

## 《大学物理（乙）I》

### 2021-2022 学年第二学期期中考试 A 卷

气体摩尔常量  $R = 8.31 (\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$

电子静止质量  $m_e = 9.11 \times 10^{-31} (\text{kg})$

阿伏伽德罗常量  $N_A = 6.02 \times 10^{23} (\text{mol}^{-1})$

真空中光速  $c = 3 \times 10^8 (\text{m/s})$

真空介电常数  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} (\text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2})$

电子伏特  $1 (\text{eV}) = 1.6 \times 10^{-19} (\text{J})$

玻尔兹曼常量  $k = 1.38 \times 10^{-23} (\text{J} \cdot \text{K}^{-1})$

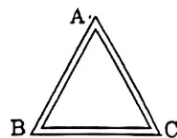
#### 一、填空题（每题 4 分，共 60 分）

1、一质点沿直线运动，其运动学方程为  $x = 6t - t^2 (\text{SI})$ ，则在 0 到 4s 的时间间隔内，质点的位移大小为\_\_\_\_\_m，在 0 到 4s 的时间间隔内质点走过的路程为\_\_\_\_\_m。

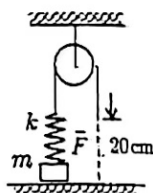
2、已知质点的运动学方程为  $\vec{r} = \left(5 + 2t - \frac{1}{2}t^2\right)\vec{i} + \left(4t + \frac{1}{3}t^3\right)\vec{j} (\text{SI})$ 。当  $t = 2\text{s}$  时，质点的加速度大小为  $a =$ \_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$ ；加速度  $a$  与  $x$  轴正方向之间的夹角为\_\_\_\_\_。

3、一船浮于静水中，船长  $L$ ，质量为  $m$ ，一个质量也为  $m$  的人从船尾走到船头。若不计水和空气的阻力，则在此过程中船后退的距离为\_\_\_\_\_。

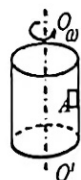
4、质量为  $m$  的质点，以不变的速率  $v$  沿图中正三角形 ABC 的固定水平光滑轨道运动。则质点越过 A 角时，轨道作用于质点的冲量的大小为\_\_\_\_\_。



5、在如图所示的系统中（滑轮质量不计，轴光滑），外力  $F$  通过不可伸长的绳子和一劲度系数  $k = 200 \text{N/m}$  的轻弹簧缓慢地拉地面上的物体。物体的质量为  $m = 2 \text{kg}$ ，初始时弹簧为自然长度，若重力加速度取  $10 \text{m/s}^2$ ，则在把绳子拉下 20cm 的过程中，外力  $F$  所做的功为\_\_\_\_\_J。

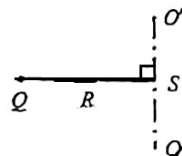


6、如图所示，竖立的圆筒形转笼，半径为  $R$ ，绕中心轴  $OO'$  转动，物块 A 紧靠在圆筒的内壁上，物块与圆筒间的摩擦系数为  $\mu$ ，要使物块 A 不下落，圆筒转动的角速度  $\omega$  至少应为\_\_\_\_\_。



7、地球的质量为 $m_e$ ，太阳的质量为 $m_s$ ，地心与日心的距离为 $R$ ，引力常量为 $G$ 。

则地球绕太阳作圆周运动的轨道角动量大小为 $L =$ \_\_\_\_\_



8、如图所示， $Q$ 、 $R$ 和 $S$ 是附于刚性轻质杆上的质量分别为 $3m$ 、 $2m$ 和 $m$ 的3

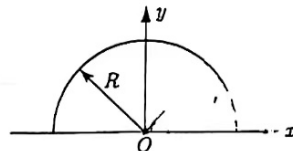
个质点， $QR = RS = l$ ，则系统对 $OO'$ 轴的转动惯量为\_\_\_\_\_。

9、半径 $R = 0.20\text{m}$ 的飞轮由静止开始作 $\alpha = 10\text{rad/s}^2$ 的匀加速度转动，则 $t = 2\text{s}$ 时飞轮边缘一点的切向加速度为 $a_t =$ \_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$ ；法向加速度为 $a_n =$ \_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$ 。

10、某粒子在保守力的势场中运动，其势能为 $U = 20x^2 + 35z^3$ 。则作用在该粒子上的保守力为 $\vec{F} =$ \_\_\_\_\_。

11、如图所示，一质量均匀分布的细杆弯成半圆形，其半径为 $R$ ，则

其质心的位置为 $x_c =$ \_\_\_\_\_， $y_c =$ \_\_\_\_\_。



12、一转动惯量为 $900\text{kg}\cdot\text{m}^2$ 的飞轮以120转/分的角速度转动，若它被一个制动装置减速到90转/分，则飞轮在减速过程中损失的机械能为\_\_\_\_\_ J。

