

中山大学本科生期末考试

考试科目：《大学物理》(A 卷)

学年学期：2018–2019 学年第 2 学期

姓 名：_____

学 院/系：物理学院

学 号：_____

考试方式：闭卷

年级专业：_____

考试时长：120 分钟

班 别：_____

警示

《中山大学授予学士学位工作细则》第八条：“考试作弊者，不授予学士学位。”

以下为试题区域，共 25 道大题，总分 100 分，考生请在答题纸上作答

一、选择题

1. (2 分) 一人站在旋转平台的中央，两臂侧平举，整个系统以 $2\pi\text{rad/s}$ 的角速度旋转，转动惯量为 $6.0\text{kg}\cdot\text{m}^2$ 。如果将双臂收回则系统的转动惯量变为 $2.0\text{kg}\cdot\text{m}^2$ 。此时系统的转动动能与原来的转动动能之比 $\frac{E_k}{E_{k0}}$ 为 ()

A. $\sqrt{2}$

B. $\sqrt{3}$

C. 2

D. 3

答案：D

2. (2 分) 关于刚体对轴的转动惯量，下列说法中正确的是 ()

A. 只取决于刚体的质量，与质量的空间分布和轴的位置无关

B. 取决于刚体的质量和质量的空间分布，与轴的位置无关

C. 取决于刚体的质量，质量的空间分布和轴的位置

D. 只取决于转轴的位置，与刚体的质量和质量的空间分布无关。

答案：C

3. (2 分) 质量为 m 的小孩站在半径为 R 的水平平台边缘上。平台可以绕通过其中心的竖直光滑固定轴自由转动，转动惯量为 J 。平台和小孩开始时均静止。当小孩突然以相对于地面为 v 的速率在台边缘沿逆时针转向走动时，则此平台相对地面旋转的角速度和旋转方向分别为 [A] ()

- A. $\omega = \frac{mR^2}{J} \left(\frac{v}{R} \right)$, 顺时针;
 B. $\omega = \frac{mR^2}{J} \left(\frac{v}{R} \right)$, 逆时针;
 C. $\omega = \frac{mR^2}{J + mR^2} \left(\frac{v}{R} \right)$, 顺时针;
 D. $\omega = \frac{mR^2}{J + mR^2} \left(\frac{v}{R} \right)$, 逆时针

4. (2 分) 如图1所示, 一静止的均匀细棒, 长为 L 、质量为 M , 可绕通过棒的端点且垂直于棒长的光滑固定轴 O 在水平面内转动, 转动惯量为 $\frac{1}{3}ML^2$ 。一质量为 m 、速率为 v 的子弹在水平面内沿与棒垂直的方向射出并穿出棒的自由端, 设穿过棒后子弹的速率为 $\frac{1}{2}v$, 则此时棒的角速度应为 [B] ()

- A. $\frac{mv}{ML}$ B. $\frac{3mv}{2MI}$ C. $\frac{5mv}{3ML}$ D. $\frac{7mv}{4ML}$

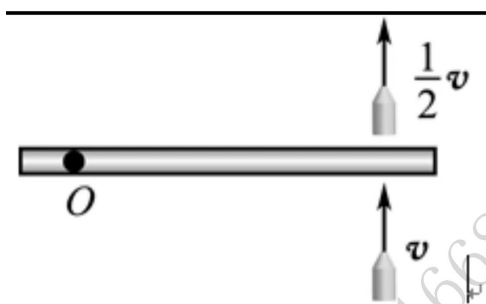


图1 第4题

5. (2 分) 空气流经图2所示的管道系统中, 假设空气可被看作理想流体, 则以下关于各段管道中压强和流速的判断中哪个是正确的 (C) ()

- A. $p_4 < p_3; v_1 > v_3$; B. $p_3 > p_1; v_2 > v_3$;
 C. $p_4 > p_1; v_4 < v_1$; D. $p_2 > p_3; v_2 < v_4$;

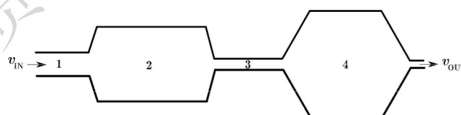


图2 第五题

6. (2 分) 把单摆摆球从平衡位置向位移正方向拉开, 使摆线与竖直方向成一微小角度 θ , 然后由静止放手任其振动, 从放手时开始计时。若用余弦函数表示其运动方程, 则该单摆振动的初相为 [C] ()

