0.50$, $\sin 37^\circ=0.60$, $\cos 37^\circ=0.80$, 取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ 。

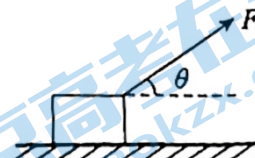


图 14

- (1) 画出物块受力的示意图;
- (2) 求物块加速度的大小 a ;
- (3) 求 2.0s 内物块通过的位移大小 x 。

14. (8分) “雪滑梯”是冬季常见的娱乐项目。某“雪滑梯”由倾角 $\theta=37^\circ$ 的 AB 段和水平 BC 段组成, 二者在 B 点通过一段长度可忽略不计的弧形轨道平滑连接, 如图 15 所示。用一质量 $m=60.0\text{kg}$ 的滑块 K (可视为质点) 代替载有人的气垫, 滑块 K 从 A 点由静止释放后沿 AB 做匀加速运动, 下滑过程的加速度大小 $a=2.0\text{m/s}^2$ 。已知 AB 段长度 $L=25.0\text{m}$, $\sin 37^\circ=0.60$, $\cos 37^\circ=0.80$, 取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$, 忽略空气阻力。



图 15

- (1) 求滑块 K 与 AB 段滑道的动摩擦因数 μ ;
- (2) 求从 A 点运动到 B 点的过程中, 滑块 K 所受重力冲量的大小 I ;
- (3) 若滑块 K 与 BC 段滑道的动摩擦因数仍为 μ 。滑块 K 滑下后, 必须在 C 点之前停下, 求 BC 段的最小长度 d 。

15. (8分) 环保人员在一次检查时发现, 有一根排污管正在沿水平方向向河道内排出大量污水, 如图 16 所示。水流稳定时, 环保人员测出了管口中心到河面的高度 H , 喷出污水的水平射程为 L , 管口的直径为 D (D 远小于 H)。设污水充满整根管道, 管口横截面上各处水的速度相同, 忽略空气阻力, 已知重力加速度为 g 。求:

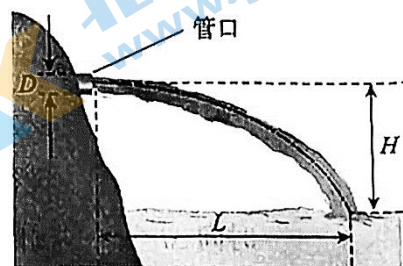


图 16

- (1) 污水从排污管喷出时初速度的大小 v_0 ;
- (2) 污水落至河面时速度的大小 v ;
- (3) 由管口至河面间空中污水的体积 A 。

16. (9分) 如图 17 所示, AB 段是长为 $5R$ 的粗糙水平轨道, BC 段是半径为 R 的光滑竖直半圆形轨道, 两段轨道在 B 点处平滑连接, 质量均为 m 的滑块 1 和滑块 2 分别静止于 A 点和 B 点。现用力 F 对滑块 1 施加一水平向右的瞬时冲量, 使其以 $6\sqrt{gR}$ 的初速度沿轨道 AB 运动, 与滑块 2 发生碰撞, 碰后二者立即粘在一起沿轨道 BC 运动并通过 C 点。已知两滑块与水平轨道 AB 间的动摩擦因数 $\mu=0.4$, 半圆形轨道的直径 BC

沿竖直方向，重力加速度为 g ，滑块 1 和 2 均可视为质点。求：

- (1) 力 F 对滑块 1 所做的功 W ；
- (2) 滑块 1 和滑块 2 组成的系统在碰撞过程中损失的机械能 $E_{损}$ ；
- (3) 滑块 1 和滑块 2 经过 C 点时对轨道压力的大小 $F_{压}$ 。



