

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：2017-2018 学年第 1 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。

- (3 分) 质点沿 x 轴的运动规律为 $x = t^2 - 4t + 5$ ，则在 $0 \sim 3 \text{ s}$ 内，它的 [D] ()
 - 路程和位移都是 3 m
 - 路程和位移都是 -3 m
 - 路程是 3 m，位移是 -3 m
 - 路程是 5 m，位移是 -3 m
- (3 分) 图1所示为一固定的四分之一光滑圆弧面上的质点，从顶点 P 自静止开始下滑直到下端点 Q ，对尚未离开 Q 之前的全过程，则 B] ()
 - 质点切向加速度一直减小
 - 质点切向加速度一直增大
 - 圆弧面对质点的支持力先增大，后减小，再增大
 - 质点法向加速度先减小，后增大，再减小

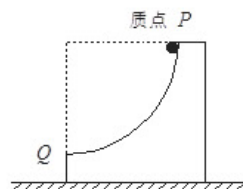


图 1 第二题

3. (3 分) 如图2所示, 一质量为 m 的物体静止在光滑水平面上, 在以下表示的作用力下推动物体运动, 则 1 秒末物体加速度最小的对应的受力是 () ()

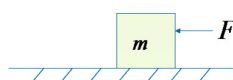
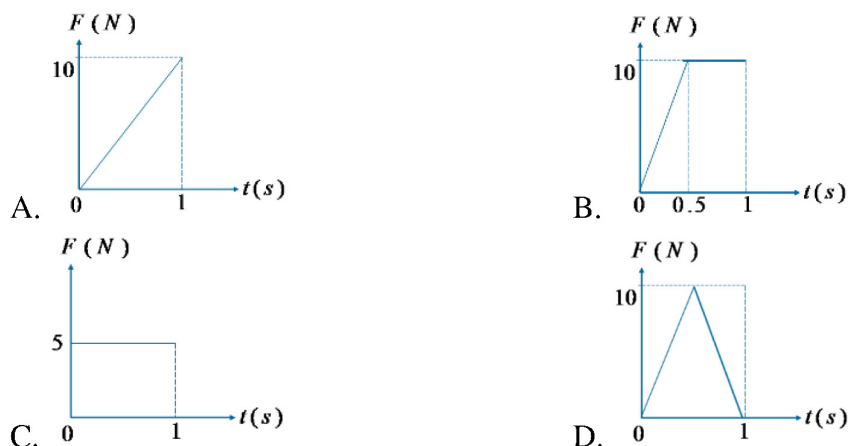


图2 第三题

4. (3 分) 如图3所示, 一质量为 m 的小球在光滑的水平桌面上做半径为 r 的转动, 小球通过桌子上的一个孔用绳子连在一个质量为 M 的物体上, 如果物体要保持静止, 则小球的速度大小为 [B] () ()

A. $\sqrt{\frac{Mgr^2}{m}}$ B. $\sqrt{\frac{Mg}{m}}$ C. $\sqrt{gr}$ D. $\sqrt{\frac{Mg}{mr}}$

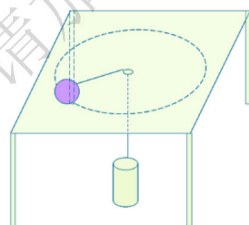


图3 第四题

5. (3 分) 作匀速圆周运动的物体运动一周后回到原处, 这一周期内物体 [C] () ()

- A. 动量守恒, 合外力的冲量为零
B. 动量不守恒, 合外力的冲量不为零
C. 动量变化为零, 合外力的冲量为零
D. 动量变化为零, 合外力的冲量不为零

6. (3 分) 若两球沿一直线作对心正撞, 碰后两球都静止不动, 则 [C] () ()

- A. 两球质量相同 B. 两球动能相等
C. 两球动量大小相等 D. 两球速度大小相等

7. (3 分) 如图4一劲度系数为 k 的轻弹簧水平放置, 其一端固定, 另一端与一滑块 A 相连, A 旁又有一质量相同的滑块 B, 且两滑块与桌面间无摩擦, 如图所示。若用外力将 A、B、

起推压使弹簧压缩量为 d 而停止, 然后撤消外力, 则 B 离开时的动能为 [B] () ()

