

# 第一章 质点的运动

姓名：\_\_\_\_\_ 学号：\_\_\_\_\_ 序号：\_\_\_\_\_  
学院：\_\_\_\_\_ 班级：\_\_\_\_\_ 成绩：\_\_\_\_\_

一、单项选择题（本大题共 6 小题，每题只有一个正确答案，答对一题得 3 分，共 18 分）

1. 某质点的运动方程为  $x = 5t^2 - 2t + 3$  (SI)，则该质点的运动是 ( )

- A. 变加速直线运动
- B. 曲线运动
- C. 匀加速直线运动
- D. 匀速直线运动

2. 一质点做圆周运动时，有 ( )

- A. 切向加速度，法向加速度均改变
- B. 切向加速度可能不变，法向加速度一定改变
- C. 切向加速度可能不变，法向加速度不变
- D. 切向加速度改变，法向加速度不变

3. 质量为  $m$  的物体自空中落下，它除受重力外，还受到一个与速度二次方成正比的阻力的作用，比例系数为  $k$  ( $k$  为常量)，该下落物体的终极速度（即最后物体做匀速运动时的速度）将是 ( )

- A.  $\sqrt{\frac{mg}{k}}$
- B.  $\frac{g}{2k}$
- C.  $gk$
- D.  $\sqrt{gk}$

4. 一段路面水平的公路，转弯处轨道半径为  $R$ ，摩托车轮胎与路面间摩擦因数为  $\mu$ ，要使摩托车不至于发生侧向打滑，摩托车在该处的行驶速率 ( )

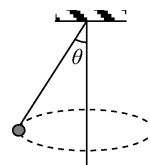
- A. 不得小于  $\sqrt{\mu g R}$
- B. 必须等于  $\sqrt{\mu g R}$
- C. 不得大于  $\sqrt{\mu g R}$
- D. 应由汽车的质量决定

5. 地球绕太阳做椭圆运动（太阳在椭圆的一个焦点上），则地球运动过程（ ）

- A. 地球的动量不守恒，动能守恒      B. 地球的动量守恒，动能不守恒  
C. 地球的角动量守恒，动能不守恒      D. 地球的角动量不守恒，动能守恒

6. 如右图所示，一圆锥摆在水平面内做圆周运动，则（ ）

- A. 摆球的动量、摆球与地球组成系统的机械能都守恒  
B. 摆球的动量、摆球与地球组成系统的机械能都不守恒  
C. 摆球的动量不守恒，摆球与地球组成系统的机械能守恒  
D. 摆球的动量守恒，摆球与地球组成系统的机械能不守恒



**二、判断题**（本大题共 6 小题，每题 1 分，共 6 分，答√表示说法正确，答×表示说法不正确，本题只需指出正确与错误，不需要修改）

7. 运动具有独立性，一个物体所做的曲线运动可以分解为几个直线运动。

（ ）

8. 切向加速度只改变质点的运动方向，法向加速度只改变质点的速度大小。

（ ）

9. 地球表面的重力加速度随着纬度的升高而增大，随着高度的增加而减小。

（ ）

10. 弹性力做正功时弹性势能增大，反之减小。

（ ）

11. 质点间的内力对质点系的动量和动能的改变都没有贡献。

（ ）

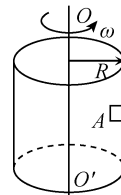
12. 保守内力可以实现质点系动能和势能的相互转化，但不会改变其机械能。

（ ）

**三、填空题**（本大题共 6 小题，每空 2 分，共 26 分）

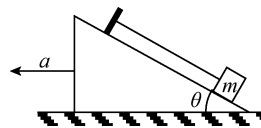
13. 一质点做平面运动，已知其运动方程为  $\vec{r} = at\vec{i} + (bt^2 + c)\vec{j}$ ，其中  $a$ 、 $b$ 、 $c$  为常量，则该质点运动的轨迹方程为\_\_\_\_\_。

14. 如右图所示，半径为  $R$  的竖立圆筒形转笼，绕中心轴  $OO'$  转动，物块  $A$  紧靠在圆筒的内壁上，物块与圆筒间的动摩擦因数为  $\mu$ ，要使物块  $A$  不下落，圆筒的角速度  $\omega$  至少为\_\_\_\_\_。



15. 有两个彼此相距很远的天体  $A$  和  $B$ ， $A$  的质量是  $B$  的质量的  $3/4$ ， $A$  的半径是  $B$  的半径的  $1/2$ ，则天体  $A$  表面的重力加速度是天体  $B$  表面的重力加速度的\_\_\_\_\_。

16. 如右图所示, 加速度  $a$  至少等于 \_\_\_\_\_ 时, 物体  $m$  对斜面的正压力为零, 此时绳子的张力  $T =$  \_\_\_\_\_。



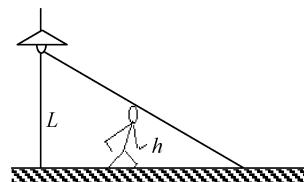
17. 一单摆从水平位置处开始摆动, 不计空气阻力, 在摆动过程中,  $\theta =$  \_\_\_\_\_ 时, 摆线的张力最大, 最大张力为 \_\_\_\_\_;  $\theta =$  \_\_\_\_\_ 时, 摆线的张力最小, 最小张力为 \_\_\_\_\_; 任意时刻, 摆线的张力为 \_\_\_\_\_。

18. 在光滑的水平面上, 质量为  $m_1 = 100\text{g}$  的小球以  $0.3\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  的速率向东运动, 质量为  $m_2 = 60\text{g}$  的小球以  $0.1\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  的速率向西运动, 两球发生正碰后,  $m_2$  静止不动,  $m_1$  以 \_\_\_\_\_ 的速率向 \_\_\_\_\_ 运动, 两球的碰撞属于 \_\_\_\_\_ 碰撞 (弹性、非弹性或完全非弹性)。