图 17

17. (10 分) 开普勒用二十年的时间研究第谷的行星观测数据，分别于 1609 年和 1619 年发表了下列定律：

开普勒第一定律 所有行星绕太阳运动的轨道都是椭圆，太阳处在椭圆的一个焦点上。

开普勒第二定律 对任意一个行星来说，它与太阳的连线在相等的时间内扫过的面积相等。

开普勒第三定律 所有行星轨道的半长轴 a 的三次方跟它的公转周期 T 的二次方的比都相等，即 $\frac{a^3}{T^2} = k$ ，

k 是一个对所有行星都相同的常量。

(1) 在研究行星绕太阳运动的规律时，将行星轨道简化为一半径为 r 的圆轨道。

a. 如图 18 所示，设行星与太阳的连线在一段非常非常小的时间 Δt 内，扫过的扇形面积为 ΔS 。求行星绕太阳运动的线速度的大小 v ，并结合开普勒第二定律

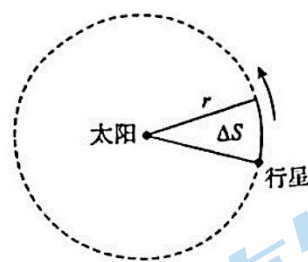


图 18

证明行星做匀速圆周运动；(提示：扇形面积 $= \frac{1}{2} \times \text{半径} \times \text{弧长}$)

b. 请结合开普勒第三定律、牛顿运动定律，证明太阳对行星图 18 的引力 F 与行星轨道半径 r 的平方成反比。

(2) 牛顿建立万有引力定律之后，人们可以从动力学的视角，理解和解释开普勒定律。已知太阳质量为 M_s 、行星质量为 M_p 、太阳和行星间距离为 L 、引力常量为 G ，不考虑其它天体的影响。

a. 通常认为，太阳保持静止不动，行星绕太阳做匀速圆周运动。请推导开普勒第三定律中常量 k 的表达式；

b. 实际上太阳并非保持静止不动，如图 19 所示，太阳和行星绕二者连线上的 O 点做周期均为 T_0 的匀速圆周运动。依照此模型，开普勒第三定律形式上仍可表达为

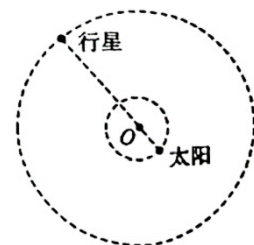


图 19

$\frac{L^3}{T_0^2} = k'$ 。请推导 k' 的表达式 (用 M_s 、 M_p 、 L 、 G 和其它常数表示)，并说明 $k'=k$

需满足的条件。

18. (12分) 压强表示单位面积上压力的大小，是物理学中的重要概念。

(1) 请导出压强的单位 Pa (帕) 与基本单位 m (米)、kg (千克) 和 s (秒) 之间的关系。

(2) 单个粒子碰撞在某一平面上会产生一个短暂的作用力，而大量粒子持续碰撞会产生一个持续的作用力。一束均匀粒子流持续碰撞一平面，设该束粒子流中每个粒子的质量均为 m 、速度大小均为 v ，方向都与该平面垂直，单位体积内的粒子数为 n ，粒子与该平面碰撞后均不反弹，忽略空气阻力，不考虑粒子所受重力以及粒子间的相互作用。求粒子流对该平面所产生的压强 P 。

(3) 理论上可以证明：质量分布均匀的球壳对壳内物体的万有引力为零。利用该规律可给出一种计算恒星中心压强的模型：

恒星内部的热核反应会向外辐射大量的电磁波，当辐射所产生的扩张压力与万有引力所产生的收缩压力平衡时，恒星便稳定下来。

设想处于稳定状态的恒星是一质量分布均匀、密度为 ρ 、半径为 R 的球体。选取该恒星内部一距恒星中心为 r ($r \leq R$)、厚度为 $r\Delta$ ($r\Delta$ 远小于 r) 的小薄片 A ，如图 20 所示，已知辐射所产生的扩张压力在 A 的内、外表面引起的压强差的绝对值为 Δp ，引力常量为 G 。忽略其它天体的影响。

