

# 信息学院大学物理（上）期中试卷

## 答案及评分标准

### 一、选择题（共 30 分，每题 3 分）

1. 几个不同倾角的光滑斜面，有共同的底边  $a$ ，顶点在同一竖直面上，如图所示。若使一物体（视为质点）从斜面上端由静止滑到下端的时间最短，则斜面的倾角应选

- (A)  $60^\circ$ .      (B)  $45^\circ$ .  
 (C)  $30^\circ$ .      (D)  $15^\circ$ .

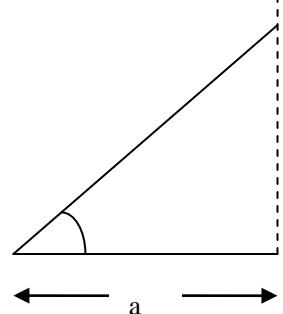
[ B ]

2. 下列说法中，哪一个是正确的？

(A) 一质点在某时刻的瞬时速度是  $2 \text{ m/s}$ ，说明它在此后  $1 \text{ s}$  内一定要经过  $2 \text{ m}$  的路程。

- (B) 斜向上抛的物体，在最高点处的速度最小，加速度最大。  
 (C) 物体作曲线运动时，有可能在某时刻的法向加速度为零。  
 (D) 物体加速度越大，则速度越大。

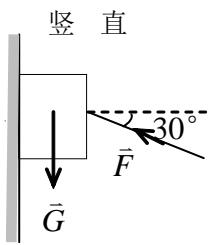
[ C ]



3. 如图所示，用一斜向上的力  $\bar{F}$ （与水平成  $30^\circ$  角），将一重为  $G$  的木块压靠在竖直面上，如果不论用怎样大的力  $F$ ，都不能使木块向上滑动，则说明木块与墙面间的静摩擦系数  $\mu$  的大小为

- (A)  $\mu \geq \frac{1}{2}$ .      (B)  $\mu \geq \frac{1}{\sqrt{3}}$ .  
 (C)  $\mu \geq \sqrt{3}$ .      (D)  $\mu \geq 2\sqrt{3}$ .

[ B ]



4. 体重、身高相同的甲乙两人，分别用双手握住跨过无摩擦轻滑轮的绳子各一端。他们从同一高度由初速为零向上爬，经过一定时间，甲相对绳子的速率是乙相对绳子速率的两倍，则到达顶点的情况是

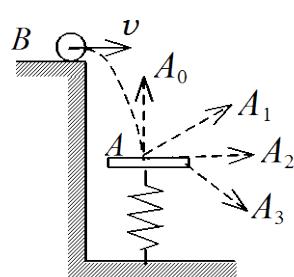
- (A) 甲先到达.      (B) 乙先到达.  
 (C) 同时到达.      (D) 谁先到达不能确定。

[ C ]

5. 质量为  $m$  的平板  $A$ ，用竖立的弹簧支持而处在水平位置，如图。从平台上投掷一个质量也是  $m$  的球  $B$ ，球的初速为  $v$ ，沿水平方向。球由于重力作用下落，与平板发生完全弹性碰撞。假定平板是光滑的。则与平板碰撞后的瞬间，球的运动方向应为

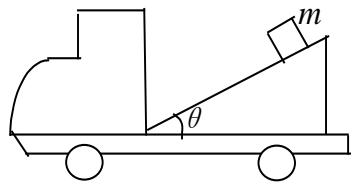
- (A)  $A_0$  方向.      (B)  $A_1$  方向.  
 (C)  $A_2$  方向.      (D)  $A_3$  方向。

[ C ]



6. 如图所示. 一斜面固定在卡车上, 一物块置于该斜面上. 在卡车沿水平方向加速起动的过程中, 物块在斜面上无相对滑动. 此时斜面上摩擦力对物块的冲量的方向

- (A) 是水平向前的. (B) 只可能沿斜面向上.  
(C) 只可能沿斜面向下. (D) 沿斜面向上或向下均有可能.