#### 四、计算题 (本大题共 5 小题, 每题 8 分, 共 40 分)

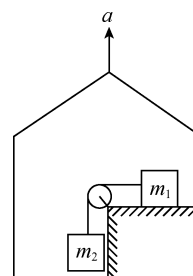
19. 质点沿  $x$  轴方向运动, 加速度  $a = 4t + 3 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1})$ , 当  $t = 3\text{s}$  时,  $v = 2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $x = 3\text{m}$ , 试求  $t$  时刻质点的速度和位矢。

20. 如右图所示, 灯距地面高度为  $L$ , 有一身高为  $h$  的人, 在灯下以匀速率  $v$  沿水平直线行走, 试求他的头顶在地上的影子沿地面运动的速度。

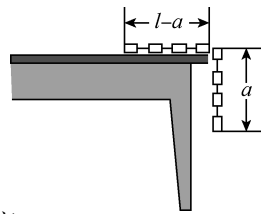


21. 如右图所示, 升降机内有两个质量分别为  $m_1$ 、 $m_2$  的物体, 用细绳连接并跨过滑轮, 绳子不可伸长, 滑轮质量及摩擦力均忽略不计。

当升降机以  $a$  加速上升时, 试求  $m_1$  和  $m_2$  相对于升降机的加速度。

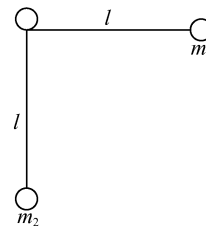


22. 如右图所示，一总长为  $l$  的链条，放在水平桌面上，其中一段下垂，长度为  $a$ ，假设开始时链条静止，求：



- (1) 桌面光滑时，链条离开桌边时的速度；
- (2) 桌面的摩擦因数为  $\mu$  时，链条离开桌边时的速度。

23. 如右图所示，质量分别是  $m_1$  和  $m_2$  的两个小球，用两根长为  $l$  的轻绳悬挂起来，现将  $m_1$  拉到水平位置，然后放手任其下落，并与  $m_2$  发生完全弹性碰撞，求  $m_1$  和  $m_2$  各弹多高。



### 五、证明题（本大题共 1 小题，每题 10 分，共 10 分）

24. 一质量为  $m$  的质点在空气中做竖直下落运动，受与速度成正比的阻力  $kv$ （ $k$  为常量）作用， $t=0$  时质点的速度为  $v_0$ ，证明：

- (1)  $t$  时刻质点的速度为  $v = v_0 e^{-\frac{k}{m}t}$ ；
- (2) 停止运动前下落的距离为  $y = -\frac{m}{k}v_0$ 。

## 第二章 刚体的运动

姓名：\_\_\_\_\_ 学号：\_\_\_\_\_ 序号：\_\_\_\_\_

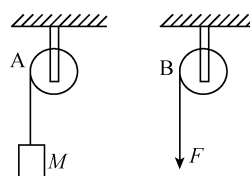
学院：\_\_\_\_\_ 班级：\_\_\_\_\_ 成绩：\_\_\_\_\_

一、单项选择题（本大题共 6 小题，每题只有一个正确答案，答对一题得 3 分，共 18 分）

1. 某刚体的运动方程为  $\theta = t^2 - 3t + 1$  (SI)，则该刚体的运动是 ( )

- A. 变速率定轴转动
- B. 匀速率定轴转动
- C. 不能确定
- D. 匀变速率定轴转动

2. 如右图所示，A、B 为两个相同的绕着轻绳的定滑轮。A 滑轮挂一质量为  $M$  的物体，B 滑轮受拉力  $F$ ，而且  $F = Mg$ ，设 A、B 两滑轮的角加速度分别为  $\alpha_A$  和  $\alpha_B$ ，不计滑轮轴的摩擦，则飞轮的角加速度将 ( )



- A.  $\alpha_A < \alpha_B$
- B.  $\alpha_A = \alpha_B$
- C.  $\alpha_A > \alpha_B$
- D. 无法确定

3. 关于力矩，下列说法正确的是 ( )

- A. 若两个作用力对轴的合力矩为零，则它们的合力一定为零
  - B. 若两个作用力平行于刚体的固定转轴，则它们对轴的合力矩一定为零
  - C. 若两个作用力的合力为零，则它们对轴的合力矩一定为零
  - D. 一对作用力和反作用力对同一转轴的力矩之和不一定为零
4. 关于刚体对定轴的转动惯量，下列说法正确的是 ( )
- A. 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
  - B. 取决于刚体的质量和质量的空间分布，与转轴的位置无关

C. 只取决于刚体的质量，与质量的空间分布和转轴的位置无关

D. 取决于刚体的质量、质量的空间分布和转轴的位置

5. 一个芭蕾舞演员绕通过自身的竖直轴转动，开始时两臂伸开，转动惯量为  $J_0$ ，角速度为  $\omega_0$ ，然后她将两臂收回，使其转动惯量减少为  $J_0/2$ ，这时她转动的角速度变为 ( )

A.  $\omega_0/3$

B.  $\omega_0/2$

C.  $2\omega_0$

D.  $3\omega_0$

6. 对于由两个质点组成的质点系，若它们之间只有引力作用，且两质点所受外力的矢量和为零，则此质点系 ( )

A. 动量守恒，但机械能和角动量与否守恒不能确定

B. 动量、机械能及对一轴的角动量都守恒

C. 动量和角动量守恒，但机械能是否守恒不能确定

D. 动量、机械能守恒，但角动量是否守恒不能确定

二、判断题 (本大题共 6 小题，每题 1 分，共 6 分，答√表示说法正确，答×表示说法不正确，本题只需指出正确与错误，不需要修改)

7. 刚体做定轴转动时，刚体上所有质元的角速度和角加速度都相等。

( )

