

# 北 京 交 通 大 学

## 2014-2015 学年第 2 学期《大学物理 (A) I》期中考试试卷

几种典型的匀质刚体的转动惯量:

- 1) 细杆 (质量  $m$ , 长度  $l$ ) 对过一端点与杆垂直的轴的转动惯量为  $ml^2/3$ ;
- 2) 圆盘 (质量  $m$ , 半径  $R$ ) 对过中心与盘面垂直的轴的转动惯量为  $mR^2/2$ .

### 一、单项选择题 (7 题, 每题 3 分, 共 21 分)

1. 一质点做匀速率圆周运动, 则[ ] .

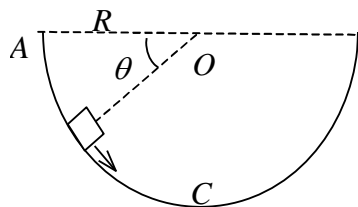
- A. 它的动量不变, 对圆心的角动量也不变.
- B. 它的动量不变, 对圆心的角动量不断改变.
- C. 它的动量不断改变, 对圆心的角动量不变.
- D. 它的动量不断改变, 对圆心的角动量也不断改变.

2. 质量为  $m=0.5\text{kg}$  的质点, 在  $Oxy$  坐标平面内运动, 其运动方程为  $x=5t$ ,  $y=t^2/2$  (SI), 则从  $t=2\text{s}$  到  $t=4\text{s}$  这段时间内, 外力对质点做功为[ ] .

- A. 1.5 J      B. 3 J      C. 4.5 J      D. -1.5 J

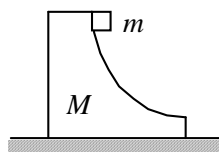
3. 如图所示, 光滑半圆轨道竖直放置, 且固定在地面上. 一物体沿轨道由静止下滑, 在从  $A$  至  $C$  的下滑过程中, 下面哪个说法是正确的? [ ] .

- A. 它受到的轨道支持力的大小不断增加.
- B. 它的速率均匀增加.
- C. 它的加速度方向永远指向圆心  $O$ .
- D. 它受到的合外力大小不变.



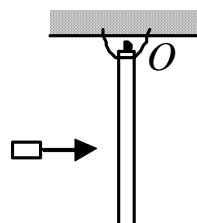
4. 一光滑的圆弧形槽  $M$  置于光滑水平面上, 一滑块  $m$  自槽的顶部由静止释放后沿槽滑下, 不计空气阻力. 对于这一过程, 以下分析正确的是[ ] .

- A. 以地面为参考系,  $M$  对  $m$  的支持力恒不做功.
- B. 由  $m$  和  $M$  组成的系统动量守恒.
- C. 由  $m$  和  $M$  组成的系统机械能守恒.
- D. 由  $m$ 、 $M$  和地球组成的系统机械能守恒.



5. 如图所示, 一匀质细杆可绕通过上端与杆垂直的水平光滑固定轴  $O$  旋转, 初始状态为静止悬挂. 现有一木块自左方水平打击细杆. 设木块与细杆之间为非弹性碰撞, 则在碰撞过程中以细杆与木块组成的系统[ ] .

- A. 机械能一定守恒.      B. 动量一定守恒.
- C. 对转轴  $O$  的角动量一定守恒.
- D. 机械能、动量和对转轴  $O$  的角动量均守恒.

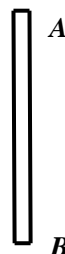


6. 有  $a$ 、 $b$  两个半径相同，质量相同的细圆环，其中  $a$  环的质量均匀分布，而  $b$  环的质量分布不均匀。若它们对过其环心且与环面垂直的轴的转动惯量分别为  $J_a$  和  $J_b$ ，则[ ]。

- A.  $J_a = J_b$ .      B.  $J_a < J_b$ .      C.  $J_a > J_b$ .      D. 无法确定  $J_a$  和  $J_b$  哪个大。