13、一位花样滑冰单人滑运动员伸开双臂时，转动惯量为 $1.33\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ，以 $1.9\text{rad/s}$ 的角速度转动，当她收起双臂后，转动惯量变为 $0.48\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ，如果忽略冰面的摩擦力矩，此时她转动的角速度为\_\_\_\_\_  $\text{rad/s}$ 。

14、以速度 $v$ 相对于地球作匀速直线运动的恒星发射光子，若该光子相对于恒星的速度为 $c$ ，则其相对于地球的速度大小为\_\_\_\_\_。

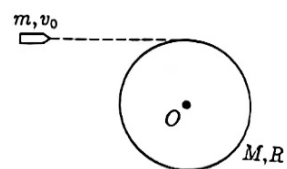
15、当粒子以 $0.8c$ （ $c$ 为真空中的光速）的速度运动时，其动能与静止能量之比为\_\_\_\_\_；动能与总能量之比为\_\_\_\_\_。

二、计算题（每题 10 分，共 40 分）

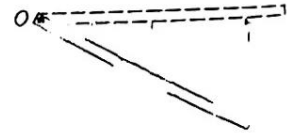
1、飞机降落时，以  $v_0$  的水平速度着落后自由滑行，滑行期间飞机受到的空气阻力为  $F_1 = -k_1 v^2$ ，升力为  $F_2 = k_2 v^2$ ，其中  $v$  为飞机的滑行速度，两个常系数之比  $k_1/k_2$  称为飞机的升阻力。设飞机与跑道间的滑动摩擦系数为  $\mu$ ，若飞机刚着地时对地面无压力，试求飞机从着地到静止所滑行的距离。

2、设一圆盘，质量为  $M$ ，半径为  $R$ ，可绕通过中心并垂直于盘面的固定水平轴转动。开始时，圆盘处于静止状态，现有一质量为  $m$  的子弹，以速度  $v_0$  水平地射向圆盘边缘，如图所示，求：

- (1) 当子弹嵌入圆盘边缘时，圆盘的角速度为多少？
- (2) 当子弹与圆盘边缘相擦而过，子弹速度变为  $v_1$ ，圆盘的角速度为多少？
- (3) 两种情况下机械能是否守恒？



3、如图所示，一长为 $l$ 、质量为 $m$ 的细棒，可以绕其一端的 $O$ 轴在竖直平面内自由转动。开始时细棒静止在水平位置，然后释放，当它下摆至与水平线成 $\theta$ 角时。求：（1）角加速度；（2）角速度；（3）轴对棒的约束力。



4、（1）在 $S$ 系中观测到同一地点发生两个事件，第二事件发生在第一事件之后 2 秒钟，在 $S'$ 系中观测到第三事件发生在第一事件后 3 秒钟，求在 $S'$ 系中两事件的空间距离；

（2）一电子在实验室中以 $0.6c$ 的速率运动，观察者 A 沿电子运动方向以 $0.8c$ 相对于实验室运动，设电子的静止质量为 $m_e$ ，求 A 观察到的电子的动能和能量。

## 2021-2022 学年第二学期期中考试 A 卷参考答案

### 一、填空题（每题 4 分，共 60 分）

#### 1、【正解】8；10

【解析】 $t=0$  时， $x=0$ ， $t=4\text{s}$  时， $x=6\times 4-4^2=8\text{m}$ ； $x=6t-t^2=-(t-3)^2+9$ ，

$$t=3\text{s} \text{ 时，} x_{\max}=9\text{m}，\therefore S_4=9+(9-8)=10\text{m}.$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点一 1.1 描述质点运动的物理量

#### 2、【正解】 $\sqrt{17}$ ； $104^\circ$

【解析】 $\vec{a} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = -\vec{i} + 2t\vec{j}$  (SI)， $t=2\text{s}$  时， $\vec{a} = -\vec{i} + 4\vec{j}$  (SI)， $a = \sqrt{1^2 + 4^2} = \sqrt{17} \text{ m/s}^2$ ，

$$\theta = \arctan \frac{4}{-1} = 104^\circ$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点一 1.1 描述质点运动的物理量

