



2011—2012 学年第二学期 《大学物理（2-1）》期中试卷

专业班级_____

姓 名_____

学 号_____

开课系室_____物理与光电工程系

考试日期_____2012 年 4 月 15 日 10:00-12:00

题 号	一	二	三				总分
			1	2	3	4	
得 分							
阅卷人							

注意事项：

1. 请在试卷正面答题，反面及附页可作草稿纸；
2. 答题时请注意书写清楚，保持卷面整洁；
3. 本试卷共三道大题，满分 100 分；试卷本请勿撕开，否则作废；
4. 本试卷正文共 9 页。

一、选择题（共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分，请将正确答案填在题号后对应的中括号内！）

本大题满分 30 分	
本 大 题 得 分	

1、（本题 3 分） [D]

直线运动的运动学方程为 $x=3t-5t^3+6$ (SI)，则该质点作

- A 匀加速某质点作直线运动，加速度沿 x 轴正方向
- B 匀加速直线运动，加速度沿 x 轴负方向
- C 变加速直线运动，加速度沿 x 轴正方向
- D 变加速直线运动，加速度沿 x 轴负方向

2、（本题 3 分） [C]

对功的概念有以下几种说法：

- 1) 保守力作正功时，系统内相应的势能增加。
- 2) 质点运动经一闭合路径，保守力对质点作的功为零。
- 3) 作用力与反作用力大小相等，方向相反，所以两者所作功的代数和必为零。

上列说法中：

- A 1)、2) 正确
- B 2)、3) 正确
- C 只有 2) 正确
- D 只有 3) 正确

3、（本题 3 分） [D]

质点作曲线运动， \vec{r} 表示位置矢量， \vec{v} 表示速度， \vec{a} 表示加速度， s 表示路程， a 表示切向加速度大小，下列表达式中，

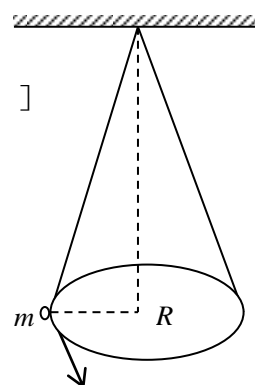
- (1) $d\vec{v}/dt = \vec{a}$
- (2) $d\vec{r}/dt = \vec{v}$
- (3) $dS/dt = v$
- (4) $|d\vec{v}/dt| = a_t$

- A 只有(1)、(4)是对的
- B 只有(2)、(4)是对的
- C 只有(2)是对的
- D 只有(3)是对的

4、（本题 3 分） [C]

如图所示，圆锥摆的摆球质量为 m ，速率为 v ，圆半径为 R ，当摆球在轨道上运动半周时，摆球所受重力冲量的大小为

- A $2mv$
- B $\sqrt{(2mv)^2 + (mg\pi R/v)^2}$ 磅
- C $\pi Rmg/v$ 牛顿
- D 0



5、（本题 3 分） [C]

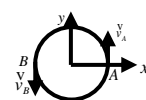
人造地球卫星绕地球作椭圆轨道运动，卫星轨道近地点和远地点分别为 A 和 B 用 L 和 E_K 分别表示卫星对地心的角动量及其动能的瞬时值，则应有：

- A $L_A > L_B, E_{KA} > E_{KB}$
- B $L_A = L_B, E_{KA} < E_{KB}$
- C $L_A = L_B, E_{KA} > E_{KB}$
- D $L_A < L_B, E_{KA} < E_{KB}$

6、(本题 3 分)

[B]

质量为 m 的小球在向心力的作用下，在水平面内作半径 R 、速率为 v 的匀速圆周运动，小球自 A 点逆时针运动到 B 点的半周内，动量的增量为：

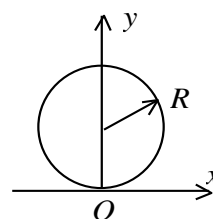


- A $2mv\hat{j}$ B $-2mv\hat{j}$ C $2mv\hat{i}$ D $-2mv\hat{i}$

7、(本题 3 分)

[B]

一质点在如图所示的坐标平面内作圆周运动，有一力 $\vec{F} = F_0(x\hat{i} + y\hat{j})$ 作用在质点上。在该质点从坐标原点运动到 $(0, 2R)$ 位置过程中，力 \vec{F} 对它所作的功为：



- A F_0R^2 B $2F_0R^2$ C $3F_0R^2$ D $4F_0R^2$

8、(本题 3 分)

[D]