7. 一均匀细杆静止放在光滑的水平面上，现在杆的一端  $B$  受到一垂直于杆身的水平方向的瞬间的冲力作用，则此后杆的运动情况是[ ]。

- A. 杆沿冲力的方向平动。  
B. 杆的端  $A$  不动，而杆绕端  $A$  转动。  
C. 杆的质心不动，而杆绕质心转动。  
D. 杆的质心沿冲力的方向运动，同时杆又绕质心转动。



## 二、填空题（13 题，49 分）

1. （4 分）已知质点的运动方程为  $\vec{r} = (5 + 2t - \frac{1}{2}t^2)\vec{i} + (4t + \frac{1}{3}t^3)\vec{j}$  (SI)，则当  $t = 2$  s

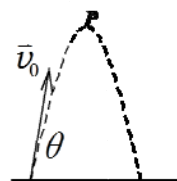
时，加速度  $\vec{a}$  的大小为  $a =$  \_\_\_\_\_ m/s<sup>2</sup>；此时加速度  $\vec{a}$  与  $x$  轴正方向之间夹角为  $\theta$ ，则  $\tan \theta =$  \_\_\_\_\_。

2. （3 分）一质点沿  $x$  轴正方向运动，其加速度大小  $a$  与位置坐标  $x$  的关系是

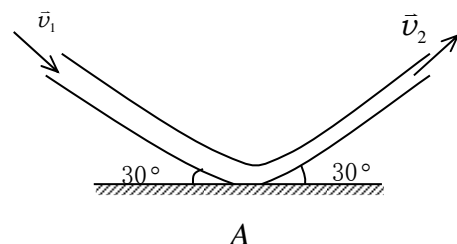
$a = 6x$  (SI)，质点在  $x = 0$  处的速度大小为 10 m/s，则质点速度大小  $v$  和位置坐标  $x$  的关系为  $v^2 =$  \_\_\_\_\_ (SI)。

3. （4 分）质点沿半径为  $R$  的圆周运动，其角位移为  $\theta = 3 + 2t^2$  (SI)，则  $t$  时刻质点切向加速度大小为  $a_t =$  \_\_\_\_\_；法向加速度大小为  $a_n =$  \_\_\_\_\_。

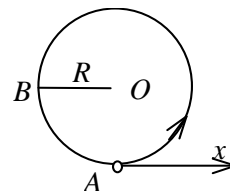
4. （4 分）一质量为  $m$  的物体做斜抛运动，初速度  $\vec{v}_0$  与水平方向夹角为  $\theta$ ，如图所示。忽略空气阻力，则物体运动轨迹最高点  $P$  处的曲率半径  $\rho$  为 \_\_\_\_\_（设重力加速度为  $g$ ）；从抛出时刻到物体到达最高点  $P$  的过程中，物体重力的冲量大小为 \_\_\_\_\_。



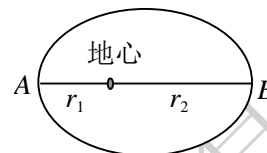
5. （3 分）如图所示，流水以初速度  $\vec{v}_1$  进入弯管，流出时的速度为  $\vec{v}_2$ ，且  $v_1 = v_2 = v$ 。设每秒流入管中的水的质量为  $q$ ，则在管子转弯  $A$  处，水对管壁的平均压力的大小是 \_\_\_\_\_。（管内水受到的重力不考虑）



6. (3分) 如图, 沿着半径为  $R$  圆周运动的质点, 所受的几个力中有一个是恒力  $\vec{F}_0$ , 方向始终沿  $x$  轴正向, 即  $\vec{F}_0 = F_0 \vec{i}$ . 当质点从  $A$  点沿逆时针方向走过  $3/4$  圆周到达  $B$  点时, 力  $\vec{F}_0$  所做的功为  $A =$ \_\_\_\_\_.