- A. π B. $\pi/2$ C. 0 D. θ

7. (2 分) 一弹簧振子作简谐振动, 当位移为振幅的一半时, 其动能为总能量的 [D] ()

- A. 1/4 B. 1/2 C. $1/\sqrt{2}$ D. 3/4

8. (2 分) 一个弹簧振子和一个单摆 (只考虑小幅度摆动), 在地面上的固有振动周期分别为 T_1 和 T_2 。将它们拿到月球上去, 相应的周期分别为 T'_1 和 T'_2 。则有 (D)

- A. $T'_1 > T_1$ 且 $T'_2 > T_2$; B. $T'_1 < T_1$ 且 $T'_2 < T_2$;
C. $T'_1 = T_1$ 且 $T'_2 = T_2$; D. $T'_1 = T_1$ 且 $T'_2 > T_2$
9. (2 分) 一机车汽笛频率为 750 Hz, 机车以时速 90 公里远离静止的观察者. 观察者听到的声音的频率是 (设空气中声速为 340 m/s). [B] ()
- A. 810 Hz B. 699 Hz C. 805 Hz D. 695 Hz
10. (2 分) 温度、压强相同的氢气和氧气, 它们分子的平均动能 $\bar{\epsilon}$ 和平均平动动能 $\bar{w}$ 有如下关系:(C) ()
- A. $\bar{\epsilon}$ 和 $\bar{w}$ 都相等; B. $\bar{\epsilon}$ 相等, 而 $\bar{w}$ 不相等;
C. $\bar{w}$ 相等, 而 $\bar{\epsilon}$ 不相等; D. $\bar{\epsilon}$ 和 $\bar{w}$ 都不相等
11. (2 分) 两瓶不同种类的理想气体 (一瓶氢气, 一瓶氧气), 它们的温度和压强都相同, 但体积不同, 则单位体积内的气体分子数 n , 单位体积内的气体分子的总平动动能 (E_K/V), 单位体积内的气体质量 ρ , 分别有如下关系: [C] ()
- A. n 不同, (E_K/V) 不同, ρ 不同; B. n 不同, (E_K/V) 不同, ρ 相同
C. n 相同, (E_K/V) 相同, ρ 不同 D. n 相同, (E_K/V) 相同, ρ 相同
12. (2 分) 设图3示的两条曲线分别表示在相同温度下氧气和氢气分子的速率分布曲线; 令 $(v_p)_{O_2}$ 和 $(v_p)_{H_2}$ 分别表示氧气和氢气的最概然速率, 则: [B] ()
- A. 图中 a 表示氧气分子的速率分布曲线; $(v_p)_{O_2} / (v_p)_{H_2} = 4$
B. 图中 a 表示氧气分子的速率分布曲线; $(v_p)_{O_2} / (v_p)_{H_2} = 1/4$
C. 图中 b 表示氧气分子的速率分布曲线; $(v_p)_{O_2} / (v_p)_{H_2} = 1/4$
D. 图中 b 表示氧气分子的速率分布曲线; $(v_p)_{O_2} / (v_p)_{H_2} = 4$

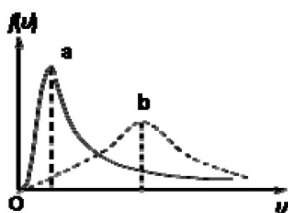


图3 第12题

13. (2 分) 在温度分别为 327°C 和 27°C 的高温热源和低温热源之间工作的热机, 理论上的最大效率为 [B] ()
- A. 25% B. 50% C. 75% D. 91.74%
14. (2 分) 有人设计一台卡诺热机 (可逆的)。每循环一次可从 400 K 的高温热源吸热 1800 J, 向 300 K 的低温热源放热 800J, 同时对外做功 1000J, 这样的设计是 [] ()

- A. 可以的, 符合热力学第一定律;
 B. 可以的, 符合热力学第二定律;
 C. 不行的, 卡诺循环所作的功不能大于向低温热源放出的热量;
 D. 不行的, 这个热机的效率超过理论值.