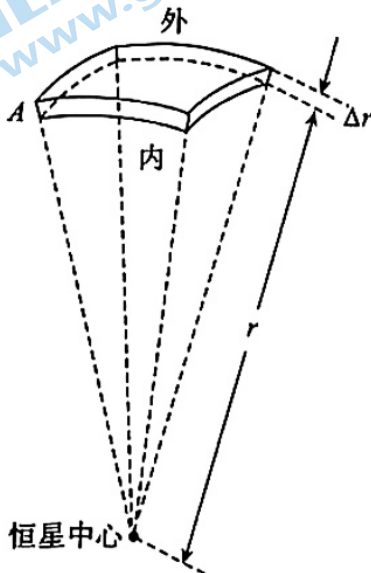


图 20

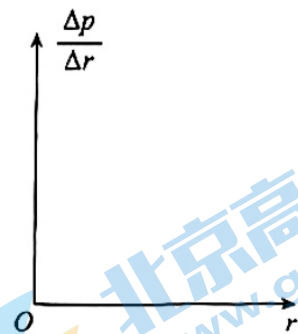


图 21

- 推导 $\frac{\Delta p}{\Delta r}$ 和 r 之间的关系式，并在图 21 中定性画出 $\frac{\Delta p}{\Delta r}$ 随 r 变化的图像；
- 若恒星表面处扩张压力所产生的压强为零，求恒星中心处的压强 P_c 。

高三物理

2022.11

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	BC	B	A	AD	AC	ACD	A	A	BC	CD

第二部分共 8 题，共 70 分。

11. (5 分)

$$(1) m_1 \cdot OP = m_1 \cdot OM + m_2 \cdot ON$$

$$(2) =$$

12. (10 分)

$$(1) AC$$

$$(2) 0.605$$

$$(3) B$$

(4) 不同意。伽利略混淆了瞬时速度和平均速度的概念。(其他合理答案，均可得分)

13. (8 分)

(1) 如答图 1 所示；

(2) 将答图 1 中的拉力 F 分别沿水平和竖直方向进行分解，根据牛顿运动定律，可得

$$F \cos \theta - f = ma$$

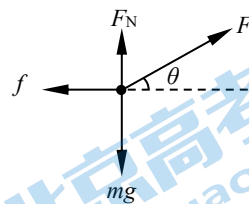
$$F_N + F \sin \theta - mg = 0$$

物体所受滑动摩擦力大小为 $f = \mu F_N$

联立上述三式，可得

$$a = \frac{F}{m} (\cos \theta + \mu \sin \theta) - \mu g = 6 \text{ m/s}^2$$

(3) 根据运动学公式，可得 $x = \frac{1}{2} at^2 = 12 \text{ m}$



答图 1

14. (8 分)

(1) 将物体所受重力 mg 沿平行斜面与垂直斜面分解，根据牛顿运动定律，可得

$$mg \sin \theta - f = ma$$

$$F_N - mg \cos \theta = 0$$

物体所受滑动摩擦力大小为

$$f = \mu F_N$$

联立上述三式，可得

$$\mu = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} - \frac{a}{g \cos \theta} = 0.5$$

(2) 根据运动学公式，有 $L = \frac{1}{2} at^2$ ，解得 $t = 5 \text{ s}$

因此可得滑块 K 所受重力的冲量大小 $I = mg \cdot t = 3000 \text{ N} \cdot \text{s}$ 。

(3) 根据运动学公式，可得物体到达 B 点时的速度大小 $v = at = 10 \text{ m/s}$

设滑块 K 在 BC 段所受滑动摩擦力大小为 f' ，根据牛顿运动定律，可得滑块 K 在 BC

段上运动时的加速度大小 $a' = \frac{f'}{m} = \frac{\mu mg}{m} = \mu g = 5 \text{ m/s}^2$

所以物体停下所需距离 $d = \frac{v^2}{2a'} = 10 \text{ m}$ 。

15. (8分)

(1) 喷出的污水在空中做平抛运动，其在竖直方向分运动为自由落体运动，水平方向分运动为匀速直线运动，设污水从离开管口到落入水中所用时间为 t ，有

$$H = \frac{1}{2} g t^2$$

$$L = v_0 t$$

解得

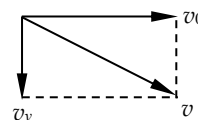
$$v_0 = L \sqrt{\frac{g}{2H}}$$

(2) 设污水落入河道水面上时，竖直方向分速度大小为 v_y

$$v_y = g t = \sqrt{2gH}$$

根据答图 2 中所示几何关系，有

$$v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{2gH \left(1 + \frac{L^2}{4H^2} \right)}$$