- A. 0 B. $\frac{1}{4}kd^2$ C. $\frac{1}{2}kd^2$ D. kd^2

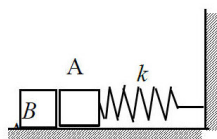


图 4 第七题

8. (3 分) 如图5所示, 一水平刚性轻杆, 质量不计, 杆长 $l = 20 \text{ cm}$, 其上穿有一个小球。初始时, 小球放置于距轻杆中心 O 的距离 $d = 5 \text{ cm}$ 处, 并与 O 点用细线拉紧。现在让轻杆绕通过 O 的竖直固定轴以转速 ω_0 作匀速转动, 再烧断细线, 其后小球向杆的端点滑动。若转轴摩擦不计, 当小球滑至杆的端点时, 杆的角速度为 [] () ()

- A. $2\omega_0$ B. ω_0 C. $\frac{1}{2}\omega_0$ D. $\frac{1}{4}\omega_0$

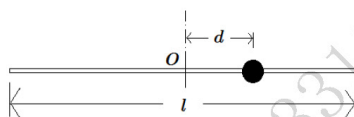


图 5 第八题

9. (3 分) 一质量为 m 、半径为 R 的均匀圆柱开始时以角速度 ω_0 绕其对称轴旋转, 现将其轻轻放在倾角为 θ 的面上 A 点释放, 如图6所示。圆柱与斜面之间的滑动摩擦系数为 $\mu (\mu > \tan \theta)$, 在圆柱沿斜面上升到最高点后下滚至 A 点时, 其角速度的大小为 ω , 则有 [A] () ()

- A. $\omega_0 > \omega$ B. $\omega_0 = \omega$
C. $\omega_0 < \omega$ D. 条件不足, 无法判定

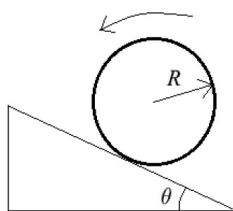


图 6 第九题

10. (3 分) 一质点作简谐运动, 其运动速度与时间的曲线如图7所示。若质点的加速度用余弦函数表示, 则其初相应为 [] () ()

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

11. (3 分) 某简谐振动的振动曲线如图8所示, 位移单位为厘米, 时间单位为秒。则此简谐振动方程为 C () ()

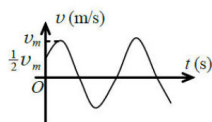


图7 第十题

- A. $x = 2 \cos\left(\frac{2}{3}\pi t + \frac{2}{3}\pi\right)$ B. $x = 2 \cos\left(\frac{2}{3}\pi t - \frac{2}{3}\pi\right)$
 C. $x = 2 \cos\left(\frac{4}{3}\pi t + \frac{2}{3}\pi\right)$ D. $x = 2 \cos\left(\frac{4}{3}\pi t - \frac{2}{3}\pi\right)$

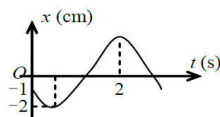


图8 第十一题

12. (3 分) 两种处于平衡状态的理想气体, 且它们的温度相等, 则它们 **B** () ()
 A. 内能一定相等 B. 分子的平均平动动能一定相等
 C. 分子的平均速率一定相等 D. 分子的方均根速率一定相等
13. (3 分) 一定质量的理想气体完成如图9所示一循环过程, 此过程在 $V - T$ 图中用图线 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow a$ 描写。该气体在循环过程中吸热、放热的情况是 **C** ()
 A. 在 $a \rightarrow b, c \rightarrow a$ 过程吸热; 在 $b \rightarrow c$ 过程放热
 B. 在 $b \rightarrow c$ 过程吸热; 在 $a \rightarrow b, c \rightarrow a$ 过程放热
 C. 在 $a \rightarrow b$ 过程吸热; 在 $b \rightarrow c, c \rightarrow a$ 过程放热
 D. 在 $b \rightarrow c, c \rightarrow a$ 过程吸热; 在 $a \rightarrow b$ 过程放热

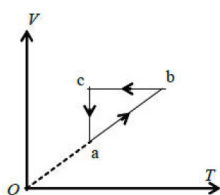


图9 第十三题

14. (3 分) 有人设计了一台可逆的卡诺热机, 每循环一次可从 400 K 的高温热源吸热 1600 J, 向 300 K 的低温热源放热 600 J, 同时对外做净功 1000 J, 这样的设计 **C** ()
 A. 符合热力学第一定律, 可行 B. 符合热力学第一、第二定律, 可行
 C. 违背了卡诺定理, 不可行 D. 违背了热力学第二定律, 不可行
15. (3 分) 一定量的理想气体从某一平衡态 A 开始, 分别经历两个不同的过程到达平衡态 B。下列说法正确的是 **D** ()

- A. 只有在两个过程中吸收的热量相同时, 内能的改变才会相同
 B. 只有在两个过程中吸热相同且做功也相同时, 内能的改变才会相同
 C. 经历的过程不同, 内能的改变不可能相同
 D. 内能的改变相同, 与两个不同的过程无关

二、计算题

1. 一质点沿半径为 $R = 0.8 \text{ m}$ 的圆周运动在 t 时间内通过弧长 $S = 6t - 0.3t^2$ (SI),

(1) 当总加速度数值 $a = 0.6 \text{ m/s}^2$ 时, 经历的时间 $t = ?$

(2) 在 $0 \rightarrow t$ 内质点沿圆周绕过了若干圈?