8. 平行于转轴方向的作用力产生的力矩为零。

( )

9. 内力矩不会改变刚体的角动量。

( )

10. 转动惯量是刚体转动惯性的量度，其越大，改变其转动状态越困难。

( )

11. 外力矩做功只引起刚体转动动能的改变，对刚体势能没有影响。( )

12. 质点和刚体的碰撞过程，内力远远大于外力，系统的动量保持不变。

( )

三、填空题 (本大题共 7 小题，每空 2 分，共 26 分)

13. 半径为  $R=2.0\text{ m}$  的飞轮做匀变速转动，初角速度  $\omega_0=5\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ，角加速度  $\alpha=-3\text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$ ，则  $t=3\text{ s}$  时它的角速度为\_\_\_\_\_，而此时边缘上一点的线速度为\_\_\_\_\_。

14. 一汽车发动机转子的转速在  $10\text{ s}$  内由  $1.0\times 10^3\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$  均匀地增加到  $3.0\times 10^3\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ ，则该发动机的角加速度为\_\_\_\_\_；在此时间内，

转子转过的圈数为\_\_\_\_\_。

15. 有两个彼此用链条相连的轮子 A 和 B, A 的半径是 B 的半径的  $1/2$ , 则 A 的角速度是 B 的角速度的\_\_\_\_\_。

16. 在  $OXY$  平面内的三个质点, 质量分别为  $m_1 = 2\text{kg}$ 、 $m_2 = 3\text{kg}$  和  $m_3 = 5\text{kg}$ , 位置坐标分别为  $(-4, -1)$ 、 $(-1, 3)$  和  $(2, 5)$  (SI), 则这三个质点构成的质点系对  $Z$  轴的转动惯量为\_\_\_\_\_。

17. 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杆的中点  $O$  做定轴转动, 该系统的转动惯量  $J =$  \_\_\_\_\_; 当杆转到水平位置时, 刚体受到的合外力矩  $M =$  \_\_\_\_\_, 角加速度  $\alpha =$  \_\_\_\_\_。

18. 将一质量为  $m$  的小球系于轻绳的一端, 绳的另一端穿过光滑水平桌面上小孔, 用力拉住, 先使小球以角速度  $\omega_0$  在桌面上做半径为  $r_0$  的圆周运动, 然后缓慢将绳下拉, 使半径缩小为  $2r_0/3$ , 此时小球的角速度为 \_\_\_\_\_, 动能为 \_\_\_\_\_, 在此过程中拉力所做的功是 \_\_\_\_\_。

19. 一个质量为  $m$ 、速度为  $v_0$  小球和一个质量为  $M$ 、长度为  $L$  细杆的一端发生弹性碰撞, 碰撞后细杆的角速度是\_\_\_\_\_。

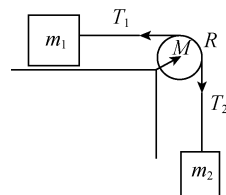
#### 四、计算题 (本大题共 5 小题, 每题 8 分, 共 40 分)

20. 刚体做定轴转动, 角加速度  $\alpha = 3t^2 + 2t + 1(\text{rad} \cdot \text{s}^{-1})$ , 当  $t = 1\text{s}$  时,  $\omega_1 = 0.5\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $\theta_1 = \frac{\pi}{2}$ , 试求:

(1)  $t = 10\text{s}$  时质点的角速度;

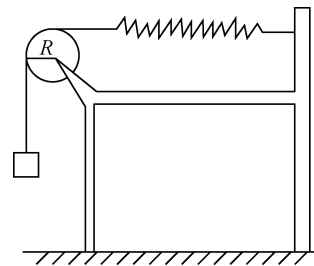
(2) 经过  $t$  时间转过的圈数。

21. 如右图所示, 滑轮的半径为  $R$ 、质量为  $M$ ,  $m_1$  与桌面的动摩擦因数为  $\mu$ , 求绳的张力和  $m_2$  下落  $h$  时的速率 (设绳子与滑轮间无相对滑动)。

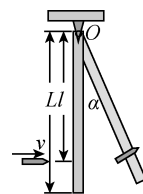


22. 在绕盘心自由旋转的水平圆盘边上，站着一质量为  $m$  的人，圆盘的半径为  $R$ 、质量为  $M$ 、角速度为  $\omega_0$ ，如果该人由盘边走到盘心，试求此时圆盘的角速度  $\omega$ 。

23. 如右图所示，弹簧的劲度系数为  $k$ ，滑轮的质量为  $M$ 、半径为  $R$ ，物体的质量为  $m$ ，试求当物体下落的高度为  $h$  时其速率和滑轮的角速度分别为多少，假设开始时物体静止而弹簧无伸长。



24. 如右图所示，一根长为  $L$ 、质量为  $M$  的均匀细杆可绕通过其一端  $O$  的水平轴自由摆动，当杆静止时被一质量为  $m$  的钉子，在离  $O$  点  $l$  处击中后，钉子埋在杆中随杆的最大偏转角度是  $\alpha$ ，试求：



- (1) 棒开始运动时的角速度；
- (2) 钉子碰撞前的初速度  $v$ 。

### 五、证明题（本大题共 1 小题，每题 10 分，共 10 分）

25. 一转动惯量为  $J$  的圆盘在流体中做定轴转动，受到与角速度二次方成正比的阻力矩  $k\omega^2$ （ $k$  为常量）作用， $t=0$  时刚体的角速度为  $\omega_0$ ，证明：刚体停止转动时转过的圈数为  $N = \frac{J}{2\pi k}(1 - \ln\omega_0)$ 。



## 第三章 机械振动及机械波

姓名: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 序号: \_\_\_\_\_  
学院: \_\_\_\_\_ 班级: \_\_\_\_\_ 成绩: \_\_\_\_\_