7. (4分) 一人造地球卫星绕地球作椭圆运动, 近地点为  $A$ , 远地点为  $B$ .  $A$ 、 $B$  两点距地心分别为  $r_1$ 、 $r_2$ . 设卫星质量为  $m$ , 地球质量为  $M$ , 引力常量为  $G$ . 若设卫星与地球相距为无穷远时, 它们的万有引力势能为零, 则卫星处于近日点  $A$  时, 它们所具有的万有引力势能为\_\_\_\_\_; 设卫星在  $A$ 、 $B$  两点的动能分别为  $E_{kA}$  和  $E_{kB}$ , 则  $E_{kB} - E_{kA} =$ \_\_\_\_\_.



8. (8分) 判断下列说法是否正确 (正确的, 在横线上写“√”; 错误的, 写“×”).

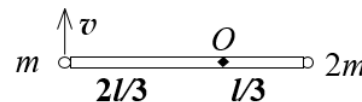
- 1) 所受合外力为零的系统, 机械能一定守恒; \_\_\_\_\_
- 2) 不受外力的系统, 必同时满足动量守恒和机械能守恒; \_\_\_\_\_
- 3) 合外力为零, 内力只有保守力的系统机械能一定守恒; \_\_\_\_\_
- 4) 只有保守力内力作用的系统, 动量和机械能一定守恒; \_\_\_\_\_
- 5) 合外力为零的系统, 对某一点的角动量一定守恒; \_\_\_\_\_
- 6) 若力的作用线与某轴相交, 则该力对该轴的力矩不一定为零; \_\_\_\_\_
- 7) 若力的作用线与某轴平行, 则该力对该轴的力矩一定为零; \_\_\_\_\_
- 8) 若力过  $O$  点, 则该力对  $O$  点的力矩为零. \_\_\_\_\_

9. (3分) 关于质点系内各质点间相互作用的内力做功问题, 以下说法中, 正确的是 \_\_\_\_\_ (不定项选择).

- A. 一对内力所做的功之和一定为零;
- B. 一对内力所做的功之和一定不为零;
- C. 一对内力所做的功之和一般不为零, 但不排斥为零的情况;
- D. 一对内力所做的功之和是否为零, 取决于参考系的选择;
- E. 一对静摩擦力的功恒为零.

10. (4分) 一飞轮对自身转轴的转动惯量为  $J$ , 在一恒定的阻力矩 (此力矩的大小为  $M$ ) 作用下, 飞轮角速度逐渐减小. 则飞轮从初始角速度  $\omega_0$  减小到  $\omega_0/2$  所需的时间为  $t =$  \_\_\_\_\_; 在这一段时间内飞轮转过的圈数为 \_\_\_\_\_.

11. (3 分) 质量分别为  $m$  和  $2m$  的两物体 (均视为质点), 用一长为  $l$  的轻质刚性细杆 (质量忽略不计) 相连, 组成一个系统. 系统绕通过杆且与杆垂直的竖直固定轴  $O$  转动. 已知  $O$  轴与质量为  $2m$  的质点的距离为  $l/3$ , 质量为  $m$  的质点的速度大小为  $v$ 、方向与杆垂直, 则该系统对  $O$  轴的角动量大小为



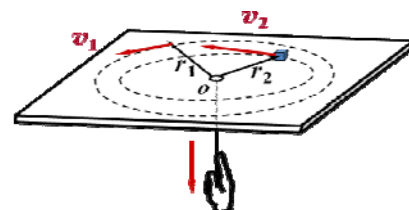
12. (3 分) 匀质圆盘水平地放置, 可绕通过盘心的竖直光滑轴自由转动, 圆盘对该轴的转动惯量为  $J$ , 其转动角速度为  $\omega_0$ . 现有一质量为  $m$  的质点沿竖直方向落到圆盘上, 并粘在距转轴  $R/2$  处, 如图所示, 则它们共同转动的角速度  $\omega$  为



13. (3 分) 在动量、冲量、动能、势能和功这些物理量中, 数值与参考系的选取有关的是  
\_\_\_\_\_。(不考虑相对论效应)