关于刚体对轴的转动惯量，下列说法中正确的是：

- A 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 取决于转轴的位置，与刚体的质量和质量的空间分布无关。
D 取决于刚体的质量、质量的空间分布和轴的位置。

9、(本题 3 分)

[C]

光滑的水平桌面上有长为 $2l$ 、质量为 m 的匀质细杆，可绕通过其中点 O 且垂直于桌面的竖直固定轴自由转动，起初杆静止。有一质量为 m 的小球在桌面上正对着杆的一端，在垂直于杆长的方向上，以速率 v 运动，当小球与杆顶端发生碰撞后，就与杆粘在一起随杆转动，则这一系统碰撞后的转动角速度是

- A $\frac{lv}{12}$ B $\frac{2v}{3l}$ C $\frac{3v}{4l}$ D $\frac{3v}{l}$

10、(本题 3 分)

[B]

在狭义相对论中，下列说法中哪些是正确的？

- (1) 一切运动物体相对于观察者的速度都不能大于真空中的光速。
(2) 质量、长度、时间的测量结果都是随物体与观察者的相对运动状态而改变的。
(3) 在一惯性系中发生于同一时刻，不同地点的两个事件在其他一切惯性系中也是同时发生的。
(4) 惯性系中的观察者观察一个与他作匀速相对运动的时钟时，会看到这时钟比与他相对静止的相同的时钟走得慢些。

- A (1), (3), (4) B (1), (2), (4)
C (1), (2), (3) D (2), (3), (4)

二、简答题（共 6 小题，每小题 5 分，共 30 分）

1、（本题 5 分）

质量为 0.25kg 的质点，受力 $\vec{F} = t\vec{i}$ 的作用， t 为时间。 $t = 0$ 时该质点以 $\vec{v} = 2\vec{j}$ 的速度通过坐标原点，求该质点任意时刻的位置矢量？

本大题满分 30 分

本
大
题
得
分

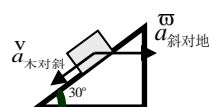
1、解：由 $\vec{F} = m\vec{a}$ 得： $\vec{a} = \frac{t\vec{i}}{0.25} = 4t\vec{i}$ 1 分

由： $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ 得： $\int_{2\vec{j}}^{\vec{v}} d\vec{v} = \int_0^t 4t\vec{i} dt$ 得： $\vec{v} = 2t^2\vec{i} + 2\vec{j}$ 2 分

由： $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ 得： $\int_0^{\vec{r}} d\vec{r} = \int_0^t \vec{v} dt$ 得： $\vec{r} = \frac{2}{3}t^3\vec{i} + 2t\vec{j}$ 2 分

2、（本题 5 分）

倾角为 30° 的劈形物体放置在水平地面上，当斜面上的木块沿斜面下滑时，劈形物体以加速度为 4 m/s^2 向右运动。已知木块相对斜面的加速度为 6 m/s^2 。求：木块相对地面的加速度。



解：建如图坐标系

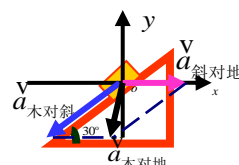
由于： $\vec{a}_{\text{木对地}} = \vec{a}_{\text{木对斜}} + \vec{a}_{\text{斜对地}}$

$\vec{a}_{\text{木对斜}} = -6\cos 30^\circ\vec{i} - 6\sin 30^\circ\vec{j}$ 1 分

$\vec{a}_{\text{斜对地}} = 4\vec{i}$ 1 分

得： $\vec{a}_{\text{木对地}} = \vec{a}_{\text{木对斜}} + \vec{a}_{\text{斜对地}}$ 1 分

$= (4 - 3\sqrt{3})\vec{i} - 3\vec{j} \quad (\text{m/s}^2)$ 2 分



3、(本题 5 分)

设两粒子之间的相互作用力为排斥力，其变化规律为 $f = k/r^2$ ， k 为常数。若取无穷远处为零势能参考位置，试求两粒子相距为 r 时的势能。

3、解：由势能的定义知 r 处的势能 E_p 为：

$$E_p = \int_r^\infty \vec{f} \cdot d\vec{r} = \int_r^\infty f dr = \int_r^\infty \frac{k}{r^2} dr$$

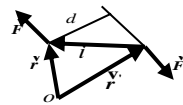
$$= \frac{k}{r} \quad 5 \text{ 分}$$

4、(本题 5 分)

试分析：若作用于该力学系统上外力的合力为零，则外力的合力矩是否为零？并根据动量、角动量、机械能三个量守恒的条件，判断上述情况下该力学系统的上述三个物理量是否守恒并说明原因？