#### 3、【正解】 $\frac{L}{2}$

【解析】设船后退的距离为  $x$ ，人和船构成的系统水平方向动量守恒，可得  $m \frac{L-x}{t} - m \frac{x}{t} = 0$ ，

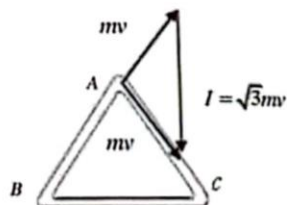
$$\therefore x = \frac{L}{2}.$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点三 3.3 动量守恒定律

#### 4、【正解】 $\sqrt{3}mv$

【解析】如所示， $I = \sqrt{3}mv$ 。

【考点延伸】《考试宝典》知识点三 3.3 动量与冲量



#### 5、【正解】3

【解析】物体开始离地时弹簧伸长  $x_0 = \frac{mg}{k} = 0.1\text{m}$ ，此后物体向上运动，外力做功为

$$W = \frac{1}{2} kx_0^2 + mgh = \frac{1}{2} \times 200 \times 0.1^2 + 2 \times 10 \times (0.2 - 0.1) = 3\text{J}$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点三 3.1 功与动能定理

6、【正解】  $\sqrt{\frac{g}{\mu R}}$

【解析】  $N = m\omega^2 R$ ，要使物块不下滑， $\mu N \geq mg$ ， $\omega \geq \sqrt{\frac{g}{\mu R}}$ 。

【考点延伸】《考试宝典》知识点二 2.1 牛顿第二定律

7、【正解】  $m_c \sqrt{Gm_s R}$

【解析】  $\frac{Gm_s m_c}{R^2} = m_c \frac{v^2}{R}$ ， $L = m_c v R = m_c \sqrt{Gm_s R}$ 。

【考点延伸】《考试宝典》知识点四 4.2 角动量

8、【正解】  $14ml^2$

【解析】  $J = (3m)(2l)^2 + 2ml^2 = 14ml^2$ 。

【考点延伸】《考试宝典》知识点四 4.2 转动惯量

9、【正解】 2; 80

【解析】  $a_t = \alpha R = 2 \text{ m/s}^2$ ， $a_n = \omega^2 R = (\alpha t)^2 R = 80 \text{ m/s}^2$ 。

【考点延伸】《考试宝典》知识点一 1.2 圆周运动的角量

10、【正解】  $-40x\vec{i} - 105z^2\vec{k}$

【解析】  $F = -\nabla U = -40x - 105z^2$ ， $\therefore \vec{F} = -40x\vec{i} - 105z^2\vec{k}$ 。

【考点延伸】《考试宝典》知识点三 3.2 保守力与势能

11、【正解】 0;  $\frac{2R}{\pi}$

【解析】  $x_c = \frac{\int x dm}{m} = \frac{1}{m} \int_0^\pi R \cos \theta \frac{mR d\theta}{\pi R} = 0$ ， $y_c = \frac{\int y dm}{m} = \frac{1}{m} \int_0^\pi R \sin \theta \frac{mR d\theta}{\pi R} = \frac{2R}{\pi}$

【考点延伸】《考试宝典》知识点三 3.3 质心

12、【正解】  $3.11 \times 10^4$

【解析】  $\frac{1}{2}J\omega_1^2 - \frac{1}{2}J\omega_2^2 = \frac{1}{2}\left(900 \times \left(\frac{120 \times 2\pi}{60}\right)^2 - 900 \times \left(\frac{90 \times 2\pi}{60}\right)^2\right) = 3.11 \times 10^4 \text{ J}$

【考点延伸】《考试宝典》知识点四 4.2 刚体动力学

13、【正解】 5.26

【解析】由角动量守恒,  $J_0\omega_0 = J\omega$ ,  $\therefore \omega = \frac{J_0\omega_0}{J} = \frac{1.33}{0.48} \times 1.9 = 5.26 \text{ rad/s}$

【考点延伸】《考试宝典》知识点四 4.2 角动量

14、【正解】 c

【解析】由光速不变原理可知,光子相对于地球的速度大小为  $c$ .

【考点延伸】《考试宝典》知识点六 6.1 狭义相对论基本理论

15、【正解】  $\frac{2}{3}; \frac{2}{5}$

【解析】  $E = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.8c}{c}\right)^2}} = \frac{5}{3}m_0c^2$ ,  $E_k = E - E_0 = \frac{2}{3}m_0c^2$ ,  $\therefore \frac{E_k}{E_0} = \frac{2}{3}$ ,  $\frac{E_k}{E} = \frac{2}{5}$ .