### 三、计算题 (5 题, 30 分)

1. (5 分) 质量为  $m$  的小球系在绳的一端, 另一端通过圆孔  $O$  用外力  $F$  缓慢下拉. 开始小球在光滑水平面做半径为  $r_1$ 、速率为  $v_1$  的匀速圆周运动, 随后在外力  $F$  作用下, 小球的运动轨迹最后成为半径为  $r_2$  的圆, 如图所示. 绳与圆孔间的摩擦力忽略不计, 求:

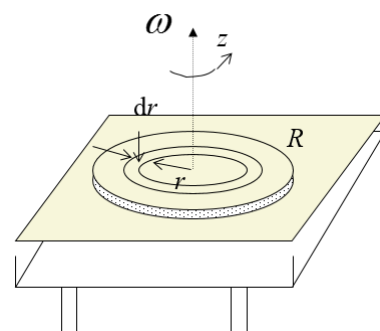


- 1) 小球距圆孔  $O$  为  $r_2$  时, 速率  $v_2$  是多少?
- 2) 外力  $F$  在此过程中所做的功  $A$ .

2. (5 分) 如图所示, 质量为  $m$ , 半径为  $R$  的均匀圆盘在水平粗糙桌面上绕中心  $z$  轴旋转, 圆盘与桌面间的摩擦因数为  $\mu$ , 求:

- 1) 在圆盘上取  $r \sim r + dr$  的圆环, 它所受的摩擦力对  $z$  轴的力矩大小  $dM_z$ .

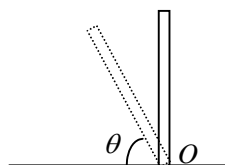
- 2) 圆盘所受到的摩擦力对  $z$  轴的力矩大小  $M_z$ .



- 3) 若圆盘的旋转方向如图所示, 则摩擦力矩的方向为\_\_\_\_\_.

3. (8分) 质量为  $m$ ，长度为  $l$  的匀质杆，可绕通过其下端的水平光滑固定轴  $O$  在竖直平面内转动（如图），设它从竖直位置由静止倒下。

1) 求杆倾倒到与水平面成  $\theta$  角时的角加速度  $\alpha$ 。



2) 以杆与地球为系统，利用机械能守恒定律，求杆倾倒到与水平面成  $\theta$  角时的角速度  $\omega$ 。

4. (5分) 如图所示，一长为  $l$ ，质量为  $M$  的均匀木棒可绕过其一端的水平轴  $O$  在竖直平面内自由转动，开始时，棒竖直悬垂。现有质量为  $m$  的子弹沿水平方向以速率  $v_0$  从  $A$  点射入棒中，并留在



其中，若  $A$  点和  $O$  点的距离为  $\frac{3}{4}l$ ，求棒开始运动时的角速度  $\omega$ 。

5. (7分) 半径为  $R$  的具有光滑竖直固定中心轴的水平圆盘上，有一人站立在距转轴为  $R/2$  处，人的质量是圆盘质量的  $1/10$ 。初始时人相对圆盘静止，人和圆盘一起相对地面以角速度  $\omega_0$  匀速转动（如图 1）。如果此人相对圆盘以速率  $v$  沿与盘转动相反的方向做半径为  $R/2$  的圆周运动（如图 2），求：

1) 此时圆盘相对地面的角速度  $\omega$ 。

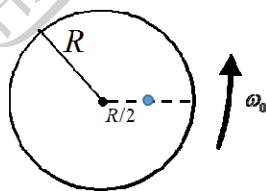


图 1

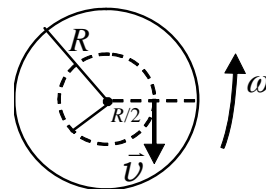


图 2

2) 若使得圆盘对地面静止，求此人沿着  $R/2$  圆周对圆盘的速度  $\vec{v}'$  的大小和方向，其中方向请在图 3 中标出。

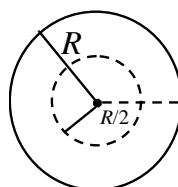


图 3