

北京理工大学 2022—2023 学年第二学期
大学物理 AI 期末考试 A 卷答案

2023 年 6 月 15 日

一、选择题（单选，每题 3 分，共 15 分） D A B B A

二、填空题（共 42 分）

6. $\frac{mg-F}{k}(1-e^{-kt/m})$ (3 分)

7. 2100, 15 (各 2 分)

8. $\sqrt{v_0^2 + \frac{GM}{R}}$ (3 分)

9. $\frac{v_A - v_B}{2\omega}$, $\frac{m}{8\omega^2}[(v_A + v_B)^2 + 2(v_A - v_B)^2]$ 或 $\frac{m}{8\omega^2}[3v_A^2 + 3v_B^2 - 2v_A v_B]$ (各 2 分)

10. (1) $\frac{5}{2}p_0V_0$, $\frac{3}{2}p_0V_0$; (各 1 分) (2) $\frac{4p_0V_0}{11R}$ (2 分)

11. 保持不变, 降低 (各 2 分)

12. $C_1(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2})$, 升高 (各 2 分)

13. $C_{p,m} \ln 3$ (3 分)

14. $\cos^{-1}0.1$ 或 1.47 rad 或 84.3° (3 分)

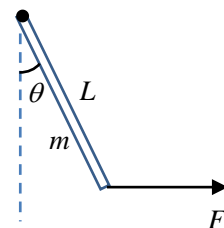
15. $3D\lambda/d$ (3 分)

16. $2(n-1)d$, 不变 (各 2 分)

17. $2(n-1)e - \lambda/2$ 或 $2(n-1)e + \lambda/2$ (3 分)

三、解答题（共 43 分）

18. (10 分) 如图所示, 一质量为 m , 长度为 L 的均匀细杆可绕通过其一端的水平固定轴在竖直平面内转动。当杆自由下垂时, 用一水平恒力 F 拉动另一端, 使其绕轴旋转。求当杆被拉至与竖直方向夹角为 θ 时的角加速度和角速度。



解: 合力矩为 $M = FL \cos \theta - mg \frac{L}{2} \sin \theta$ 2 分

转动惯量 $J = \frac{1}{3} mL^2$ 1 分

由定轴转动定律 $M = J\beta$ 2 分

得角加速度 $\beta = \frac{3(2F \cos \theta - mg \sin \theta)}{2mL}$ 1 分

由定轴转动动能定理 $\frac{1}{2} J \omega^2 = FL \sin \theta - \frac{1}{2} mg L (1 - \cos \theta)$ 3 分

得角速度 $\omega = \sqrt{\frac{3[2F \sin \theta - mg(1 - \cos \theta)]}{mL}}$ 1 分

19. (10 分) 1 mol 单原子分子理想气体的循环过程如图 ($T-V$ 图) 所示。

(1) 在 $p-V$ 图上画出该循环过程, 并标出 p_a 、 p_b 的数值。

(2) 求此循环效率。

解: (1) 见图, 其中 p_a 、 p_b 可由状态方程求得

$$p_a = \frac{RT_a}{V_a} = 4.99 \times 10^6 \text{ Pa} \quad 1 \text{ 分}$$

$$p_b = \frac{RT_b}{V_b} = 2.49 \times 10^6 \text{ Pa} \quad 1 \text{ 分}$$

(2) $T_a = T_b = 600 \text{ K}$

$$T_c = \frac{V_c}{V_b} T_b = 300 \text{ K} \quad 1 \text{ 分}$$

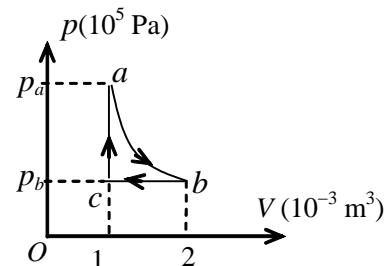
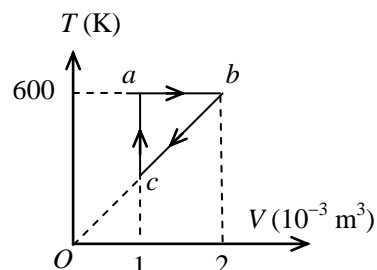


图 2 分

循环吸热 $Q_1 = Q_{ab} + Q_{ca} = RT_a \ln \frac{V_b}{V_a} + \frac{3}{2} R(T_a - T_c) = 7.20 \times 10^3 \text{ J}$ 2 分

循环放热 $Q_2 = Q_{bc} = \frac{5}{2} R(T_b - T_c) = 6.23 \times 10^3 \text{ J}$ 1 分

循环效率 $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 13.5\%$ 2 分

20. (10 分) 平面简谐波沿 x 轴正方向传播, 振幅为 2 cm, 频率为 50 Hz, 波速为 200 m/s. 在 $t=0$ 时, $x=0$ 处的质点正在平衡位置向 y 轴正方向运动, 求:

(1) 波函数;

(2) $x=4$ m 处媒质质点振动函数;

(3) $x=4$ m 处媒质质点在 $t=2$ s 时的振动速度。

解: (1) 设 $x=0$ 处质点振动的表达式为 $y_0 = A \cos(\omega t + \phi)$,

已知 $t=0$ 时, $y_0=0$, 且 $v_0>0$ $\therefore \phi = -\frac{1}{2}\pi$

$$\therefore y_0 = A \cos(2\pi \nu t + \phi) = 2 \times 10^{-2} \cos(100\pi t - \frac{1}{2}\pi) \quad (\text{SI}) \quad 2 \text{ 分}$$