15. (2 分) 1mol 理想气体经过一等压过程, 温度变为原来的两倍, 设该气体的定压摩尔热容为 C_p , 则此过程中气体熵的增量为: [D] ()

- A. $C_p/2$; B. $2C_p$; C. $C_p \ln 0.5$; D. $C_p \ln 2$.

16. (2 分) 一质点作简谐振动。其运动速度与时间的曲线如图4所示。若质点的位移振动规律 $x(t)$ 用余弦函数描述, 则其初相应为 [C] ()

- A. $\pi/6$; B. $5\pi/6$; C. $-5\pi/6$; D. $-\pi/6$

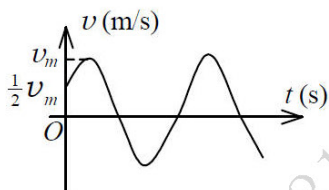


图4 第16题

17. (2 分) 三个容器 A、B、C 中装有同种理想气体, 其分子数密度 n 相同, 而方均根速率之比为 $\sqrt{v_A^2} : \sqrt{v_B^2} : \sqrt{v_C^2} = 1 : 2 : 4$, 则其压强之比 $P_A : P_B : P_C$ 为 [C] ()

- A. $1 : 2 : 4$; B. $1:4:8$; C. $1 : 4 : 16$; D. $4 : 2 : 1$ 。

18. (2 分) 一定量的理想气体贮于某一容器中, 温度为 T , 气体分子的质量为 m 。根据理想气体分子模型和统计假设, 分子速度在 x 方向的分量的平均值 [D] ()

- A. $\overline{v_x} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$ B. $\overline{v_x} = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{8kT}{\pi n}}$ C. $\overline{v_x} = \sqrt{\frac{8kT}{3\pi n}}$ D. $\overline{v_x} = 0$

19. (2 分) 某理想气体状态变化时, 内能 E 随体积的变化关系如图5中 AB 直线所示。A $\rightarrow$ B 表示的过程是 (A) ()

- A. 等压过程; B. 等体过程; C. 等温过程; D. 绝热过程

20. (2 分) 理想气体向真空作绝热膨胀 [A] ()

- A. 膨胀后, 温度不变, 压强减小. B. 膨胀后, 温度降低, 压强减小.
 C. 膨胀后, 温度升高, 压强减小. D. 膨胀后, 温度不变, 压强不变.

二、计算题 (共 5 小题, 共 60 分, 每题 12 分)

21. 如图6, A、B、C 为质量都是 M 的三个物体, B、C 放在光滑水平桌面上, 两者间连有一段长为 $0.4m$ 的细绳, 原先松放着。B、C 靠在一起, B 的另一侧用一跨过桌边定

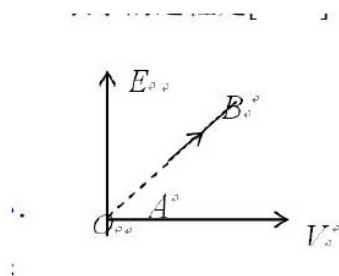


图 5 第 19 题

滑轮的细绳与 A 相连 (如图)。滑轮和绳子的质量及轮轴上的摩擦不计, 绳子不可伸长。
(取 $g = 10 \text{ m/s}^2$) 问:

- (1) A、B 起动后, 经多长时间 C 也开始运动?
- (2) C 开始运动时速度的大小是多少?

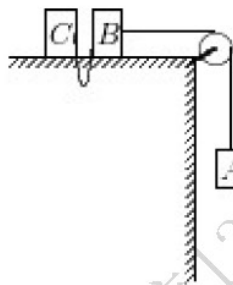


图 6 第 21 题

解:

(1) 设 A、B 间绳中张力为 T ,

对 A, $M_A g - T = M_A a$,

对 B, $T = M_B a$,

又 $M_A = M_B = M$, 解得 $a = \frac{1}{2}g$.