答图 2

(3) 单位时间内，从管口喷出的污水的体积

$$Q = v_0 S = \frac{\pi D^2 L}{4} \sqrt{\frac{g}{2H}}$$

因此空中污水的体积为

$$A = Q t = \frac{\pi D^2 L}{4}$$

16. (9分)

(1) 设滑块 1 的初速度为 v_0 ，根据动能定理，有 $W = \frac{1}{2} m v_0^2 = 18 mg R$

(2) 滑块 1 从 A 运动到 B 的过程中，根据动能定理，有

$$-\mu mg L = \frac{1}{2} \cdot m v_B^2 - \frac{1}{2} \cdot m v_0^2$$

可解得滑块 1 与滑块 2 碰前的速度大小 $v_B = 4\sqrt{2gR}$ 。

设滑块 1 和 2 碰后的共同速度为 v ，根据动量守恒定律，有

$$m v_B = 2 m v$$

碰撞过程中损失的能量为

$$E_{\text{损}} = \frac{1}{2} \cdot m v_B^2 - \frac{1}{2} \cdot 2 m v^2$$

联立以上三式，可得 $E_{\text{损}} = 8 mg R$ 。

(3) 从 B 到 C 的过程中，只有重力做功，因此该过程机械能守恒，有

$$\frac{1}{2} \cdot 2mv^2 = 2mg \cdot 2R + \frac{1}{2} \cdot 2mv_C^2$$

解得 $v_C = 2\sqrt{gR}$ 。

根据牛顿运动定律，在 C 点，对滑块 1 和 2 组成的整体有

$$F_{支} + 2mg = 2m \frac{v_C^2}{R}$$

解得 $F_{支} = 6mg$

因为滑块 1 和 2 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 $F_{压} = F_{支} = 6mg$ 。

17. (10 分)

(1) a. 设这一段时间间隔 Δt 内，行星绕太阳运动的线速度为 v

$$\Delta S = \frac{1}{2} r \cdot v \Delta t$$

可得

$$v = \frac{2}{r} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

由开普勒第二定律可知 $\frac{\Delta S}{\Delta t}$ 为定值，半径 r 是定值，因此线速度也为一定值，所以行星所做圆周运动为匀速圆周运动。

b. 行星绕太阳做匀速圆周运动的向心力有其所受万有引力提供，即 $F = m\omega^2 r$

又根据匀速圆周运动的规律 $\omega = \frac{2\pi}{T}$

再将开普勒第三定律 $\frac{r^3}{T^2} = k$ 与上述两式联立，可得

$$F = \frac{4\pi^2 mk}{r^2}$$

其中 m 、 k 均为常数，即太阳对行星的引力 F 与太阳跟行星间距离 r 的平方成反比。

(2) a. 根据牛顿运动定律与万有引力定律，有

$$G \frac{M_s M_p}{L^2} = M_p \frac{4\pi^2}{T^2} L$$

可得

$$k = \frac{L^3}{T^2} = \frac{GM_s}{4\pi^2}$$

b. 设行星与 O 点的距离为 r_p ，太阳与 O 点的距离为 r_s ，根据牛顿运动定律，对行星和太阳，分别有

$$G \frac{M_s M_p}{L^2} = M_p \frac{4\pi^2}{T_0^2} r_p$$

$$G \frac{M_p M_s}{L^2} = M_s \frac{4\pi^2}{T_0^2} r_s$$

再根据几何关系 $r_p + r_s = L$ ，可得该模型下的开普勒第三定律 $k' = \frac{L^3}{T_0^2} = \frac{G(M_s + M_p)}{4\pi^2}$ 。

发现， k' 不仅与太阳质量有关，也与行星的质量有关。

将 k' 与 k 做比，可得

$$\frac{k'}{k} = \frac{M_s + M_p}{M_s} = 1 + \frac{M_p}{M_s}$$

即当 $M_p \ll M_s$ 时, 有 $k' \approx k$

18. (12分)

(1) 根据压强的定义 $p = \frac{F}{S}$ 和 1N 的定义 $1\text{N} = 1\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, 有