[ D ]

7. 有一劲度系数为  $k$  的轻弹簧, 原长为  $l_0$ , 将它吊在天花板上. 当它下端挂一托盘平衡时, 其长度变为  $l_1$ . 然后在托盘中放一重物, 弹簧长度变为  $l_2$ , 则由  $l_1$  伸长至  $l_2$  的过程中, 弹性力所作的功为

- (A)  $-\int_{l_1}^{l_2} kx \, dx$ . (B)  $\int_{l_1}^{l_2} kx \, dx$ .  
(C)  $-\int_{l_1-l_0}^{l_2-l_0} kx \, dx$ . (D)  $\int_{l_1-l_0}^{l_2-l_0} kx \, dx$ .

[ C ]

8. 关于机械能守恒条件和动量守恒条件有以下几种说法, 其中正确的是

- (A) 不受外力作用的系统, 其动量和机械能必然同时守恒.  
(B) 所受合外力为零, 内力都是保守力的系统, 其机械能必然守恒.  
(C) 不受外力, 而内力都是保守力的系统, 其动量和机械能必然同时守恒.  
(D) 外力对一个系统做的功为零, 则该系统的机械能和动量必然同时守恒.

[ C ]

9. 如图所示, 一个小物体, 位于光滑的水平桌面上, 与一绳的一端相连结, 绳的另一端穿过桌面中心的小孔  $O$ . 该物体原以角速度  $\omega$  在半径为  $R$  的圆周上绕  $O$  旋转, 今将绳从小孔缓慢往下拉. 则物体

- (A) 动能不变, 动量改变.  
(B) 动量不变, 动能改变.  
(C) 角动量不变, 动量不变.  
(D) 角动量改变, 动量改变.  
(E) 角动量不变, 动能、动量都改变.



[ E ]

10. 一火箭的固有长度为  $L$ , 相对于地面作匀速直线运动的速度为  $v_1$ , 火箭上有一人从火箭的后端向火箭前端上的一个靶子发射一颗相对于火箭的速度为  $v_2$  的子弹. 在地面上测得子弹从射出到击中靶的时间间隔是: ( $c$  表示真空中光速)

- (A)  $\frac{L}{v_1 + v_2}$ . (B)  $\frac{L}{v_2}$ .  
(C)  $\frac{L}{v_2} \cdot \frac{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}{\sqrt{1 - (v_1/c)^2}}$ . (D)  $\frac{L}{v_1 \sqrt{1 - (v_1/c)^2}}$ .

[ C ]

二、 填空题 (共 30 分, 每题 3 分)

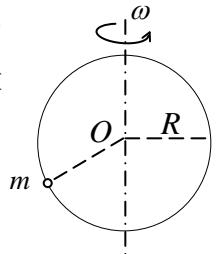
1. 一质点沿半径为  $0.10\text{ m}$  的圆周运动, 其角位移  $\theta$  可用下式表示  $\theta = 2 + 4t^3$  (国际标准单位 SI).

(1) 当  $t = 2\text{ s}$  时, 切向加速度  $a_t = \underline{\quad} 4.8\text{ m/s}^2 \underline{\quad}$ ;

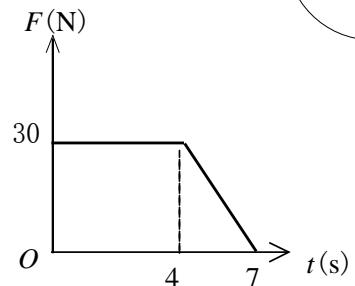
(2) 开始运动后( $t > 0$ ), 如果  $a_t$  的大小恰为总加速度  $\bar{a}$  大小的一半时, 则  $\theta = \underline{\quad} 3.15\text{ rad} \underline{\quad}$ .

