

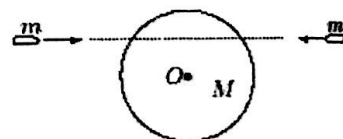
一、单项选择题：（每小题 3 分，共 36 分。注意：请用 2B 铅笔将答题卡上正确的选项正确填涂。例如：填涂 ☐ A ☒ B ☐ C ☐ D，表示选项 B 是正确的。其它位置处不得分）

1. 一质点在平面上运动，已知质点位置矢量的表示式为 $\vec{r} = at^2\vec{i} + bt^2\vec{j}$ (其中 a, b 为常量)，则该质点的运动为 ☒ B

- (A) 匀速直线运动 (B) 匀变速直线运动
(C) 抛物曲线运动 (D) 一般曲线运动

☒ 2. 一圆盘正绕垂直于盘面的水平光滑固定轴 O 转动，如图射来两个质量相同，速度大小相同，方向相反并在一条直线上的子弹，子弹射入圆盘并且留在盘内，则子弹射入后的瞬间，圆盘的角速度 ω

- (A) 增大 (B) 不变
(C) 减小 (D) 不能确定



选择题 2 图

☒ 3. 几个力同时作用在一个具有光滑固定转轴的刚体上，如果这几个力的矢量和为零，则此刚体

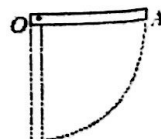
- (A) 必然不会转动 (B) 转速必然不变
(C) 转速必然改变 (D) 转速可能不变，也可能改变

☒ 4. 一个茶壶从高空垂直摔落到光滑的水平地面上，在碎片四处溅射的过程中，请问其质心做什么运动？

- (A) 静止在桌面上 (B) 斜抛运动
(C) 竖直上抛运动 (D) 无法判断

☒ 5. 匀细棒 OA 可绕通过其一端 O 而与棒垂直的水平固定光滑轴转动，如图所示。今使棒从水平位置由静止开始自由下落，在棒摆动到竖直位置的过程中，下述说法哪一种是正确的？

- (A) 角速度从小到大，角加速度从大到小 (B) 角速度从小到大，角加速度从小到大
(C) 角速度从大到小，角加速度从大到小 (D) 角速度从大到小，角加速度从小到大



选择题 5 图

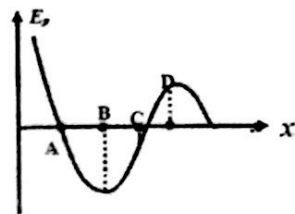
6. 质量分别为 m 和 $4m$ 的两个质点分别以动能 E 和 $4E$ 沿一直线相向运动, 它们的总动量大小为 (注: 本题中的动能和动量不考虑相对论效应)

- (A) $2\sqrt{2mE}$ (B) $3\sqrt{2mE}$
(C) $5\sqrt{2mE}$ (D) $(2\sqrt{2}-1)\sqrt{2mE}$

7. 某质点作一维运动, 其系统势能-位置 (即 $E_p - x$) 关系如图所示,

对质点在不同位置处的受力有如下说法, 正确的是:

- (A) $F_C < F_D$
(B) 质点在 A 点受力为零
(C) 质点在 B 点受力为零
(D) 条件不足, 无法判断



选择题 7 图

8. 质点作半径为 R 的变速圆周运动时的加速度大小为 (式中 v 表示任一时刻质点的速率)

- (A) $\frac{dv}{dt}$ (B) $\frac{v^2}{R}$
(C) $\frac{dv}{dt} + \frac{v^2}{R}$ (D) $\left[\left(\frac{dv}{dt} \right)^2 + \left(\frac{v^4}{R^2} \right) \right]^{1/2}$

9. 在惯性系 S 和对 S 作匀速直线运动的 S' 中讨论一个质点系的运动时, 下列的各种论述

- (1) 质点系在 S 系中若动量守恒, 则在 S' 系中动量也一定守恒;
(2) 质点系在 S 系中若机械能守恒, 则在 S' 系中机械能也一定守恒;
(3) 质点系在 S 系中若动量守恒, 在 S' 系中动量不一定守恒;
(4) 质点系在 S 系中若机械能守恒, 在 S' 系中机械能不一定守恒;

其中, 只有组合 (注: 本题中的动能和动量不考虑相对论效应)

