

得分

# 一、选择题 (30 分)

1. (本题 3 分) 某物体的运动规律为  $dv/dt = -kv^2t$ , 其中  $k$  为大于零的常量。当  $t=0$  时, 物体初速为  $v_0$ , 则物体速度  $v$  与时间  $t$  的函数关系是

- (A)  $v = \frac{1}{2}kt^2 + v_0$ ; (B)  $v = -\frac{1}{2}kt^2 + v_0$ ;  
 (C)  $\frac{1}{v} = \frac{kt^2}{2} + \frac{1}{v_0}$ ; (D)  $\frac{1}{v} = -\frac{kt^2}{2} + \frac{1}{v_0}$ 。 [ ]

2. (本题 3 分) 一质点的运动函数为  $\vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j}$ , 则在任意时刻  $t$  其速度大小为

- (A)  $\frac{dr(t)}{dt}$ ; (B)  $\frac{d\vec{r}(t)}{dt}$ ; (C)  $\frac{d|\vec{r}(t)|}{dt}$ ; (D)  $\sqrt{\left(\frac{dx(t)}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy(t)}{dt}\right)^2}$  [ ]

3. (本题 3 分) 人造地球卫星, 绕地球作椭圆轨道运动, 地球在椭圆的一个焦点上, 则卫星的

- (A) 动量不守恒, 动能守恒;  
 (B) 动量守恒, 动能不守恒;  
 (C) 对地心的角动量守恒, 动能不守恒;  
 (D) 对地心的角动量不守恒, 动能守恒。 [ ]

4. (本题 3 分) 质量为  $m$  的一艘宇宙飞船关闭发动机返回地球时, 可认为该飞船只在地球的引力场中运动。已知地球质量为  $M$ , 万有引力恒量为  $G$ , 则当它从距地球中心  $R_1$  处下降到  $R_2$  处时, 飞船增加的动能应等于

- (A)  $\frac{GMm}{R_2}$ ; (B)  $\frac{GMm}{R_2^2}$ ; (C)  $GMm\frac{R_1 - R_2}{R_1 R_2}$ ; (D)  $GMm\frac{R_1 - R_2}{R_1^2}$ ;  
 (E)  $GMm\frac{R_1 - R_2}{R_1^2 R_2^2}$ 。 [ ]

5. (本题 3 分) 质量为  $m$  的质点在外力作用下, 其运动方程为

$$\vec{r} = A\cos\omega t\vec{i} + B\sin\omega t\vec{j}$$

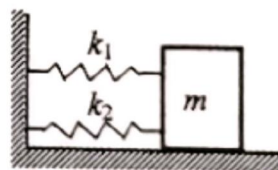
式中  $A$ 、 $B$ 、 $\omega$  都是正的常量, 由此可知外力在  $t=0$  到  $t=\pi/(2\omega)$  这段时间内所作的功为

- (A)  $\frac{1}{2}m\omega^2(A^2 + B^2)$ ; (B)  $m\omega^2(A^2 + B^2)$ ;  
 (C)  $\frac{1}{2}m\omega^2(A^2 - B^2)$ ; (D)  $\frac{1}{2}m\omega^2(B^2 - A^2)$ 。 [ ]

6. (本题 3 分)

如图所示, 质量为  $m$  的物体由劲度系数为  $k_1$  和  $k_2$  的两个轻弹簧连接在水平光滑导轨上作微小振动, 则该系统的振动频率为

- (A)  $\nu = 2\pi\sqrt{\frac{k_1 + k_2}{m}}$ ; (B)  $\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k_1 + k_2}{m}}$ ;  
 (C)  $\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k_1 + k_2}{mk_1 k_2}}$ ; (D)  $\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k_1 k_2}{m(k_1 + k_2)}}$ 。 [ ]



7. (本题 3 分) 沿着相反方向传播的两列相干波, 其表达式为

$$y_1 = A \cos 2\pi(\nu t - x/\lambda) \quad \text{和} \quad y_2 = A \cos 2\pi(\nu t + x/\lambda).$$

叠加后形成的驻波中, 波节的位置坐标为

(A)  $x = \pm k\lambda$ ; (B)  $x = \pm \frac{1}{2}k\lambda$ ; (C)  $x = \pm \frac{1}{2}(2k+1)\lambda$ ;

(D)  $x = \pm(2k+1)\lambda/4$ . 其中的  $k = 0, 1, 2, 3, \dots$

[ ]

8. (本题 3 分) 已知分子总数为  $N$ , 它们的速率分布函数为  $f(v)$ , 则速率分布在  $v_1 \sim v_2$  区间内的分子的平均速率为

(A)  $\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv$ . (B)  $\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv / \int_{v_1}^{v_2} f(v) dv$ .