一、单项选择题 (本大题共 6 小题, 每题只有一个正确答案, 答对一题得 3 分, 共 18 分)

1. 一弹簧振子系统, 振子的质量为  $m$ , 弹簧的劲度系数为  $k$ , 该振子做振幅为  $A$  的简谐振动, 当振子通过平衡位置且向选定的正方向运动时开始计时, 其简谐运动方程为 ( )

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

2. 把单摆从平衡位置拉开, 使摆线与竖直方向成一微小角度  $\theta_m$ , 然后由静止放手任其自由振动, 从第一次通过平衡位置时开始计时, 若用余弦函数表示其振动方程, 则该单摆的初相位为 ( )

- A.  $\pi$       B.  $\frac{\pi}{2}$       C. 0      D.  $-\frac{\pi}{2}$

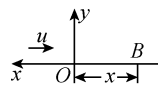
3. 一个简谐振动的振幅为  $A$ , 周期为  $T$ , 则 ( )

- A. 振幅为  $2A$  时, 周期为  $2T$       B. 振幅为  $2A$  时, 周期为  $T$   
C. 振幅为  $A/2$  时, 周期为  $2T$       D. 振幅为  $A/2$  时, 周期为  $T/2$

4. 频率为 200Hz 的机械波, 波速为  $360 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 则同一波线上相位差为  $\pi/2$  的两点相距为 ( )

- A. 0.24m      B. 0.48m      C. 0.45m      D. 0.12m

5. 如右图所示, 有一平面简谐波沿  $x$  轴负方向传播, 坐标原点  $O$  的简谐运动方程为  $y = A\cos(\omega t + \varphi_0)$ , 则  $B$  点的简谐运动方程为 ( )



- A.  $y = A\cos\left[\omega\left(t - \frac{x}{u}\right) + \varphi_0\right]$       B.  $y = A\cos\left[\omega\left(t + \frac{x}{u}\right) + \varphi_0\right]$   
C.  $y = A\cos\left[\omega\left(t - \frac{x}{u}\right)\right]$       D.  $y = A\cos\left[\omega\left(t + \frac{x}{u}\right)\right]$

6. 当一平面简谐波在弹性介质中传播时, 下列说法正确的是 ( )

- A. 介质质元的振动动能和弹性势能都做周期性变化, 但两者的相位不相同  
B. 介质质元的振动动能增大时, 其弹性势能减小, 总机械能守恒  
C. 介质质元在其平衡位置处动能和弹性势能都最大  
D. 介质质元的振动动能和弹性势能的相位在任一时刻都相同, 但两者的数值不相等

**二、判断题** (本大题共 6 小题, 每题 1 分, 共 6 分, 答√表示说法正确, 答×表示说法不正确, 本题只需指出正确与错误, 不需要修改)

7. 简谐振动是一种理想化的振动, 客观上不存在。 ( )  
8. 单摆的振动周期和振幅无关, 只与摆长和当地的重力加速度有关。 ( )  
9. 旋转矢量所做的运动就是简谐振动。 ( )  
10. 机械波的传播过程伴随着弹性质元、振动相位和能量的传播。 ( )  
11. 声波是机械纵波, 可以在固体、液体和气体中传播。 ( )  
12. 同一机械波在不同弹性介质中的传播速度和波长各不相同。 ( )

**三、填空题** (本大题共 6 小题, 每空 2 分, 共 26 分)

13. 一质点做简谐振动, 其运动方程  $x = 0.02\cos(\pi t + \frac{3\pi}{4})$  (SI), 则该振动的振幅为 \_\_\_\_\_, 周期为 \_\_\_\_\_, 初相位为 \_\_\_\_\_。

14. 一弹簧振子在水平方向振动, 其振幅为 0.4m, 角频率为  $\omega = 4\pi \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ , 振子从 -0.2m 处释放, 开始向平衡位置处振动, 该振子的初相位为 \_\_\_\_\_, 简谐振动方程为 \_\_\_\_\_。

15. 一系统做简谐运动, 振幅为  $A$ , 周期为  $T$ , 初相位为  $-\frac{\pi}{2}$ , 若以余弦函数表示, 则在  $0 \leq t \leq T/4$  范围内, 当  $t =$  \_\_\_\_\_ 时, 系统的动能和势能相等。

16. 产生机械波的两个条件: (1) \_\_\_\_\_; (2) \_\_\_\_\_。

17.  $A$ 、 $B$  是简谐波波线上两点。已知  $A$  点相位比  $B$  点相位落后  $\pi$ ,  $A$ 、 $B$  两点相距  $1.5\text{m}$ , 波源的频率为  $50\text{Hz}$ , 则该波的波长为 \_\_\_\_\_, 波速为 \_\_\_\_\_。

18. 若两个相干波源  $S_1$  和  $S_2$  的频率均为  $\nu$ , 初相位分别为  $\varphi_1$  和  $\varphi_2$ , 它们距媒质中  $P$  点的距离分别为  $r_1$  和  $r_2$ , 在  $P$  点引起的分振动振幅分别是  $A_1$  和  $A_2$ , 则  $P$  点的两个分振动的简谐运动方程分别为  $y_1(t) =$  \_\_\_\_\_,  $y_2(t) =$  \_\_\_\_\_, 合振动振幅  $A =$  \_\_\_\_\_。(设波速为  $u$ )

#### 四、计算题 (本大题共 5 小题, 每题 8 分, 共 40 分)

19. 一质量为  $m = 0.4\text{ kg}$  的物体, 在弹性回复力作用下沿  $Ox$  轴运动, 弹簧的劲度系数  $k = 10\text{ N/m}$ , 试求:

(1) 振动的角频率和周期;

(2) 如果振幅  $A = 0.02\text{ m}$ , 在  $t = 0$  时物体位于  $0.01\text{cm}$  处, 并沿  $Ox$  轴负方向运动, 求该振动的简谐运动方程。