设 B、C 之间绳长为 l , 在时间 t 内 B 物体做匀加速运动, 有

$$l = \frac{1}{2}at^2 = \frac{gt^2}{4}, l = \sqrt{\frac{4l}{g}} = 0.4 \text{ s}.$$

(2) B 和 C 之间绳子刚拉紧之前, A 和 B 所达到的速度

$$v = at = \frac{1}{2}gt = \frac{1}{2} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0.4 \text{ s} = 2.0 \text{ m/s}.$$

B、C 间拉紧后, C 开始运动, A、B、C 三者的速度大小均变为 V . 设三者速度变化过程中 T_{AB} 为 AB 间绳中平均张力, T_{BC} 为 BC 间绳中平均张力, τ 为过程时间,

由动量定理得:

对 A, $M_A V - M_A v = -T_{AB} \times \tau$ ($M_A g \ll T_{AB}$),

对 B, $M_B V - M_B v = T_{AB} \times \tau - T_{BC} \times \tau$

对 C, $M_C V - 0 = T_{BC} \cdot \tau$,

$$\text{联立得到 } V = \frac{(M_A + M_B) v}{M_A + M_B + M_C} = \frac{2}{3}v = 1.33 \text{ m/s}$$

22. 如图 7, 一轴承光滑的定滑轮, 质量为 $M = 2.00 \text{ kg}$, 半径为 $R = 0.100 \text{ m}$, 一根不能伸

长的轻绳, 一端固定在定滑轮上, 另一端系有一质量为 $m = 5.00 \text{ kg}$ 的物体, 如图所示。已知定滑轮的转动惯量为 $J = \frac{1}{2}MR^2$, 其初始角速度 $\omega_0 = 10.0 \text{ rad/s}$, 方向垂直纸面向里, 求:

- (1) 定滑轮的角加速度的大小和方向;
- (2) 定滑轮的角速度变化到 $\omega = 0$ 时, 物体上升的高度;

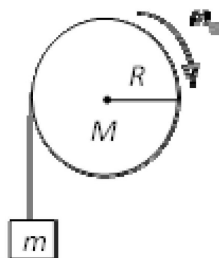


图 7 第 22 题

解:

$$(1) \because mg - T = ma$$

$$TR = J\beta$$

$$a = R\beta$$

$$\therefore \beta = \frac{mgR}{mR^2 + J} = \frac{mgR}{mR^2 + \frac{1}{2}MR^2} = \frac{2mg}{(2m + M)R} = 81.7 \text{ rad/s}^2 \text{ 方向垂直纸面向外}$$

$$(2) \because \omega^2 = \omega_0^2 - 2\beta\theta$$

$$\text{当 } \omega = 0 \text{ 时, } \theta = \frac{\omega_0^2}{2\beta} = 0.612 \text{ rad}$$

$$\text{物体上升的高度 } h = R\theta = 6.12 \times 10^{-2} \text{ m}$$

23. 如图8表示一氮气循环过程, 求

- (1) 一次循环过程气体对外做的功 W ;
- (2) 此循环的效率 η .

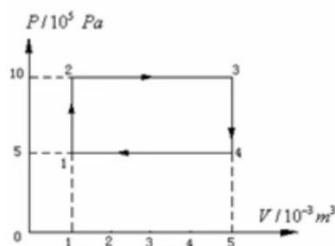


图 8 第 23 题

解:

- (1) 一次循环过程气体对外作功的大小为闭合曲线所包围的面积, 由图知, 其包围的面积

为

$$\begin{aligned} S &= (p_2 - p_1) (V_4 - V_1) \\ &= (10 - 5) \times (5 - 1) \times 10^5 \times 10^{-3} = 2.0 \times 10^3 (\text{J}) \end{aligned}$$

该循环对外做功为正, 所以 $A = 2.0 \times 10^3 (\text{J})$

(2) 该循环过程中, 从 $2 \rightarrow 3, 1 \rightarrow 2$ 为吸收热量过程

其中 $2 \rightarrow 3$ 为等压过程, 吸收热量为

$$\begin{aligned} Q_1 &= \nu C_p (T_3 - T_2) = \nu \frac{7}{2} R \left(\frac{p_3 V_3}{\nu R} - \frac{p_2 V_2}{\nu R} \right) = \frac{7}{2} (p_3 V_3 - p_2 V_2) \\ &= \frac{7}{2} (10 \times 5 - 10 \times 1) \times 10^5 \times 10^{-3} = 1.4 \times 10^4 (\text{J}) \end{aligned}$$