- (A) (1)、(2) 正确, 其他都不正确 (B) (1)、(4) 正确, 其他都不正确
(C) (2)、(3) 正确, 其他都不正确 (D) (3)、(4) 正确, 其他都不正确

10. 根据狭义相对论力学的基本方程 $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$, 以下论断中正确的是

- (A) 质点的加速度和合外力必在同一方向上, 且加速度的大小与合外力的大小成正比
(B) 质点的加速度和合外力可以不在同一方向上, 但加速度的大小与合外力的大小成正比
(C) 质点的加速度和合外力必在同一方向上, 但加速度的大小与合外力可不成正比
(D) 质点的加速度和合外力可以不在同一方向上, 且加速度的大小不与合外力大小成正比

11. (1) 对某观察者来说, 发生在某惯性系中同一地点、同一时刻的两个事件, 对于相对该惯性系作匀速直线运动的其它惯性系中的观察者来说, 它们是否同时发生?

(2) 在某惯性系中发生于同一时刻、不同地点的两个事件, 它们在其它惯性系中是否同时发生? 关于上述两个问题的正确答案是:

- (A) (1) 同时, (2) 不同时 (B) (1) 不同时, (2) 同时
(C) (1) 同时, (2) 同时 (D) (1) 不同时, (2) 不同时

12. 有下列几种说法: (1) 所有惯性系对物理基本规律都是等价的; (2) 在真空中, 光的速度与光的频率、光源的运动状态无关; (3) 在任何惯性系中, 光在真空中沿任何方向的传播速率都相同。若问其中哪些说法是正确的, 答案是

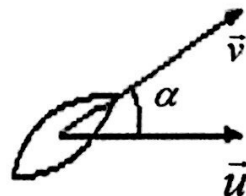
- (A) 只有 (1)、(2) 是正确的 (B) 只有 (1)、(3) 是正确的
(C) 只有 (2)、(3) 是正确的 (D) 三种说法都是正确的

二、填空题：(9 小题，每空 2 分，共 30 分。注意：请用黑墨水笔将正确的答案按答题卡上要求正确填出。其它位置处不得分)

1. (本小题 2 分) 已知质点的运动学方程为 $\vec{r} = 4t^2\vec{i} + (2t+3)\vec{j}$ (SI)，则该质点的轨道方程为 $y = (x-3)^2$ 。

2. (本小题 4 分) 如图所示，小船以相对于水的速度 \vec{v} 航行，其速度方向与水流方向成 α 角，若水流速度为 \vec{u} ，则小船相对于岸的速度的大小为

$\sqrt{u^2 + v^2 + 2uv\cos\alpha}$ ，与水流方向的夹角为 $\arcsin\left(\frac{v\sin\alpha}{\sqrt{u^2 + v^2 + 2uv\cos\alpha}}\right)$ 。



填空题 2 图

3. (本小题 4 分) 设质点的运动学方程为 $\vec{r} = R\cos\omega t\vec{i} + R\sin\omega t\vec{j}$ (式中 R 、 ω 皆为常量)，则质点的速度 $\vec{v} = \underline{-\omega R\sin\omega t\vec{i} + \omega R\cos\omega t\vec{j}}$ ，切向加速度 $\frac{dv}{dt} = \underline{0}$ 。

4. (本小题 4 分) 在 x 轴上作变加速直线运动的质点，已知其初速度为 v_0 ，初始位置为 x_0 ，加速度为 $a = ct^2$ (其中 c 为常量)，则其速度与时间的关系为 $v = \underline{v_0 + ct^3/3}$ ；运动方程为 $x = \underline{x_0 + v_0t + \frac{1}{12}ct^4}$ 。

5. (本小题 4 分) 观察者甲以 $\frac{\sqrt{3}}{2}c$ 的速度相对于静止的观察者乙运动，若甲携带一长度为 l 、截面积为 S ，质量为 m 的棒，这根棒安放在运动方向上，则甲测得此棒的质量密度为 $\frac{m}{lS}$ ；乙测得此棒的质量密度为 $\frac{m}{lS\sqrt{1-\frac{3}{4}}}$ 。