20. 一弹簧振子沿  $x$  轴做简谐振动。已知振子的最大位移  $x_{\max} = 0.4\text{ m}$  时最大恢复力为  $F_{\max} = 0.8\text{ N}$ , 若  $t = 0$  时振子的位移为  $0.2\text{ m}$ , 初速度方向与  $x$  轴方向相反。试求:

(1) 弹簧振子的振动能量;

(2) 此振子的简谐振动方程。

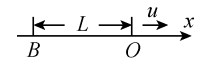
21. 一物体沿  $x$  轴做简谐振动, 振幅为 30 cm, 周期为 5 s。当  $t=0$  时位移为 15 cm, 且向  $x$  轴正方向运动。试求:

- (1) 简谐运动方程;
- (2) 物体沿  $x$  轴负方向运动到  $x=-15$  cm 处所需要的最短时间。

22. 两个同方向、同频率的简谐振动, 方程分别为  $x_1 = 0.04\cos(10t + \pi/4)$  (SI) 和  $x_2 = 0.03\cos(10t + 3\pi/4)$  (SI)。试求:

- (1) 合振动的振幅及初相位;
- (2) 若另一个振动  $x_3 = 0.05\cos(10t + \varphi)$ , 问  $\varphi$  为何值时, 三个振动的合振动振幅最大。

23. 如右图所示, 一平面简谐波沿  $x$  轴的正方向传播, 波速大小为  $u$ , 若  $B$  点处质点的简谐运动方程为  $y_B = A\cos(\omega t + \varphi)$ , 试求:



- (1)  $O$  点处质点的简谐运动方程;
- (2) 以  $O$  点为波源, 该波的波动方程。

#### 五、证明题 (本大题共 1 小题, 每题 10 分, 共 10 分)

24. 试证明: 弹簧振子系统的机械能守恒。

## 第四章 狭义相对论

姓名：\_\_\_\_\_ 学号：\_\_\_\_\_ 序号：\_\_\_\_\_  
学院：\_\_\_\_\_ 班级：\_\_\_\_\_ 成绩：\_\_\_\_\_

一、单项选择题（本大题共 6 小题，每题只有一个正确答案，答对一题得 3 分，共 18 分）

1. 按照相对论时空观，在某惯性系中同时、异地发生的两个事件，在另外的惯性系（ ）

- A. 可能仍然为同时，但不可能同地    B. 可能同时，也可能同地  
C. 不可能同时，可能同地              D. 不可能同时，也不可能同地

2. 两个事件分别由两个观察者  $S$ 、 $S'$  观察， $S$ 、 $S'$  彼此相对做匀速运动，观察者  $S$  测得两事件相隔 3s，两事件发生地点相距 10m，观察者  $S'$  测得两事件相隔 5s， $S'$  测得两事件发生地的距离最接近于（ ） m

- A. 0                                  B. 2                                  C. 10                                  D.  $10^9$

3. 某种介质静止时的寿命为  $10^{-8}$ s，质量为  $10^{-25}$ g。如它在实验室中的速度为  $2 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，则它的一生中能飞行（ ） m

- A.  $10^{-3}$                               B. 2                                  C.  $\sqrt{5}$                               D.  $6/\sqrt{5}$

4. 一刚性直尺固定在  $K'$  系中，它与  $X'$  轴正向夹角  $\alpha' = 45^\circ$ ，在相对  $K'$  系以速度  $u$  沿  $X'$  轴做匀速直线运动的  $K$  系中，测得该尺与  $X$  轴正向夹角为（ ）

- A.  $\alpha > 45^\circ$                       B.  $\alpha < 45^\circ$                       C.  $\alpha = 45^\circ$                       D.  $\alpha = 60^\circ$

D. 若  $u$  沿  $X'$  轴正向，则  $\alpha > 45^\circ$ ；若  $u$  沿  $X'$  轴反向，则  $\alpha < 45^\circ$

5. 电子的动能为 0.25MeV，则它增加的质量约为静止质量的（ ）

- A. 0.1 倍                              B. 0.2 倍                              C. 0.5 倍                              D. 0.9 倍

6.  $E_k$  是粒子的动能,  $p$  是它的动量, 那么粒子的静能  $m_0c^2$  等于 ( )

A.  $(p^2c^2 - E_k^2)/2E_k$  B.  $(p^2c^2 - E_k)/2E_k$

C.  $(p^2c^2 + E_k^2)/2E_k$  D.  $(pc - E_k)^2/2E_k$

二、判断题 (本大题共 6 小题, 每题 1 分, 共 6 分, 答√表示说法正确, 答×表示说法不正确, 本题只需指出正确与错误, 不需要修改)

7. 经典物理中, 时间和空间与物体的运动无关, 都是绝对的。 ( )

8. 通过伽利略变换式可以得出, 两个惯性系中牛顿定律的形式是相同的。 ( )

9. 通过洛伦兹变换式可以得出物体的固有长度最短。 ( )

10. 通过洛伦兹变换式可以得出在  $S$  系中同时发生的两个事件, 在相对  $S$  系做匀速运动的  $S'$  系中也是同时的。 ( )

11. 洛伦兹变换式给出的是两个惯性系之间的时空变换关系。 ( )

12. 按照狭义相对论的观点, 物体的静止质量最大。 ( )

三、填空题 (本大题共 7 小题, 每空 2 分, 共 26 分)

13. 陈述狭义相对论的两条基本原理:

(1) \_\_\_\_\_。

(2) \_\_\_\_\_。

14. 两个惯性系  $S$  和  $S'$ , 相对速率为  $0.6c$ , 在  $S$  系中观测, 一事件发生在  $t = 2 \times 10^{-4} \text{s}$ ,  $x = 5 \times 10^3 \text{m}$  处, 则在  $S'$  系中观测, 该事件发生在  $t' =$  \_\_\_\_\_ s,  $x' =$  \_\_\_\_\_ m 处。