2. 如图所示, 密度为 ρ_1 的液体, 上方挂着一长度为 l , 密度为 ρ_2 ($\rho_2 > \rho_1$) 的均匀细长棒, 棒开始被悬挂在液体上方, 且最下端刚刚好与液面接触, 现剪断绳子使得棒在重力和浮力的作用下, 在液体中下沉, 求棒刚好全部沉入液体中时的速度。

解:

(1) 取液面为坐标原点 O , x 轴正向向下. 当棒下落浸入液体 x 长时有

$$G - F_n = ma$$

, 即

$$\begin{aligned} \rho_2 S l g - \rho_1 S x g &= \rho_2 S l \frac{dv}{dt} = \rho_2 S l \frac{dx}{dt} \frac{dv}{dx} \\ &= \rho_2 S l v \frac{dv}{dx}. \end{aligned}$$

其中, S 为棒的横截面积, $x = 0$ 时 $v = 0$, $x = l$ 时 v 为所求.

两边积分

$$\int_0^l \left(1 - \frac{\rho_1 x}{\rho_2 l} \right) g dx = \int_0^v v dv,$$

得

$$v = \sqrt{\frac{(2\rho_2 - \rho_1) gl}{\rho_2}}.$$

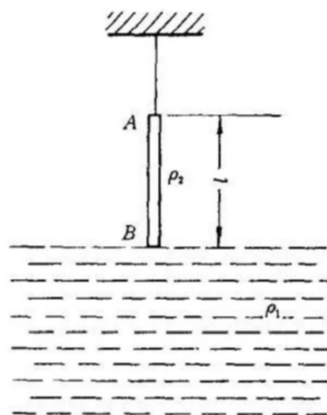


图 10 计算题 2

3. 一质量为 m 的子弹以初速度 v_0 水平击中一用细绳悬挂着的静止的物体, 该物体的质量为 M , 绳子的长度为 l , 击中后子弹与物体一起运动, 假设撞击时间极短。如果两者在竖直平面内能够完成一个完整的圆周运动。求速度 v_0 满足的条件。

解:

子弹击中物体前后, 由动量守恒定律:

$$mv_0 = (M + m)v$$

解得一起运动的速度

$$v = \frac{mv_0}{M + m}$$

子弹与物体系统能在竖直平面内做完整的圆周运动, 在最高点满足:

$$F + mg = m\frac{v_1^2}{l}$$

且 $F \geq 0$

子弹与物体系统由最低点运动到最高点的过程, 由动能定理:

$$-(M + m)g \cdot 2l = \frac{1}{2}(M + m)v_1^2 - \frac{1}{2}(M + m)v^2$$

联立知,

$$v_0 \geq \frac{M + m}{m}\sqrt{5gl}$$

4. 半径为 2 m 的水平转台, 可绕通过转台中心且与转台平面垂直的固定转轴做无摩擦转动, 转台绕该轴的转动惯量为 $3000 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ 。骑着独轮车的杂技演员站在该转台边缘, 演员与独轮车合计质量为 75 kg 。开始时整个系统静止, 当演员骑着独轮车以相对于地面为 1 m/s 的速率沿转台边缘骑行。求演员沿转台边缘行走一圈, 回到他在转台的初始位置所用的时间。

解:

解: 由角动量守恒

$$J_1\omega_1 + J_2\omega_2 = 0$$

其中, $J_1 = 300 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, $\omega_1 = v/r = 0.5 \text{ rad/s}$, $J_2 = 3000 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

$\therefore \omega_2 = -J_1\omega_1/J_2 = -0.05 \text{ rad/s}$.

人相对于转台的角速度 $\omega_r = \omega_1 - \omega_2 = 0.55 \text{ rad/s} \therefore t = 2\pi/\omega_r = 11.4 \text{ s}$

5. 一密封房间的体积为 $(5 \times 3 \times 3) \text{ m}^3$, 室温为 20°C .