(C)  $\int_{v_1}^{v_2} N v f(v) dv$ . (D)  $\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv / N$ .

[ ]

9. (本题 3 分) 速率分布函数  $f(v)$  的物理意义为

(A) 具有速率  $v$  的分子占总分子数的百分比;

(B) 速率分布在  $v$  附近的单位速率间隔中的分子数占总分子数的百分比;

(C) 具有速率  $v$  的分子数;

(D) 速率分布在  $v$  附近的单位速率间隔中的分子数.

[ ]

10. (本题 3 分) 一定量的理想气体向真空作绝热自由膨胀, 体积由  $V_1$  增至  $V_2$ , 在此过程中气体的

(A) 内能不变, 熵增加;

(B) 内能不变, 熵减少;

(C) 内能不变, 熵不变;

(D) 内能增加, 熵增加.

[ ]

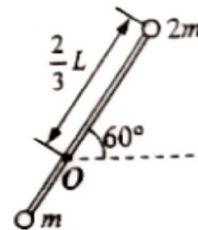
得分

二、填空题 (每空 2 分, 共 20 分)

1. (本题 2 分) 粒子  $B$  的质量是粒子  $A$  的质量的 4 倍, 开始时粒子  $A$  的速度  $\vec{v}_{A0} = 3\vec{i} + 4\vec{j}$ , 粒子  $B$  的速度  $\vec{v}_{B0} = 2\vec{i} - 7\vec{j}$ ; 在无外力作用的情况下两者发生碰撞, 碰后粒子  $A$  的速度变为  $\vec{v}_A = 7\vec{i} - 4\vec{j}$ , 则此时粒子  $B$  的速度  $\vec{v}_B =$  \_\_\_\_\_。

2. (本题 2 分) 地球的自转角速度可以认为是恒定的。地球对于自转轴的转动惯量  $J = 9.8 \times 10^{37} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ , 那么, 地球对自转轴的角动量大小  $L =$  \_\_\_\_\_。

3. (本题 4 分) 一长为  $L$  的轻质细杆, 两端分别固定质量为  $m$  和  $2m$  的小球, 此系统在竖直平面内可绕过  $O$  点且与杆垂直的水平光滑固定轴 ( $O$  轴) 转动。开始时, 杆与水平成  $60^\circ$  角, 处于静止状态。无初转速地释放以后, 杆—球这一刚体系统绕  $O$  轴转动, 系统绕  $O$  轴的转动惯量  $J =$  \_\_\_\_\_; 释放后, 当杆转到水平位置时, 刚体受到对  $O$  轴的合



外力矩大小  $M =$  \_\_\_\_\_。



4. (本题 4 分) 设入射波  $y_1 = A \cos 2\pi \left( \frac{x}{\lambda} + \frac{t}{T} \right)$  在  $x=0$  处发生反射, 反射点为一固定端, 且反射时无能量损失, 则反射波的波函数\_\_\_\_\_, 合成的驻波的表达式\_\_\_\_\_ (提示: 用余弦形式表达即可)。

5. (本题 4 分) 一系统作简谐振动, 周期为  $T$ 。以余弦函数表达振动时, 初相为零。在  $0 \leq t \leq \frac{1}{2}T$  范围内, 系统在  $t=$ \_\_\_\_\_和 \_\_\_\_\_时刻动能和势能相等。

6. (本题 4 分) 狭义相对论中, 一静止质量为  $m_0$  的质点, 其质量  $m$  与速度  $v$  的关系式为\_\_\_\_\_; 其动能的表达式为\_\_\_\_\_。

### 三、计算题 (50 分)

得分

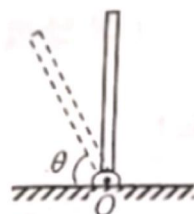
1. (本题 5 分) 水面上有一质量为  $M$  的木船, 开始时静止不动, 从岸上以水平速度  $\vec{v}_0$  将一质量为  $m$  的砂袋抛到船上, 然后二者一起运动。设运动过程中船受的阻力大小与速率成正比, 比例系数为  $k$ , 砂袋与船的作用时间极短, 试求砂袋与木船从开始一起运动直到静止时所走过的距离。