如图所示一对力偶：即大小相等、方向相反、不在同一条直线上的一对力，其合力 $\sum \vec{F}_i = 0$ 。其合力矩为：

$$\begin{aligned} \vec{M} &= \vec{M}_1 + \vec{M}_2 = \vec{r} \times \vec{F} + \vec{r}' \times \vec{F}' \\ &= \vec{r} \times \vec{F} - \vec{r}' \times \vec{F} = (\vec{r} - \vec{r}') \times \vec{F} \\ &= \vec{l} \times \vec{F} \end{aligned} \quad 2 \text{ 分}$$

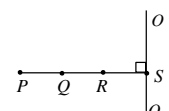


因为：动量守恒的条件：合外力等于零；角动量守恒的条件是：合外力矩等于零；机械能守恒的条件是： $dA_{\text{外}} + dA_{\text{非保守内}} = 0$ 。 2 分

所以一定守恒的量是：动量。 1 分

5、(本题 5 分)

如图所示， P 、 Q 、 R 和 S 是附于刚性轻质细杆上的质量分别为 $4m$ 、 $3m$ 、 $2m$ 和 m 的四个质点， $PQ = QR = RS = l$ ，求系统对 OO' 轴的转动惯量？



解：由： $J = \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2$ 得：

$$J = 4m(3l)^2 + 3m(2l)^2 + 2ml^2 = 50ml^2 \quad 5 \text{ 分}$$

6、（本题 5 分）

某粒子的静止质量为 m_0 ，当其动能等于其静止能量时，其质量和动量各等于多少？

解：动能为 $E_k = mc^2 - m_0c^2$ 由已知条件

$$E_k = m_0c^2, \text{ 故 } 1/\sqrt{1-(v/c)^2} = 2$$

$$\text{解出 } v = \frac{\sqrt{3}}{2}c \quad 3 \text{ 分}$$

所以，有：

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-(v/c)^2}} = 2m_0 \quad p = mv = \sqrt{3}m_0c \quad 2 \text{ 分}$$

解法 2： $E_k = mc^2 - m_0c^2$, $E_k = m_0c^2$,

得到 $m=2m_0$; 然后由 $E^2=E_0^2+p^2c^2$ 得到 p 的值。

三. 计算题（共 4 小题，每小题 10 分，共计 40 分）

本小题满分 10 分

本
小
题
得
分

1、（本题 10 分）

以初速度 v_0 由地面竖直向上抛出一个质量为 m 的小球，若上抛小球受到与其瞬时速率成正比的空气阻力，比例系数为 k ，若在小球上升过程中忽略小球的重力。

试求：（1）小球在上升过程中速度的大小随时间的变化关系？

（2）小球能升达的最大高度是多大？

1、解：设任意时刻小球的速度为 v ，由题意知，子弹所受的阻力

$$f = -kv$$

(1) 由牛顿第二定律 $f = ma = m \frac{dv}{dt}$

即 $-kv = m \frac{dv}{dt}$

所以 $\frac{dv}{v} = -\frac{k}{m} dt$

对等式两边积分 $\int_{v_0}^v \frac{dv}{v} = -\frac{k}{m} \int_0^t dt$

得 $\ln \frac{v}{v_0} = -\frac{k}{m} t$

因此 $v = v_0 e^{-\frac{k}{m} t}$ 5 分

(2) 由牛顿第二定律 $f = ma = m \frac{dv}{dt} = m \frac{dv}{dy} \frac{dy}{dt} = mv \frac{dv}{dy}$

即 $-kv = mv \frac{dv}{dy}$

所以 $-\frac{k}{m} dy = dv$

对上式两边积分 $-\frac{k}{m} \int_0^H dy = \int_{v_0}^0 dv$

得到 $-\frac{k}{m} H = -v_0$

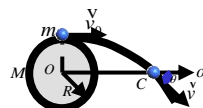
即 $H = \frac{mv_0}{k}$ 5 分

2、(本题 10 分)

质量为 m 的小球 A，以速度 v_0 沿质量为 M 半径为 R 的地球表面切向水平向右飞出，地轴 OO' 与 v_0 平行，小球 A 的运动轨道与轴 OO' 相交于点 C， $OC=3R$ ，若不考虑地球的自转和空气阻力，求小球 A 在点 C 的速度。