15. 两火箭  $A$ 、 $B$  沿同一直线相向运动, 测得两者相对地球的速度分别是  $v_A = 0.9c$ ,  $v_B = 0.8c$ , 则两者互测的相对运动速度为 \_\_\_\_\_。

16. 一观察者测得运动的米尺长  $0.5 \text{m}$ , 米尺接近观察者的速度为 \_\_\_\_\_。

17. 一棒的静止长度为  $l_0$ , 质量为  $m_0$ , 当棒以速率  $v = 0.95c$  沿棒的方向运动时, 它的线密度为 \_\_\_\_\_, 当它以同样速率沿与棒垂直方向运动时, 它的线密度为 \_\_\_\_\_。

18.  $\alpha$  粒子在加速器中被加速, 当加速到其质量为静止质量的 5 倍时, 则它的速率为 \_\_\_\_\_, 动量为 \_\_\_\_\_, 动能为 \_\_\_\_\_。

19. 设有两个静止质量均为  $m_0$  的粒子，以大小相等的速度  $v_0$  相向运动并发生碰撞，合成为一个粒子，则该复合粒子的静止质量  $M_0 =$  \_\_\_\_\_，运动速度  $v =$  \_\_\_\_\_。

**四、计算题**（本大题共 5 小题，每题 8 分，共 40 分）

20.  $\pi^+$  介子是一种不稳定粒子，其平均寿命为  $2.6 \times 10^{-8} \text{ s}$ （在它自身参考系中测得）。试求：

（1）如果此粒子相对于实验室以  $0.8c$  的速度运动，那么实验室坐标系中测得  $\pi^+$  介子的寿命为多长；

（2） $\pi^+$  介子在衰变前运动了多远距离。

21. 一原子核以  $0.5c$  的速度离开一观察者。原子核在它运动方向上向前发射一电子，该电子相对于核有  $0.8c$  的速度；此原子核又向后发射一光子指向观察者。对静止观察者来讲，

（1）电子具有多大的速度；

（2）光子具有多大的速度。

22. 某人测得一根静止棒长度为  $l$ 、质量为  $m$ ，于是求得棒的线密度为  $\rho = \frac{m}{l}$ 。假定棒以速度  $v$  沿棒长方向运动，此人再测运动棒的线密度应为多少？

若棒在垂直于长度方向上运动，它的线密度又为多少？

23. 静止质量为  $m_0$ 、带电荷量为  $q$  的粒子，其初速度为零，在均匀电场  $E$  中加速，则经过时间  $t$  后它所获得的速度是多少？如果不考虑相对论效应，它的速度又是多少？这两个速度间有什么关系？

24. 在什么速度下粒子的动量是非相对论动量的两倍？在什么速度下的动能等于它的静止能量。

**五、综合题**（本大题共 1 小题，每题 10 分，共 10 分）

25. 在北京正负电子对撞机中，电子可以被加速到动能为  $E_k = 2.8 \times 10^9 \text{ eV}$ 。

- (1) 这种电子的速率和光速相差多少？
- (2) 这种电子的动量有多大？
- (3) 这种电子在周长为 240m 的储存环内绕行时，它受到的向心力有多大？



## 第五章 气体动理论

姓名: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 序号: \_\_\_\_\_  
学院: \_\_\_\_\_ 班级: \_\_\_\_\_ 成绩: \_\_\_\_\_

一、单项选择题 (本大题共 6 小题, 每题只有一个正确答案, 答对一题得 3 分, 共 18 分)

1. 若理想气体的体积为  $V$ , 压强为  $p$ , 温度为  $T$ , 一个分子的质量为  $m$ ,  $k$  为玻尔兹曼常数,  $R$  为摩尔气体常量, 则该理想气体的分子数密度为 ( )

- A.  $\frac{pV}{kT}$                       B.  $\frac{pV}{m}$                       C.  $\frac{p}{kT}$                       D.  $\frac{pV}{mT}$

2. 体积恒定的容器储有理想气体, 若把气体的温度提高为原来的 2 倍, 则 ( )

- A. 分子的平均动能和气体的压强都不变  
B. 分子的平均动能和气体的压强都提高为原来的 2 倍  
C. 分子的平均动能提高为原来的 4 倍, 气体的压强提高为原来的 2 倍  
D. 分子的平均动能提高为原来的 2 倍, 气体的压强提高为原来的 4 倍

3. 某热力学系统经历一个过程, 向外界放出 500J 的热量, 同时内能减少 700J, 则 ( )

- A. 系统对外界做功 200J                      B. 系统对外界做功 1200J  
C. 外界对系统做功 200J                      D. 外界对系统做功 1200J

4. 容器中装有一定量的某种气体, 在忽略重力场影响的条件下, 处于平衡态的是 ( )

- A. 容器内各部分压强相等  
B. 容器内各部分温度相等

C. 容器内各部分压强相等, 且各部分密度也相同

D. 无法判断

5. 在标准状态下, 任何理想气体在  $1\text{m}^3$  中含有的分子数都等于 ( )

A.  $6.02 \times 10^{23}$

B.  $6.02 \times 10^{21}$

C.  $2.69 \times 10^{25}$

D.  $2.69 \times 10^{23}$

6. 大小不同的两容器分别装有氮气和水蒸气, 温度相同, 则下列各量中相同的量是 ( )

A. 气体分子的平均动能

B. 气体的压强

C. 气体分子的平均平动动能

D. 气体的密度

二、判断题 (本大题共 6 小题, 每题 1 分, 共 6 分, 答√表示说法正确, 答×表示说法不正确, 本题只需指出正确与错误, 不需要修改)