(1) 室内空气分子热运动的平均平动动能的总和是多少?

(2) 如果气体的温度升高 1.0 K , 而体积不变, 则气体的内能变化多少?

(3) 气体分子的方均根速率增加多少?

(已知空气的密度 $\rho = 1.29 \text{ kg/m}^3$, 摩尔质量 $M = 29 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$, 且空气分子可认为是刚性双原子分子, 摩尔气体常数 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.)

解:

(1) 分子平均平动动能 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{5}{2}kT$

设分子数为 N , 则有

$$N \cdot \frac{1}{2}m\bar{v}^2 = \frac{3}{2}NkT$$

而

$$k = \frac{Rm}{M}$$

所以 $N \cdot \frac{1}{2}m\bar{v}^2 = \frac{3}{2}RT \cdot N \frac{m}{M} = \frac{3}{2}RT \frac{m_0}{M} \quad (m_0 = Nm)$

据题意 $m_0 = \rho V$,

所以 $N \frac{1}{2}m\bar{v}^2 = \frac{3}{2}RT \frac{\rho V}{M} = 7.31 \times 10^6 \text{ J}$

(2) 内能增量 $\Delta E = \frac{m_0}{M} \cdot \frac{i}{2}R\Delta T = \left(\frac{\rho V}{M}\right) \frac{i}{2}R\Delta T, i = 5$

可得 $\Delta E = 4.16 \times 10^4 \text{ J}$

(3) 方均根速率 $\sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$

所以

$$\begin{aligned} \Delta\sqrt{\bar{v}^2} &= \sqrt{\bar{v}_2^2} - \sqrt{\bar{v}_1^2} = \sqrt{\frac{3R}{M}} (\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}) \\ &= 0.856 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

6. 当氢气和氦气的压强、体积和温度都相等时, 求它们的质量比 $\frac{m'(H_2)}{m'(He)}$ 和内能比 $\frac{E(H_2)}{E(He)}$. (将氢气视为刚性双原子分子气体)

分析:

对理想气体有物态方程 $pV = \frac{m'}{M}RT$ 成立,

故气体质量 $m' = \frac{pVM}{RT}$, 其中 M 为气体摩尔质量.

而对理想气体, 其内能为温度的单值函数, 即 $E = \frac{m'}{M} \frac{i}{2}RT = \frac{i}{2}pV$ (i 为自由度).

可见, 当 p 、 V 、 T 相同时, 质量比恰为摩尔质量之比, 内能之比则为自由度之比.

由分析知

$$\frac{m(H_2)}{m(He)} = \frac{M(H_2)_{\text{mol}}}{M(He)_{\text{mol}}} = \frac{1}{2}, \quad \frac{E(H_2)}{E(He)} = \frac{i(H_2)}{i(He)} = \frac{5}{3}$$

7. 若某种理想气体分子的方均根速率为 $450 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 且该气体的压强为 $7 \times 10^4 \text{ Pa}$, 求该气体的密度.

解:

$$\sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \Rightarrow \frac{RT}{M} = \frac{1}{3}\bar{v}^2$$

$$pV = nRT \Rightarrow V = \frac{mRT}{PM}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT} = \frac{3P}{\bar{v}^2} = \frac{3 \times 7 \times 10^4}{450^2} \approx 1.04 \text{ kg/m}^3$$

8. 已知在 0°C , 1 mol 的冰熔解为 1 mol 的水需要吸热 6000 J . 求:

- (1) 在 0°C 时这些冰化为水的熵变;
 (2) 在 0°C 时这些水的微观状态数与冰的微观状态数之比。

解:

- (1) 温度不变时, 熵变为

$$\Delta S = \frac{dQ}{T} = \frac{1}{T_0} \int dQ = \frac{6000}{273} = 22.0 \text{ J/K}$$

- (2) 根据玻尔兹曼熵公式

$$S_{\text{冰}} = k \ln \Omega_{\text{冰}} \quad S_{\text{水}} = k \ln \Omega_{\text{水}}$$

$$\Delta S = S_{\text{水}} - S_{\text{冰}} = k \ln \Omega_{\text{水}} - k \ln \Omega_{\text{冰}} = k \ln \frac{\Omega_{\text{水}}}{\Omega_{\text{冰}}}$$

根据 (1) 结果, 得

$$\frac{\Omega_{\text{水}}}{\Omega_{\text{冰}}} = e^{\frac{\Delta S}{k}} = e^{\frac{22.0}{1.38 \times 10^{-23}}} = e^{1.6 \times 10^{24}}$$