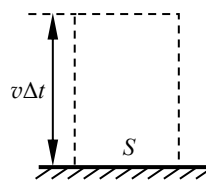
$$1\text{Pa} = \frac{1\text{N}}{1\text{m}^2} = \frac{1\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}}{1\text{m}^2} = 1\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

(2) 1个粒子与平面碰撞一次, 对平面的冲量大小 $I_0 = mv$

建立如答图3所示, 以平面上 S 为底, 以 $v\Delta t$ 为高的柱体模型, 由题设可知, 其内的粒子在 Δt 时间内与平面相碰的粒子总数 $N = n \cdot S \cdot v\Delta t$

因此, 在 Δt 时间内粒子对平面的总冲量 $I = N \cdot I_0 = nmSv^2\Delta t$

根据动量定理以及牛顿第三定律, 可得面积为 S 的器壁受到粒子流



答图3

碰撞所产生的压力大小 $F = \frac{I}{\Delta t} = nmSv^2$

根据压强定义, 可知粒子流对该平面产生的压强

$$p = \frac{F}{S} = nmv^2$$

(3) a. 因为 A 受到引力和热核反应引起的压力而处于平衡态, 因为辐射所导致的扩张压力在 A 的内、外表面的压力差 $\Delta F_{\text{压}}$, 等于 A 所受万有引力 $F_{\text{引}}$ (半径 r 以内的那部分恒星对 A 的引力), 即

$$\Delta F_{\text{压}} = F_{\text{引}}$$

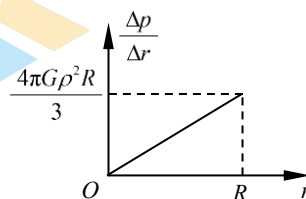
设 A 的质量为 Δm_A 、下表面的面积为 S , 半径 r 以内的那部分恒星的质量为 M_r 。再根据压强的定义 $\Delta p = \frac{\Delta F_{\text{压}}}{S}$, 有

$$\Delta p \cdot S = \frac{G \cdot M_r \cdot \Delta m_A}{r^2}$$

其中 $M_r = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho$ 、 $\Delta m_A = \rho \cdot S \Delta r$, 代入上式得

$$\frac{\Delta p}{\Delta r} = \frac{4\pi G \rho^2}{3} r$$

即 $\frac{\Delta p}{\Delta r}$ 与 r 成正比, 因此其图像为一条过原点的直线, 如



答图4

答图4所示。

b. 答图4中, $\frac{\Delta p}{\Delta r} - r$ 图像中图线与 r 轴所围三角形面积表示该恒星内部压强的

总变化量, 即恒星中心压强 p_c 与恒星外表面压强 $p_{\text{表}}$ 之差, 因此有

$$\frac{1}{2} \cdot R \cdot \frac{4\pi G \rho^2 R}{3} = p_c - p_{\text{表}}$$

由题目可知, $p_{\text{表}} = 0$, 所以可得

$$p_c = \frac{2\pi G \rho^2 R^2}{3}$$



关于我们

北京高考在线创办于 2014 年，隶属于北京太星网络科技有限公司，是北京地区极具影响力的中学升学服务平台。主营业务涵盖：北京新高考、高中生涯规划、志愿填报、强基计划、综合评价招生和学科竞赛等。

北京高考在线旗下拥有网站门户、微信公众平台等全媒体矩阵生态平台。平台活跃用户 40W+，网站年度流量数千万量级。用户群体立足于北京，辐射全国 31 省市。

北京高考在线平台一直秉承 “精益求精、专业严谨” 的建设理念，不断探索 “K12 教育+互联网+大数据” 的运营模式，尝试基于大数据理论为广大中学和家长提供新鲜的高考资讯、专业的高考政策解读、科学的升学规划等，为广大高校、中学和教科研单位提供 “衔接和桥梁纽带” 作用。

平台自创办以来，为众多重点大学发现和推荐优秀生源，和北京近百所中学达成合作关系，累计举办线上线下升学公益讲座数百场，帮助数十万考生顺利通过考入理想大学，在家长、考生、中学和社会各界具有广泛的口碑影响力

未来，北京高考在线平台将立足于北京新高考改革，基于对北京高考政策研究及北京高校资源优势，更好的服务全国高中家长和学生。



微信搜一搜

北京高考资讯