

大学物理 A I 期末考试 A 卷

2023 年 6 月 15 日

有关数据:

大气压 $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$,

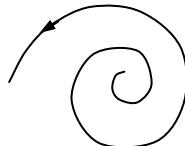
万有引力常量 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$,

玻耳兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

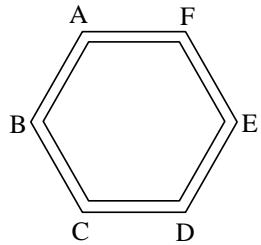
一、选择题 (单选, 每题 3 分, 共 15 分):

1. 一质点沿螺旋线自内向外运动, 如图所示。从时间 $t=0$ 开始走过的弧长与 t 的平方成正比, 可表示为 $s=k t^2$, 则该质点加速度的大小



- (A) 越来越大 (B) 不变
 (C) 越来越小 (D) 不能确定

2. 质量为 m 的质点, 以不变速率 v 沿图中正六边形 ABCDEF 水平光滑轨道运动。质点越过 A 角时, 轨道作用于质点的冲量大小为



- (A) mv (B) 0
 (C) $\sqrt{3}mv$ (D) $2mv$

3. 若打开电炉后室内温度从 15°C 升高到 27°C , 而气压不变, 则此时室内的分子数减少了

- (A) 0.5% (B) 4% (C) 9% (D) 21%

4. 一弹簧振子作简谐振动, 如果简谐振动的振幅增加为原来的两倍, 重物的质量增加为原来的三倍, 其他不变, 则它的总能量增加为原来的

- (A) 2 倍 (B) 4 倍 (C) 6 倍 (D) 8 倍

5. 使一光强为 I_0 的平面偏振光先后通过两个偏振片 P_1 和 P_2 . P_1 和 P_2 的偏振化方向与原入射光光矢量振动方向的夹角分别是 α 和 90° , 则通过这两个偏振片后的光强 I 是

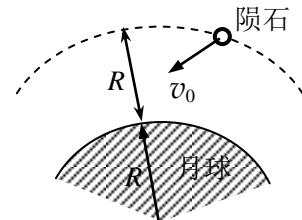
- (A) $\frac{1}{4} I_0 \sin^2(2\alpha)$ (B) $\frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha$ (C) $\frac{1}{2} I_0 \sin^2 \alpha$ (D) $I_0 \cos^4 \alpha$

二、填空题 (共 42 分):

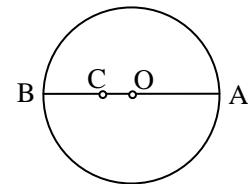
6. (3 分) 质量为 m 的小球, 在水中受到的浮力为常力 F , 且 $F < mg$ 。当它在水中从静止开始沉降时, 受到水的粘滞阻力大小为 $f = kv$ (k 为常数)。小球从静止开始沉降时作为计时起点, 其速度 v 随时间 t 变化的函数关系为 $v(t) = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

7. (4 分) 两个滑冰运动员的质量各为 70 kg , 均以 6 m/s 的速率沿相反的方向滑行, 滑行路线间的垂直距离为 10 m , 当彼此交错时, 各抓住一条 10 m 长绳索的两端, 然后相对旋转, 则抓住绳索之后各自对绳中点的角动量 $L = \underline{\hspace{2cm}}$ $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; 它们各自收拢绳索, 到绳长为 4 m 时, 各自的速率 $v = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$ 。不计冰面摩擦阻力和空气阻力。

8. (3 分) 若陨石在距月面 R 处时速度为 v_0 , 则陨石受月球吸引而落到月面的速度大小为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。令月球质量为 M , 半径为 R , 万有引力常量为 G 。



9. (4 分) 一质量为 m 的均匀圆盘, 可绕垂直于圆盘面的转轴作定轴转动。现在由于某种原因转轴偏离了盘心 O , 而在 C 处, 但转轴方向不变, 如图所示。若 A 、 B 是通过 C 点和 O 点的直径上的两个端点, 则 A 、 B 两点的速率将有所不同, 且分别为 v_A 和 v_B 。设圆盘转动的角速度为 ω , 则偏心距 $|CO| = \underline{\hspace{2cm}}$, 圆盘绕 C 点的转动惯量 $J_C = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



10. (4 分) 用绝热材料制成的一个容器, 体积为 $2V_0$, 被绝热板隔成 A 、 B 两部分, A 内储有 2 mol 双原子分子理想气体, B 内储有 4 mol 刚性单原子分子理想气体, A 、 B 两部分压强相等均为 p_0 , 两部分体积均为 V_0 , 则

(1) 两种气体各自的内能分别为 $E_A = \underline{\hspace{2cm}}$; $E_B = \underline{\hspace{2cm}}$;

(2) 抽去绝热板, 两种气体混合后处于平衡时的温度为 $T = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