$1 \rightarrow 2$ 为等容过程, 吸收热量为

$$\begin{aligned} Q_2 &= \nu C_v (T_2 - T_1) = \nu \frac{5}{2} R \left(\frac{p_2 V_2}{\nu R} - \frac{p_1 V_1}{\nu R} \right) = \frac{5}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) \\ &= \frac{5}{2} (10 \times 1 - 5 \times 1) \times 10^5 \times 10^{-3} = 1.25 \times 10^3 (\text{J}) \end{aligned}$$

因此吸收的总热量为 $Q = Q_1 + Q_2 = 1.525 \times 10^4 (\text{J})$

该循环的效率为 $\eta = \frac{A}{Q} = \frac{2.0 \times 10^3}{1.525 \times 10^4} = 13.1\%$

24. 已知波长为 λ 的平面简谐波沿 x 轴负方向传播, $x = \frac{\lambda}{4}$ 处质点的振动方程为 $y = A \cos \frac{2\pi}{\lambda} \cdot ut$ (SI),

(1) 写出该平面简谐波的表达式;

(2) 画出 $t = T$ 时刻的波形图。

解:

(1) 如图 9 所示, 取波线上任一点 P , 其坐标设为 x , 由波的传播特性, P 点的振动落后于 $\lambda/4$ 处质点的振动。

该波的表达式为

$$\begin{aligned} y &= A \cos \left[\frac{2\pi ut}{\lambda} - \frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{\lambda}{4} - x \right) \right] \\ &= A \cos \left(\frac{2\pi ut}{\lambda} - \frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{\lambda} x \right) (\text{SI}) \end{aligned}$$

(2) $t = T$ 时的波形和 $t = 0$ 时的波形一样, $t = 0$ 时,

$$y = A \cos \left(-\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{\lambda} x \right) = A \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} x - \frac{\pi}{2} \right)$$

按上述方程画的波形图见图 10。

25. 假设有一种气体构成它的粒子服从以下速率分布率

$$f(v) = \begin{cases} \frac{1}{3} A v (v_0 - v), & (0 < v < v_0) \\ 0, & (v \geq v_0) \end{cases}$$

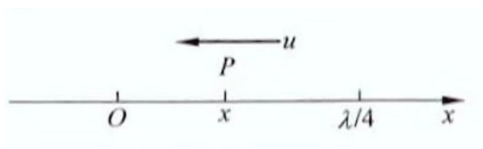


图 9 第 24-1 题

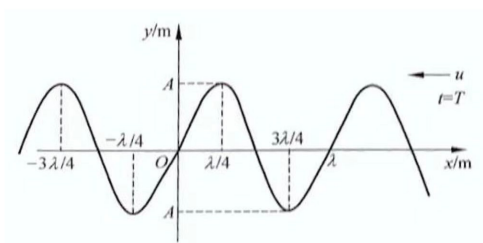


图 10 第 24-2 题

式中 A 为常量。

(1) 试用 v_0 定出 A 的表达式;

(2) 求算术平均速率 $\bar{v}$.

解:

(1)

$$\begin{aligned} \int_0^{v_0} \frac{1}{3} A v (v_0 - v) dv &= \frac{1}{3} A \int_0^{v_0} v (v_0 - v) dv \\ &= \frac{1}{3} A \left(\frac{v_0}{2} v^2 \Big|_0^{v_0} - \frac{v^3}{3} \Big|_0^{v_0} \right) \\ &= \frac{1}{3} A \left(\frac{v_0^3}{2} - \frac{v_0^3}{3} \right) \\ &= \frac{1}{3} A \frac{v_0^3}{6} = 1 \Rightarrow A = \frac{18}{v_0^3} \end{aligned}$$

(2)

$$\begin{aligned} \bar{v} &= \int_0^{v_0} v f(v) dv \\ &= \int_0^{v_0} \frac{6}{v_0^3} v^2 (v_0 - v) dv \\ &= \int_0^{v_0} \frac{6v^2}{v_0^3} - \frac{6v^3}{v_0^3} dv \\ &= \frac{2v^3}{v_0^3} \Big|_0^{v_0} - \frac{3}{2} \frac{v^4}{v_0^3} \Big|_0^{v_0} \\ &= 2v_0 - \frac{3}{2} v_0 \\ &= \frac{v_0}{2} \end{aligned}$$