7. 一定量的理想气体, 等体加热时, 气体分子平均速率随温度的升高而增大。 ( )

8.  $1\text{mol}$  刚性双原子分子理想气体, 当温度为  $T$  时, 其内能为  $\frac{3}{2}RT$ 。 ( )

9. 一年四季大气压强一般差别不大, 但是相对而言冬天空气的密度比较大。 ( )

10. 系统处于平衡状态时, 系统和外界没有能量交换, 内部也没有化学变化等任何形式的能量转换, 系统的宏观性质不随时间变化。 ( )

11. 物体的温度越高, 则热量越多。 ( )

12. 物体的温度越高, 则内能越大。 ( )

三、填空题 (本大题共 6 小题, 每空 2 分, 共 26 分)

13. 在平衡态下, 已知理想气体分子的麦克斯韦速率分布函数为  $f(v)$ , 分子质量为  $m$ , 分子总数为  $N$ , 最概然速率为  $v_p$ , 试说明下列各式的物理意义:

(1)  $\int_{v_p}^{\infty} Nf(v)dv$  表示 \_\_\_\_\_;

(2)  $\int_0^{\infty} \frac{1}{2}mv^2f(v)dv$  表示 \_\_\_\_\_。

14. 在室温 ( $27^\circ\text{C}$ ) 下,  $1\text{mol}$  氢气和  $1\text{mol}$  氧气的内能之比是 \_\_\_\_\_,  $1\text{g}$  氧气和  $1\text{g}$  氢气的内能之比是 \_\_\_\_\_。

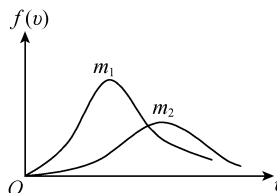
15. 理想气体的内能是\_\_\_\_\_的单值函数,  $\frac{i}{2}kT$  表示\_\_\_\_\_,  
 $\frac{m}{M} \frac{i}{2}RT$  表示\_\_\_\_\_。

16. 氢气在 27℃ 时, 每立方厘米的分子数为  $2.4 \times 10^{12}$ , 则氢气分子的平均平动动能为\_\_\_\_\_, 作用在容器壁上的压强为\_\_\_\_\_。

17. 下面给出的理想气体状态方程的几种微分形式, 指出它们表示的是什么过程。

- (1)  $p dV = (m/M) R dT$  表示\_\_\_\_\_过程;  
 (2)  $V dp = (m/M) R dT$  表示\_\_\_\_\_过程;  
 (3)  $p dV + V dp = 0$  表示\_\_\_\_\_过程。

18. 各自处于平衡态的两种理想气体, 温度相同, 分子质量分别为  $m_1$ 、 $m_2$ , 已知两种气体分子的速率分布曲线如图所示, 则这两种气体质量大的是\_\_\_\_\_。



#### 四、计算题 (本大题共 5 小题, 每题 8 分, 共 40 分)

19. 室温下, 1mol 氧气的平动动能和转动动能各为多少? 将 1g 氢气从 10 °C 加热到 30°C, 氢气的内能增加多少?

20. 一容器储有一定量的氧气, 其压强为 1atm, 温度为 27°C, 已知氧气的摩尔质量  $M = 32 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 氧分子的质量  $m = 5.3 \times 10^{-26} \text{ kg}$ , 氧分子的有效直径  $d = 3.56 \times 10^{-10} \text{ m}$ , 试求:

- (1) 单位体积的分子数;  
 (2) 分子的平均速率;  
 (3) 分子的平均碰撞频率;  
 (4) 分子的平均自由程;  
 (5) 分子的平均平动动能。

21. 一瓶氢气和氧气的温度相同, 若氢分子的平均平动动能为  $6.21 \times 10^{-21} \text{J}$ , 试求:

- (1) 氧分子的平均动能;
- (2) 氧气的温度。

22. 体积为  $2.0 \times 10^{-3} \text{m}^3$  的双原子理想气体分子, 其内能为  $6.75 \times 10^2 \text{J}$ 。

- (1) 求气体的压强;
- (2) 若分子总数为  $5.4 \times 10^{22}$  个, 求分子的平均平动动能和气体的温度。

23. 计算在  $27^\circ\text{C}$  时, 二氧化碳分子的最概然速率、方均根速率和平均速率。

**五、证明题** (本大题共 1 小题, 每题 10 分, 共 10 分)

24. 利用麦克斯韦速率分布公式  $f(v)dv = 4\pi \left( \frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-\frac{mv^2}{2kT}} v^2 dv f(v)$  证明: 该分布的方均根速率为  $\sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$ 。(积分公式  $\int_0^\infty \exp(-\alpha x^2) \cdot x^4 dx = \frac{3}{8} \sqrt{\pi} \alpha^{-\frac{5}{2}}$ )

## 第六章 热力学基础

姓名: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 序号: \_\_\_\_\_  
学院: \_\_\_\_\_ 班级: \_\_\_\_\_ 成绩: \_\_\_\_\_

一、单项选择题 (本大题共 6 小题, 每题只有一个正确答案, 答对一题得 3 分, 共 18 分)

1. 热力学第一定律表明 ( )

- A. 系统对外所做功小于吸收的热量    B. 系统内能的增量小于吸收的热量  
C. 热机的效率小于 1    D. 第一类永动机不可能实现

2. 根据热力学第二定律, 下列说法正确的是 ( )

- A. 热量能从高温物体传到低温物体, 但不能从低温物体传到高温物体  
B. 功可以全部变为热, 但热不能全部变为功  
C. 气体能够自由膨胀, 但不能自由压缩  
D. 有规则运动的能量能够变为无规则运动的能量, 但无规则运动的能量不能变为有规则运动的能量

3. 对于室温下的双原子分子理想气体, 在等压膨胀情况下, 系统对外做功和从外界吸收的热量之比等于 ( )