2. 距河岸(看成直线)  $500\text{ m}$  处有一艘静止的船, 船上的探照灯以转速为  $n = 1\text{ r/min}$  (周/分) 转动. 当光束与岸边成  $60^\circ$  角时, 光束沿岸边移动的速度  $v = \underline{\quad} 69.8\text{ m/s} \underline{\quad}$ .

3. 一小珠可以在半径为  $R$  的竖直圆环上作无摩擦滑动. 今使圆环以角速度  $\omega$  绕圆环竖直直径转动. 要使小珠离开环的底部而停在环上某一点, 则角速度  $\omega$  最小应大于  $\underline{\quad} \sqrt{g/R} \underline{\quad}$ .

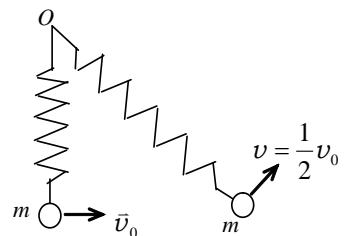


4. 质量  $m = 10\text{ kg}$  的木箱放在地面上, 在水平拉力  $F$  的作用下由静止开始沿直线运动, 其拉力随时间的变化关系如图所示. 若已知木箱与地面间的摩擦系数  $\mu = 0.2$ , 那么在  $t = 4\text{ s}$  时, 木箱的速度大小为  $\underline{\quad} 4\text{ m/s} \underline{\quad}$ ; 在  $t = 7\text{ s}$  时, 木箱的速度大小为  $\underline{\quad} 2.5\text{ m/s} \underline{\quad}$ . ( $g$  取  $10\text{ m/s}^2$ )



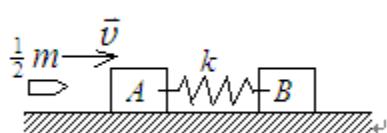
5. 二质点的质量各为  $m_1$ ,  $m_2$ . 当它们之间的距离由  $a$  缩短到  $b$  时, 它们之间万有引力所做的功为  $-Gm_1m_2(\frac{1}{a} - \frac{1}{b})$   $\underline{\quad}$ .

6. 光滑水平面上有一轻弹簧, 劲度系数为  $k$ , 弹簧一端固定在  $O$  点, 另一端拴一个质量为  $m$  的物体, 弹簧初始时处于自由伸长状态, 若此时给物体  $m$  一个垂直于弹簧的初速度  $\bar{v}_0$  如图所示, 则当物体速率为  $\frac{1}{2}v_0$  时弹簧对物体的拉力  $f = \underline{\quad} \frac{v_0}{2}\sqrt{3km} \underline{\quad}$ .



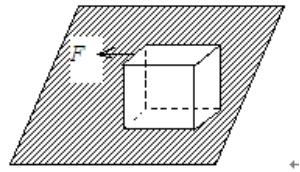
7. 一人坐在转椅上, 双手各持一哑铃, 哑铃与转轴的距离各为  $0.6\text{ m}$ . 先让人体以  $5\text{ rad/s}$  的角速度随转椅旋转. 此后, 人将哑铃拉回使与转轴距离为  $0.2\text{ m}$ . 人体和转椅对轴的转动惯量为  $5\text{ kg} \cdot \text{m}^2$ , 并视为不变. 每一哑铃的质量为  $5\text{ kg}$  可视为质点. 哑铃被拉回后, 人体的角速度  $\omega = \underline{\quad} 7.96\text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \underline{\quad}$ .

8. 如图, 两个用轻弹簧连着的滑块  $A$  和  $B$ , 滑块  $A$  的质量为  $\frac{1}{2}m$ ,  $B$  的质量为  $m$ , 弹簧的劲度系数为  $k$ ,  $A$ 、 $B$  静止在光滑的水平面上 (弹簧为原长). 若滑块  $A$  被水平



方向射来的质量为  $\frac{1}{2}m$ 、速度为  $v$  的子弹射中并嵌在  $A$  中，假设该过程瞬间发生，则在射中后，滑块  $A$  及嵌在其中的子弹共同运动的速度  $v_A = \frac{1}{2}v$  \_\_\_\_\_，此时刻滑块  $B$  的速度  $v_B = 0$  \_\_\_\_\_，在以后的运动过程中，滑块  $B$  的最大速度  $v_{\max} = \frac{1}{2}v$  \_\_\_\_\_.