由波的传播概念, 可得该平面简谐波的波函数为

$$y = A \cos(2\pi \nu t + \phi - 2\pi \nu x / u) = 2 \times 10^{-2} \cos(100\pi t - \frac{1}{2}\pi x - \frac{1}{2}\pi) \quad (\text{SI}) \quad 3 \text{ 分}$$

(2) $x=4$ m 处的质点的振动函数

$$y = 2 \times 10^{-2} \cos(100\pi t - \frac{1}{2}\pi) \quad (\text{SI}) \quad 2 \text{ 分}$$

$$(3) \text{ 该质点的振动速度函数为 } v = \frac{dy}{dt} = -2 \times 10^{-2} \times 100\pi \sin(100\pi t - \frac{1}{2}\pi) \quad 2 \text{ 分}$$

$$\text{在 } t=2 \text{ s 时 } v = -2 \times 10^{-2} \times 100\pi \sin(200\pi - \frac{1}{2}\pi) = 6.28 \text{ m/s} \quad 1 \text{ 分}$$

21. (8 分) 一衍射光栅, 每厘米有 200 条透光缝, 每条透光缝宽为 $a=2 \times 10^{-3}$ cm, 在光栅后放一焦距 $f=1$ m 的凸透镜, 现以 $\lambda=600$ nm 的单色平行光垂直照射光栅。

(1) 透光缝 a 的单缝衍射中央明条纹宽度为多少?

(2) 在该单缝衍射中央明条纹宽度内, 有几个光栅衍射主极大?

$$\text{解: (1) } a \sin \varphi = k' \lambda \quad 2 \text{ 分}$$

当 $x \ll f$ 时, $\sin \varphi \approx \tan \varphi = x / f$, 得 $a x / f = k' \lambda$

取 $k'=1$ 有

$$x = f \lambda / a = 3 \text{ cm} \quad 1 \text{ 分}$$

$$\therefore \text{ 中央明纹宽度为 } \Delta x = 2x = 6 \text{ cm} \quad 1 \text{ 分}$$

$$(2) (a+b) \sin \varphi = k \lambda \quad 2 \text{ 分}$$

$$a + b = 5 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

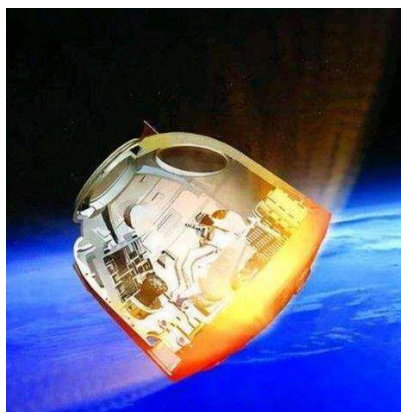
$$k = (a+b) x / (f \lambda) = 2.5$$

$$\text{或 } (a+b) / a = 2.5$$

可知在单缝衍射中央明条纹宽度内, 共有 $k=0, \pm 1, \pm 2$, 共 5 个主极大。

2 分

22. (5 分) 神舟十三号载人飞船返回舱 2022 年 4 月 16 日成功着陆。在制动减速、自由滑行、进入大气层、安全着陆几个阶段中，一共进行了四次落地点预报：



第一次，东经 $100^{\circ}06'18''$ 北纬 $41^{\circ}36'25''$ ，在推进器和返回舱制动结束进入惯性滑行 7 分钟后；

第二次，东经 $100^{\circ}06'18''$ 北纬 $41^{\circ}36'25''$ ，在推进器和返回舱分离 4 分钟后；

第三次，东经 $100^{\circ}06'54''$ 北纬 $41^{\circ}37'01''$ ，在主降落伞打开 4 分钟后；

第四次，东经 $100^{\circ}09'43''$ 北纬 $41^{\circ}39'11''$ ，在落地前 1 分钟左右。

每次落地点预报都是计算机根据当时的空气密度、阻力系数、迎风面积（后两者跟返回舱的形状尺寸和飞行姿态密切相关）等情况做出的精确计算结果。随着越来越接近着陆，落地点的预报也越来越准确。

根据以上材料和力学基本原理，回答以下问题：

(1) 估算第三次和第四次预报落地点之间的距离。已知地球半径 6371 km。

(2) 为什么第一次和第二次预报结果完全相同？

(3) 为什么前三次预报都是在运动状态的关键改变后做出的？

(4) 为什么要求飞行器进入大气层前一定要调整好飞行姿态？

答：(1) 由东经差距 $2'49''$ ，北纬差距 $2'10''$ 可知，第三次和第四次预报的落地点

的距离为 $6371\text{km} \times \sqrt{\left(2\frac{49}{60} \times \frac{\pi}{180 \times 60}\right)^2 \cos^2 41^{\circ}38' + \left(2\frac{10}{60} \times \frac{\pi}{180 \times 60}\right)^2} = 5.6\text{ km}$ 。估值

在 5~6km 范围内即算对，超过 6km 可能 \cos 一项遗漏。这个计算可使学生了解我国对飞行器落地点的预测能够达到什么水平。（1 分）

(2) 因为推进器、返回舱制动和分离在大气层外进行，可不考虑大气的复杂阻力问题，而只考虑地球引力，牛顿力学方程比较简单，容易准确预报，故第一次和第二次预报结果完全相同。（1 分）

(3) 制动、分离、打开降落伞均使飞行器受力和运动状态发生关键改变，牛顿力学方程的形式随之改变，所以每次状态改变都要重新做出预报。（1 分）

(4) 飞行器调整好飞行姿态是为了进入大气层后，所受大气复杂阻力对质心的力矩为零，避免发生转动，导致翻滚而失控。（2 分）