本小题满分 10 分

本
小
题
得
分



解：取小球与地球为系统，只有保守内力做功，机械能守恒。

$$\text{小球出发点: } E_1 = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{G_0Mm}{R} \quad 1 \text{ 分}$$

$$\text{C 点: } E_2 = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{G_0Mm}{3R} \quad 1 \text{ 分}$$

$$\text{Q } E_1 = E_2 \quad \therefore v = \sqrt{v_0^2 - \frac{4G_0M}{3R}} \quad 3 \text{ 分}$$

只受有心力作用，角动量守恒。

$$Rmv_0 = 3Rmv\sin\theta \quad 3 \text{ 分}$$

$$\sin\theta = \frac{1}{3}v_0\sqrt{\frac{3R}{3Rv_0^2 - 4G_0M}}$$

$$\theta = \arcsin\left[\frac{v_0}{3}\sqrt{\frac{3R}{3Rv_0^2 - 4G_0M}}\right] \quad 2 \text{ 分}$$

3、(本题 10 分)

一轻绳绕过一定滑轮，滑轮轴光滑，滑轮的半径为 R ，质量为 $M/2$ ，均匀分布在其边缘上。绳子的 A 端有一质量为 M 的人抓住了绳端，而在绳的另一端 B 系了一质量为 $\frac{1}{2}M$ 的重物，如图：设人从静止开始相对于绳匀速向上爬时，绳与滑轮间无相对滑动，求 B 端重物上升的加速度？(已知滑轮对通过滑轮中心且垂直于轮面的轴的转动惯量 $J=MR^2/4$)

本小题满分 10 分

本
小
题
得
分

解：受力分析如图所示。

设重物的对地加速度为 a ，向上。则绳的 A 端对地有加速度 a 向下，人相对于绳虽为匀速向上，但相对于地其加速度仍为 a 向下。 2 分

根据牛顿第二定律可得：

对人： $Mg - T_2 = Ma$ ① 2 分

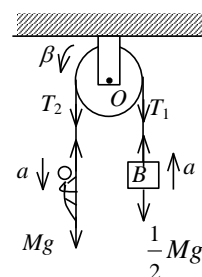
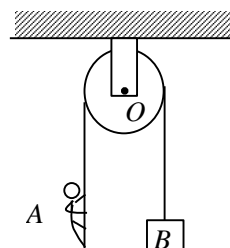
对重物： $T_1 - \frac{1}{2}Mg = \frac{1}{2}Ma$ ② 2 分

根据转动定律，对滑轮有 $(T_2 - T_1)R = J\beta = MR^2\beta/4$ ③ 2 分

因绳与滑轮无相对滑动， $a = \beta R$ ④ 1 分

①、②、③、④ 四式联立解得 $a = 2g/7$ 1 分

②、③、④



4、(本题 10 分)

在地面上有一跑道长 100m，运动员从起点跑到终点，用时 10s，现从以 0.8c 速度向前飞行的飞船中观测：(1) 跑道有多长？(2) 运动员跑过的距离和所用的时间？

、解：以地面参考系为系 S ，飞船参考系为系 S' 。

(1) 跑道固定在系 S ，原长 $L_0=100m$ 。由于 S 系相对 S' 系高速运动，因而在 S' 系观测，跑道的长度为

$$L = L_0 \sqrt{1 - u^2 / c^2} = 100 \times 0.6m = 60m \quad 4 \text{ 分}$$

(2) 运动员起跑和到达终点是既不同地也不同时的事件。这里不能应用时间膨胀效应和长度收缩效应的公式进行计算，只能用洛伦兹变换式来计算。由

$$\Delta x' = \frac{\Delta x - u \Delta t}{\sqrt{1 - u^2 / c^2}} \quad 2 \text{ 分}$$

$$\Delta t' = \frac{\Delta t - \frac{u}{c^2} \Delta x}{\sqrt{1 - u^2 / c^2}} \quad 2 \text{ 分}$$

将 $\Delta x=100m$ ， $\Delta t=10s$ 和 $u=0.8c$ 代入以上两式，计算得

$$\Delta x' = \frac{100 - 0.8 \times 3 \times 10^8 \times 10}{0.6} m = -4.0 \times 10^9 m \quad 1 \text{ 分}$$

计算结果中的负号表示在 S' 系中观测，运动员是沿 x' 负方向后退。

$$\Delta t' = \frac{10 - \frac{0.8}{(3 \times 10^8)^2} \times 100}{0.6} s = 16.6s \quad 1 \text{ 分}$$

本小题满分 10 分

本
小
题
得
分

$\frac{v}{a}$
斜对地