得分

6. (本题 8 分) 观测者甲和乙分别静止于两个惯性系  $S$  和  $S'$  中, 甲测得在同一地点发生的两个事件的时间间隔为  $4s$ , 而乙测得这两个事件的时间间隔为  $5s$ 。求: (1)  $S'$  相对  $S$  的运动速度; (2) 乙测得这两个事件发生的地点的距离。

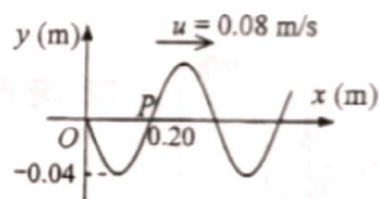
得分

2. (本题 10 分) 质量为  $m$ , 长度为  $l$  的匀质杆, 可绕通过其下端的水平光滑固定轴  $O$  在竖直平面内转动。设杆从竖直位置由静止倒下, 求杆倾倒后与水平面成  $\theta$  角时的角速度  $\omega$  与角加速度  $\alpha$ 。



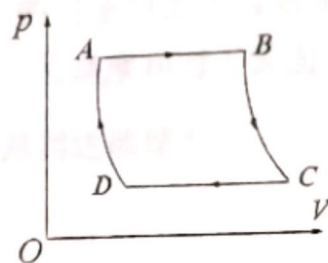
得分

3. (本题 10 分) 图示一平面简谐波在  $t=0$  时刻的波形图, 求: (1) 该波的波动表达式; (2)  $P$  处质点的振动方程及速度。



得分

4. (本题 10 分) 一定量的理想气体经历如图所示的循环过程,  $A \rightarrow B$  和  $C \rightarrow D$  是等压过程,  $B \rightarrow C$  和  $D \rightarrow A$  是绝热过程。已知:  $T_B = 400 \text{ K}$ ,  $T_C = 300 \text{ K}$ , 试求: 此循环的效率。(提示: 循环效率的定义式  $\eta = 1 - Q_2 / Q_1$ ,  $Q_1$  为循环中气体吸收的热量,  $Q_2$  为循环中气体放出的热量)



得分

5. (本题 10 分) 有  $2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  刚性双原子分子理想气体, 其内能为  $6.75 \times 10^2 \text{ J}$ 。  
 (1) 试求气体的压强;  
 (2) 设分子总数为  $5.4 \times 10^{22}$  个, 求分子的平均平动动能及气体的温度。  
 (玻尔兹曼常量  $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ )

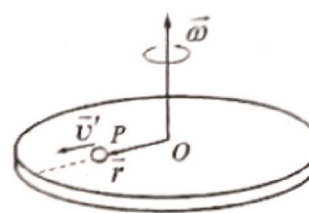
得分

6. (本题 5 分) 观测者甲和乙分别静止于两个惯性参照系  $K$  和  $K'$  中, 甲测得在同一地点发生的两个事件的时间间隔为  $4 \text{ s}$ , 而乙测得这两个事件的时间间隔为  $5 \text{ s}$ , 求: (1)  $K'$  相对于  $K$  的运动速度; (2) 乙测得这两个事件发生的地点的距离。

得分

四、附加题（共 30 分，附加题判分严格，请慎重选题解答）

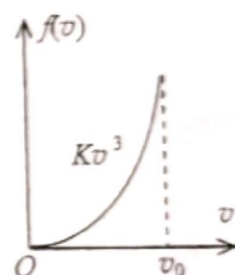
1. （本题 10 分）已知一圆盘以角速度  $\omega$  作匀速旋转，其上一质点  $P$  在沿圆盘半径方向、以速度  $\vec{v}'$  相对圆盘作匀速直线运动，试求该质点相对地面的速度  $\vec{v}$  和加速度  $\vec{a}$ 。



2. （本题 10 分）已知某粒子系统中粒子的速率分布曲线如图所示，即

$$f(v) = \begin{cases} Kv^3 & 0 \leq v \leq v_0 \\ 0 & v_0 < v < \infty \end{cases}$$

求：(1) 比例常数  $K = ?$  (2) 粒子的平均速率  $\bar{v} = ?$  （答案均以  $v_0$  表示）



3. (本题 10 分) 火箭相对于地面以  $v = 0.8c$  ( $c$  为真空中的光速) 的匀速向上飞离地球, 在火箭发射  $\Delta t' = 10\text{s}$  后 (火箭上的钟), 该火箭向地面发射一导弹, 其速度相对于地面为  $v_1 = 0.6c$ , 问在火箭上观测, 在火箭离开地球后经过多长时间导弹到达地球?