9. 质量为  $20 \text{ kg}$ 、边长为  $1.0 \text{ m}$  的均匀立方物体，放在水平地面上。有一拉力  $F$  作用在该物体一顶边的中点，且与包含该顶边的物体侧面垂直，如图所示。地面极粗糙，物体不可能滑动。若要使该立方体翻转

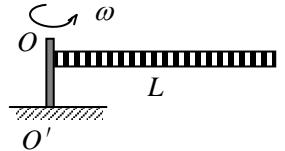


$90^\circ$ ，则拉力  $F$  不能小于  $98 \text{ N}$  \_\_\_\_\_.

10. 观察者甲以  $\frac{4}{5}c$  的速度 ( $c$  为真空中光速) 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 (1) 甲测得此棒的密度为  $\frac{m}{lS}$  \_\_\_\_\_；(2) 乙测得此棒的密度为  $\frac{25m}{9lS}$  \_\_\_\_\_.

### 三、计算题 (40 分)

1. (本题 10 分) 一条质量分布均匀的绳子，质量为  $M$ 、长度为  $L$ ，一端拴在竖直转轴  $OO'$  上，并以恒定角速度  $\omega$  在水平面上旋转。设转动过程中绳子始终伸直不打弯，且忽略重力，求距转轴为  $r$  处绳中的张力  $T(r)$ 。



解：取距转轴为  $r$  处，长为  $dr$  的小段绳子，其质量为  $(M/L)dr$ 。  
(取元，画元的受力图) 2 分

由于绳子作圆周运动，所以小段绳子有径向加速度，由牛顿定律得：

$$T(r) - T(r+dr) = (M/L)dr r\omega^2$$

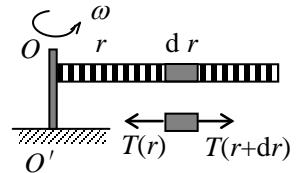
令  $T(r) - T(r+dr) = -dT(r)$

$$dT = -(M\omega^2/L)r dr \quad 4 \text{ 分}$$

由于绳子的末端是自由端  $T(L) = 0$  1 分

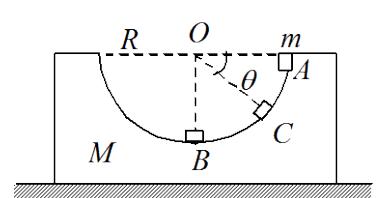
$$\int_{T(r)}^0 dT = - \int_r^L (M\omega^2/L)r dr$$

$$\therefore T(r) = M\omega^2(L^2 - r^2)/(2L) \quad 3 \text{ 分}$$



2. (本题 12 分) 一半圆形的光滑槽，质量为  $M$ 、半径为  $R$ ，放在光滑的桌面上。一小物体，质量为  $m$ ，可在槽内滑动。起始位置如图所示：半圆槽静止，小物体静止于与圆心同高的  $A$  处。求：

(1) 小物体滑到任意位置  $C$  处时，小物体对半圆槽及半圆槽对地的速度各为多少？



(2) 当小物体滑到半圆槽最低点  $B$  时, 半圆槽移动了多少距离?