6. (本小题 4 分) 半人马星座 α 星是距离太阳系最近的恒星，它距离地球 $S = 4.3 \times 10^{16}$ m。设有一宇宙飞船自地球飞到半人马星座 α 星，若宇宙飞船相对于地球的速度为 $v = 0.999c$ ，按地球上的时钟计算要用 4.55 年时间。如以飞船上的时钟计算，所需时间又为 0.20 年。(注：本题答案只保留 2 位有效数字)

7. (本小题 2 分) 设电子静止质量为 m_e ，将一个电子从静止加速到速率为 $0.6c$ (c 为真空中光速)，需作功 $0.75m_e c^2$ 。

8. (本小题 2 分) 质量为 $m=0.100\text{kg}$ ，速率为 $v=2.00\text{ m/s}$ 的小球，以入射角 $\alpha = 60^\circ$ 斜向与墙壁相碰，又以原速率沿反射角 α 方向从墙壁弹回。设碰撞时间为 Δt 为 0.02 秒，则墙壁受到的平均冲力大小 $\bar{F} = \underline{10}$ N。(注：本题答案只保留 2 位有效数字)

9. (本小题 4 分) 在光滑地面上物块 A 和 B 具有如图所示的运动方向, 其动量大小分别为: $8 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 和 $5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 。



填空题 9 图

- (a) 如果在碰撞中两物块粘合在一起, 它们的运动方向为 向左。(选填: 向左、向右)
- (b) 如果碰撞后两物块不粘合在一起, 而物块 A 最终向左运动, 则碰后物块 A 的动量大小 小于 物块 B 的动量大小 (选填: 小于、大于、等于)。

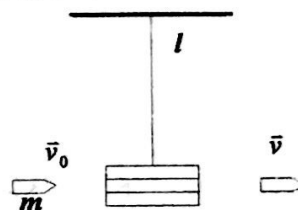
三、计算题: (3 小题, 共 34 分。注意: 请用黑墨水笔将正确的解题过程书写在答题卡上相应题号区域。其它位置处不得分)

1. (本小题 10 分) 质量为 $M=1.5 \text{ kg}$ 的物体, 用一根长为 $l=1 \text{ m}$ 的细绳悬挂在天花板上。今有一质量为 $m=10 \text{ g}$ 的子弹以 $v_0=500 \text{ m/s}$ 的水平速度射穿物体, 刚穿出物体时子弹的速度大小 $v=50 \text{ m/s}$, 设穿透时间极短。求:

(1) 子弹刚穿出时绳中张力的大小; (6 分)

(2) 子弹在穿透过程中所受的冲量。(4 分)

(注: 所求结果只要求保留 3 位有效数字, 重力加速度取 $g=9.80 \text{ m/s}^2$)



计算题 1 图

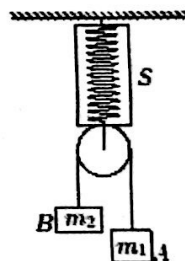
2. (本小题 10 分) 如图, 滑轮、绳子质量及运动中的摩擦阻力都忽略不计, 物体 A 的质量 m_1 大于物体 B 的质量 m_2 。则

(1) 在 A 、 B 运动过程中弹簧秤 S 的读数 x 是多少? (5 分)

(2) 若滑轮的质量不能忽略 (设滑轮质量为 M 且质量均匀分布, 半径为 R), 则在 A 、 B 运动过程中弹簧秤 S 的读数 x 又是多少? (5 分)

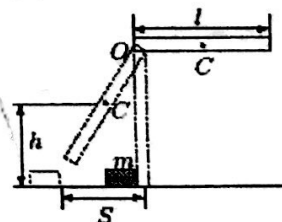
(注意: 本题第 2 问只需列出求解过程中的方程式, 不用计算出最后结果)。

(要求: 答题卡上画出弹簧、滑轮、物体受力及运动分析图)



计算题 2 图

3. (本小题 14 分) 如图所示, 一均匀细棒, 长为 $l=0.50 \text{ 米}$, 质量为 m , 可绕过棒端且垂直于棒的光滑水平固定轴 O 在竖直平面内转动。棒被拉到水平位置从静止开始下落, 当它转到竖直位置时, 与放在地面上静止的质量亦为 m 的小滑块碰撞, 碰撞时间极短。小滑块与地面间的摩擦系数为 $\mu=0.10$, 碰撞后小滑块移动距离 $S=0.45 \text{ 米}$ 后停止。求:



(1) 棒从水平位置下落到竖直位置与小滑块碰撞前瞬间的角速度 ω_1 是多少? (4 分) 计算题 3 图

(2) 碰后棒的转动角速度 ω_2 是多少? (6 分)

(3) 碰后棒能摆动的最大角位移是多少? (4 分)

(要求: 以杆竖直平衡时质心的位置为势能零点, 所求结果只要求保留 2 位有效数字, 重力加速度

$g=9.80 \text{ m/s}^2$)

1. 解: (1) 令子弹穿出时物体的水平速度为 v'

则由动量守恒: $mv_0 = mv + Mv'$ (2 分)

子弹穿出后, M 做旋转运动, 设绳的拉力为 T,

由牛顿第二定律得: $T - Mg = M \frac{v'^2}{l}$ (2 分)

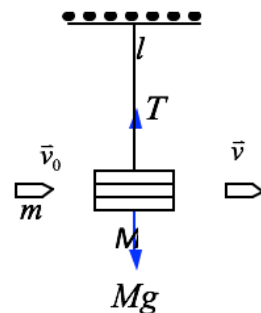
联立求解得: $T = 28.2 \text{ (N)}$ (2 分)

(2) 由动量定理, 子弹所受冲量 I 为:

$$I = mv - mv_0 \text{ (2 分)}$$

即: $I = 10 \times 10^{-3} \times (50 - 500) = -4.50 \text{ (N} \cdot \text{s)}$ (2 分) |

式中负号表示冲量方向与 \vec{v}_0 方向相反.



2. 解: (1)

$$m_1 g - T = m_1 a \quad (1 \text{ 分})$$

$$T - m_2 g = m_2 a \quad (1 \text{ 分})$$

弹簧秤的读数: $x=2T$ (1 分)

$$\text{联立求解得弹簧秤的读数 } x = \frac{4m_1 m_2}{m_1 + m_2} g \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 考虑滑轮质量, 滑轮受两端绳子的拉力不相等, 但是 **A** 和 **B** 的加速度大小仍然相同。

$$m_1 g - T_1 = m_1 a \quad (1 \text{ 分})$$

$$T_2 - m_2 g = m_2 a \quad (1 \text{ 分})$$

$$T_1 R - T_2 R = J\beta \quad (1 \text{ 分})$$

$$a = R\beta \quad (1 \text{ 分}) \quad |$$

$$J = \frac{1}{2} MR^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{弹簧秤读数 } x = T_1 + T_2 \quad (1 \text{ 分})$$

4. 解：（1）棒自由下落，重力做功等于棒的动能增量，由动能定理得：

$$\frac{1}{2}J\omega_1^2 - 0 = mg\frac{l}{2} \quad (1 \text{ 分})$$

$$J = \frac{1}{3}ml^2 \quad (1 \text{ 分})$$

联立上面两式求解可得： $\omega_1 = \sqrt{\frac{3g}{l}} = 7.67 \text{ rad/s} \quad (2 \text{ 分})$

（2）棒与小滑块的碰撞，满足角动量守恒，设碰后滑块速度为 v ，棒的角速度为 ω_2 ，由角动量守恒可得：

$$J\omega_1 = J\omega_2 + mvl \quad (2 \text{ 分})$$

小滑块在地面运动所受合力为滑动摩擦力，由牛顿第二定律得

$$f = \mu mg = ma, \quad a = \mu g \quad (1 \text{ 分})$$

由小滑块做匀加速运动可得： $v^2 - 0 = 2as \quad (1 \text{ 分})$

联立求解得： $\omega_2 = 2.03 \text{ rad/s} \quad (2 \text{ 分})$

（2）棒碰后在摆动的过程中满足机械能守恒，棒的动能转为势能。由机械能守恒得：

$$\frac{1}{2}J\omega_2^2 = \frac{1}{2}mgl(1 - \cos\theta) \quad (2 \text{ 分})$$

$$\theta = \arccos\left(1 - \frac{J\omega_2^2}{mgl}\right) = 21^\circ \text{ 或者 } 0.37\text{rad} \quad (2 \text{ 分})$$

若有学生答案为 $\theta = \arccos\left(1 - \frac{J\omega_2^2}{mgl}\right) = 22^\circ$ 或者 0.38rad 也算对。