【考点延伸】《考试宝典》知识点六 6.4 狭义相对论动力学基础

## 二、计算题(每题10分,共40分)

1、【解析】取飞机滑行方向为  $x$  的正方向,着陆点为坐标原点,如图所示,根据牛顿第二定律有

$$-\mu F_N - k_1 v^2 = m \frac{dv}{dt}$$

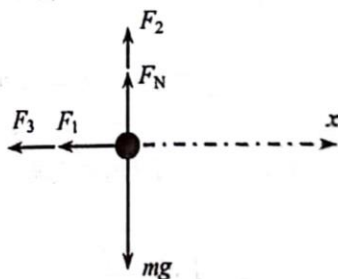
$$F_N + k_2 v^2 - mg = 0$$

$$k_2 v_0^2 = mg$$

整理得:

$$(\mu k_2 - k_1)v^2 - \mu mg = m \frac{dv}{dt} = mv \frac{dv}{dx}$$

分离变量并积分,有



$$\int_0^x dx = \int_{v_0}^0 \frac{mv dv}{(\mu k_2 - k_1)v^2 - \mu mg}$$

得飞机滑行距离:

$$\therefore x = \frac{m}{2(k_1 - \mu k_2)} \ln \frac{(k_1 - \mu k_2)v_0^2 + \mu mg}{\mu mg} = \frac{k_2 v_0^2}{2g(k_1 - \mu k_2)} \ln \frac{k_1}{\mu k_2}$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点二 2.1 牛顿第二定律

2、【解析】(1) 由于对固定轴的合外力矩为零, 角动量守恒, 故

$$mv_0 R = \left( \frac{1}{2} MR^2 + mR^2 \right) \omega$$

$$\therefore \omega = \frac{2mv_0}{(M + 2m)R}$$

(2) 角动量仍然守恒, 故

$$mv_0 R = mv_1 R + \left( \frac{1}{2} MR^2 \right) \omega$$

$$\therefore \omega = \frac{2m(v_0 - v_1)}{MR}$$

(3) 两种情况下, 机械能均不守恒.

【考点延伸】《考试宝典》知识点四 4.2 角动量

3、【解析】(1)  $mg \frac{l}{2} \cos \theta = \left( \frac{1}{3} ml^2 \right) \beta$ ,  $\therefore \beta = \frac{3g \cos \theta}{2l}$ , 方向垂直纸面向内

$$(2) mg \frac{l}{2} \sin \theta = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{3} ml^2 \right) \omega^2, \therefore \omega = \sqrt{\frac{3g \sin \theta}{l}}$$

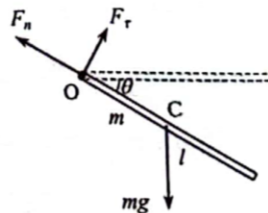
(3) 自然坐标系中应用质心运动定律

$$mg \cos \theta - F_t = ma_{ct}$$

$$F_n - mg \sin \theta = ma_{cn}$$

$$a_{ct} = \beta \frac{l}{2}, a_{cn} = \omega^2 \frac{l}{2}$$

$$\therefore F_t = \frac{mg \cos \theta}{4}, F_n = \frac{5}{2} mg \sin \theta$$



【考点延伸】《考试宝典》知识点四 4.2 刚体动力学



4、【解析】(1) 已知  $\Delta x = 0$ ,  $\Delta t = 2\text{s}$ ,  $\Delta t' = 3\text{s}$ , 由洛伦兹变换

$$\Delta t' = \frac{\Delta t - \frac{v}{c^2} \Delta x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\therefore v = \sqrt{1 - \left(\frac{\Delta t}{\Delta t'}\right)^2} = \frac{\sqrt{5}}{3}c$$

故在  $S'$  系中两事件的空间距离

$$|\Delta x'| = \left| \frac{\Delta x - v\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right| = \sqrt{5}c = 6.71 \times 10^8 \text{m}$$

(2) 取实验室为  $S$  系, 观察者为  $S'$  系, 则有  $v = 0.8c$ ,  $u_x = 0.6c$

$$u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \frac{v}{c^2}u_x} = \frac{0.6c - 0.8c}{1 - 0.8 \times 0.6} = -\frac{5}{13}c = -0.3846c$$

$$E = mc^2 = \frac{m_e}{\sqrt{1 - \frac{u'^2}{c^2}}}c^2 = \frac{13}{12}m_e c^2$$

$$E_k = mc^2 - m_e c^2 = \frac{1}{12}m_e c^2$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点六 6.4 狭义相对论动力学基础