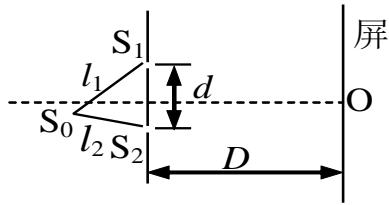
11. (4 分) 设气体分子服从麦克斯韦速率分布律, \bar{v} 代表平均速率, v_p 代表最概然速率, 那么, 速率在 $v_p \sim \bar{v}$ 范围内的分子数占总分子数的百分率随温度升高而 $\underline{\hspace{2cm}}$, 速率低于 100 m/s 的分子数占总分子数的百分率随温度升高而 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。(两空选填升高、降低或保持不变)

12. (4 分) 若理想气体的体积按照 $pV^2 = C_1$ (C_1 为正常量) 的规律从 V_1 膨胀到 V_2 , 则它对外所作的功 $A = \underline{\hspace{2cm}}$; 若理想气体的体积按照 $pV^{1/2} = C_2$ (C_2 为正常量) 的规律膨胀, 则其温度将 $\underline{\hspace{2cm}}$ (填升高、降低或不变)。

13. (3 分) 1 mol 理想气体经过等压过程, 热力学温度变为原来的 $1/3$ 。设该气体的定压摩尔热容为 $C_{p,m}$, 则此过程中该气体的熵增量为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

14. (3 分) 两个同方向简谐振动, 周期相同, 振幅分别为 $A_1 = 0.05 \text{ m}$ 和 $A_2 = 0.07 \text{ m}$, 它们合成为振幅为 $A = 0.09 \text{ m}$ 的一个简谐振动, 则这两个分振动的相位差为 $\underline{\hspace{2cm}} \text{ rad}$ 。

15. (3 分) 在双缝干涉实验中, 单色光源 S_0 到两缝 S_1 和 S_2 的距离之差为 $l_1 - l_2 = 3\lambda$, 其中 λ 为入射光的波长, 双缝之间的距离为 d , 双缝到屏幕的距离为 D ($D \gg d$), 如图所示。则屏幕上零级明纹到屏幕中央 O 点的距离为 _____。

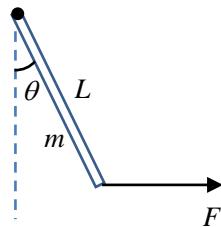


16. (4 分) 利用波长为 λ 的单色光做迈克耳孙干涉实验, 在其一支光路上, 垂直于光路放入折射率为 n 、厚度为 d 的透明介质薄膜。与未放入此薄膜时相比, 两光束光程差的改变量为 _____, 干涉条纹间距将 _____ (选填变大、变小和不变)。

17. (3 分) 折射率分别为 n_1 和 n_2 的两块平板玻璃构成空气劈尖, 用波长为 λ 的单色光垂直照射。如果将该劈尖装置浸入折射率为 n 的透明液体中, 且 $n_1 < n < n_2$, 则劈尖厚度为 e 的地方两反射光的光程差的改变量是 _____。

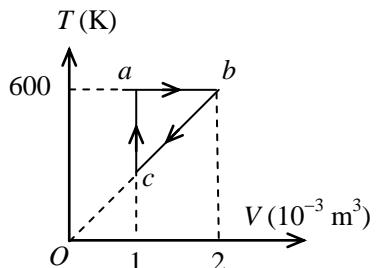
三、解答题 (共 43 分):

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光滑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。



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。

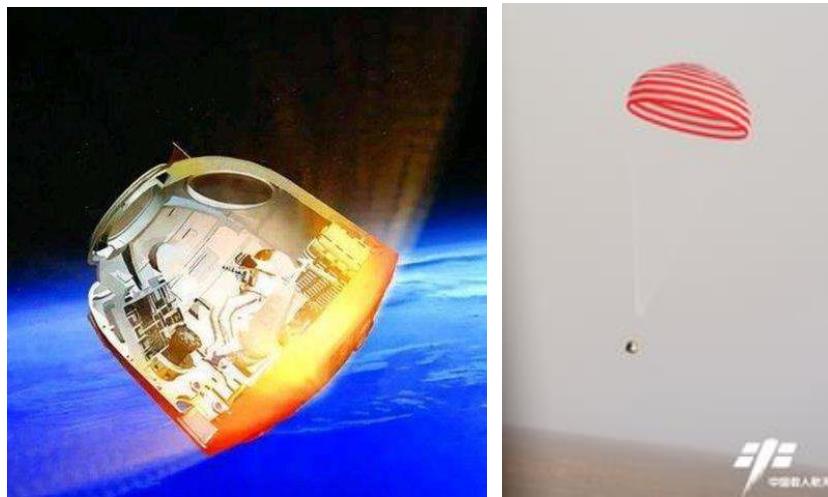
- (1) 在 $p-V$ 图上画出该循环过程, 并标出 p_a 、 p_b 的数值。
(2) 求此循环效率。



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。

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?

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) 为什么要要求飞行器进入大气层前一定要调整好飞行姿态？