- A.  $1/3$     B.  $1/4$     C.  $2/5$     D.  $2/7$

4. 系统由初态 I 经历不同过程达到终态 II, 则在各个过程中, ( )

- A. 做功不同, 内能变化不同, 吸收热量不同  
B. 做功不同, 内能变化相同, 吸收热量不同  
C. 做功相同, 内能变化不同, 吸收热量不同  
D. 无法判断

5. 一定量的理想气体，初状态温度为  $T$ ，体积为  $V$ ，其先后经历下面三个准静态过程回到初态：(1) 绝热膨胀到体积为  $2V$ ；(2) 等体变化使温度恢复为  $T$ ；(3) 等温压缩到原来体积  $V$ ，则整个循环过程中 ( )

- A. 气体向外放热                      B. 气体对外做正功  
C. 气体内能增加                      D. 气体内能减少

6. 有两个相同的容器，容积不变，一个盛有氦气，另一个盛有氢气（均可看成刚性分子），它们的压强和温度都相等，现将  $5\text{J}$  的热量传给氢气，如果使氢气也升高同样的温度，则应向氦气传递的热量是 ( )

- A.  $6\text{J}$                       B.  $5\text{J}$                       C.  $3\text{J}$                       D.  $2\text{J}$

二、判断题（本大题共 6 小题，每题 1 分，共 6 分，答  $\checkmark$  表示说法正确，答  $\times$  表示说法不正确，本题只需指出正确与错误，不需要修改）

7. 热力学系统经绝热过程，系统的熵将保持不变。 ( )  
8. 两种理想气体的温度相同，摩尔数也相同，则它们的内能相同。 ( )  
9. 如果只用绝热方法使系统从初态变到终态，对于联结这两态的不同绝热过程，所做的功不同。 ( )  
10. 一个不受外界影响的“孤立系统”，其内部发生的过程，总是由概率小的状态向概率大的状态进行。 ( )

11. 由  $p$ 、 $V$ 、 $T$  描写的理想气体，在等容、等压、等温的过程中能独立改变的状态参量数目是 1 个。 ( )

12. 理想气体在等容过程中，其分子平均自由能与温度无关。 ( )

三、填空题（本大题共 5 小题，每空 2 分，共 26 分）

13. 一气缸内储有  $10\text{mol}$  的单原子理想气体分子，在压缩过程中，外力做功  $209\text{J}$ ，气体温度升高  $1\text{K}$ ，则气体内能的增量为\_\_\_\_\_，吸收的热量为\_\_\_\_\_。

14. 一卡诺制冷机低温热源的温度为  $300\text{K}$ ，高温热源温度为  $450\text{K}$ 。每次循环从低温热源吸热  $400\text{J}$ ，则该制冷机的制冷系数为\_\_\_\_\_，每一次循环中外界必须做功\_\_\_\_\_。

15. 热力学第二定律的开尔文表述\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_, 热力学第二定律的克劳修斯表述为\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_。

16. 一定量的气体从同一初态  $A$  出发, 分别经历等压、等温、绝热三种过程, 体积由  $V_1$  膨胀到  $V_2$ , 则在上述三种过程中, \_\_\_\_\_过程对外做功最多, \_\_\_\_\_过程对外做功最少, \_\_\_\_\_过程内能增加, \_\_\_\_\_过程内能减少。

17. 要使一热力学系统的内能变化, 可以通过\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_两种方式; 理想气体的状态发生变化时, 内能的改变量只决定于\_\_\_\_\_。

#### 四、计算题 (本大题共 4 小题, 每题 10 分, 共 40 分)

18. 已知范德瓦耳斯气体状态方程为  $(p + \frac{a}{V_m^2})(V_m - b) = RT$ , 其内能为  $U_m = cT - \frac{a}{V_m} + d$ , 其中  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  均为常数, 试求:

- (1) 该气体从  $V_1$  等温膨胀到  $V_2$  时所做的功;
- (2) 该气体在定体下升高  $\Delta T$  温度所吸收的热量。

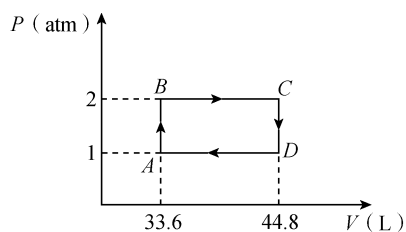
19. 1mol 的氢气, 在压强 1atm、温度 20℃ 时, 其体积为  $V_0$ , 今使其经历以下两种过程达到同一状态。

(1) 先保持体积不变加热, 使其温度升高到 80℃, 然后令其做等温膨胀, 体积变为原来的 2 倍;

(2) 先使其等温膨胀至原来体积的 2 倍, 然后保持体积不变, 加热到 80℃。

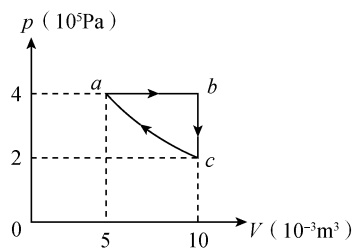
试分别计算上述过程中气体吸收的热量、气体对外所做的功和气体内能的增量, 并作出  $p$ - $V$  图。

20. 1mol 的单原子理想气体自  $A$  点起始, 沿顺时针方向完成一个循环, 如右图所示, 求此循环效率。



21. 如右图所示, 设有氮气 14g, 作  $abca$  的循环过程 ( $ca$  为等温线)。试求:

- (1) 气体在各过程中所做的功;
- (2) 在各过程中传递的热量;
- (3) 循环效率。



五、证明题 (本大题共 1 小题, 每题 10 分, 共 10 分)

22. 证明: 工作在高温热源  $T_1$  与低温热源  $T_2$  之间的可逆卡诺热机的效率为

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}.$$