解: (1) 以小物体及半圆槽为系统, 水平方向动量守恒. 设小物体对半圆槽速度为  $v$ , 槽对地向右的速度为  $V$ , 有

$$m(v \sin \theta - V) - MV = 0 \quad 2 \text{ 分}$$

以小物体、半圆槽、地球为系统, 机械能守恒

$$\frac{1}{2}m(v \sin \theta - V)^2 + \frac{1}{2}m(v \cos \theta)^2 + \frac{1}{2}MV^2 = mgR \sin \theta \quad 2 \text{ 分}$$

联立求解得  $V = \frac{m \sin \theta}{M+m} \sqrt{\frac{(M+m)2gR \sin \theta}{(M+m) - m \sin^2 \theta}}$  1 分

$$v = \sqrt{\frac{(M+m)2gR \sin \theta}{(M+m) - m \sin^2 \theta}} \quad 1 \text{ 分}$$

(2) 设小物对地在水平方向的速度分量为  $v_x$  取  $x$  轴水平向右, 则

$$mv_x - MV = 0 \quad \text{即 } V = mv_x / M$$

两边积分  $\int_0^t V dt = (m/M) \int_0^t v_x dt$  1 分

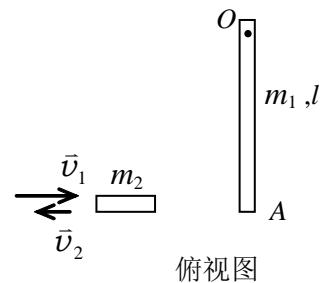
槽向右移动距离  $S_1 = \int_0^t V dt$

小物体对地向左移动距离  $S_2 = \int_0^t v_x dt$  1 分

当小物体滑到  $B$  点时相对地移动的距离  $S_2 = R - S_1$  3 分

由此  $S_1 = \frac{m}{M}(R - S_1), \quad S_1 = \frac{m}{m+M}R$  1 分

3. (本题 10 分) 有一质量为  $m_1$ 、长为  $l$  的均匀细棒, 静止平放在滑动摩擦系数为  $\mu$  的水平桌面上, 它可绕通过其端点  $O$  且与桌面垂直的固定光滑轴转动. 另有一水平运动的质量为  $m_2$  的小滑块, 从侧面垂直于棒与棒的另一端  $A$  相碰撞, 设碰撞时间极短. 已知小滑块在碰撞前后的速度分别为  $\vec{v}_1$  和  $\vec{v}_2$ , 如图所示. 求碰撞后从细棒开始转动到停止转动的过程所需的时间.(已知棒绕  $O$  点的转动惯量  $J = \frac{1}{3}m_1l^2$ )



解: 对棒和滑块系统, 在碰撞过程中, 由于碰撞时间极短, 所以棒所受的摩擦力矩  $\ll$  滑块的冲力矩. 故可认为合外力矩为零, 因而系统的角动量守恒, 即 1 分

$$m_2v_1l = -m_2v_2l + \frac{1}{3}m_1l^2\omega \quad ① \quad 3 \text{ 分}$$

碰撞后棒在转动过程中所受的摩擦力矩为

$$M_f = \int_0^t -\mu g \frac{m_1}{l} x \cdot dx = -\frac{1}{2} \mu m_1 g l \quad ② \quad 2 \text{ 分}$$

由角动量定理  $\int_0^t M_f dt = 0 - \frac{1}{3}m_1l^2\omega$  ③ 2 分

由①、②和③解得  $t = 2m_2 \frac{v_1 + v_2}{\mu m_1 g}$  2 分

4. (本题 8 分) 要使电子的速度从  $v_1 = 1.2 \times 10^8 \text{ m/s}$  增加到  $v_2 = 2.4 \times 10^8 \text{ m/s}$  必须对它作多少功? (电子静止质量  $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ )

解: 根据功能原理, 要作的功  $W = \Delta E$

根据相对论能量公式

$$\Delta E = m_2 c^2 - m_1 c^2$$

2 分

根据相对论质量公式

$$m_2 = m_0 / [1 - (v_2 / c)^2]^{1/2}$$

$$m_1 = m_0 / [1 - (v_1 / c)^2]^{1/2}$$

1

分

$$\therefore W = m_0 c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}} - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}} \right) = 4.72 \times 10^{-14} \text{ J} = 2.95 \times 10^5 \text{ eV}$$

2 分