2015 年《大学物理（2-1）》期中试卷

一、选择题（共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分）

1、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_t表示切向加速度，下列表达式中，

(1) $\mathrm{d}v/\mathrm{d}t = a$， (2) $\mathrm{d}r/\mathrm{d}t = v$，

(3) $\mathrm{d}S/\mathrm{d}t = v$， (4) $\left|\mathrm{d}\vec{v}/\mathrm{d}t\right| = a_t$.

(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. [D]

2、(本题 3 分）

某质点作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. [D]

3、（本题 3 分）

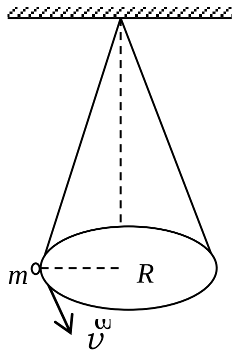
某物体的运动规律为$\mathrm{d}v/\mathrm{d}t = -kv^2 t$，式中的 k 为大于零的常量．当 $t=0$ 时，初速为 v_0，则速度v与时间 t 的函数关系是

(A) $v = \frac{1}{2}kt^2 + v_0$. (B) $v = -\frac{1}{2}kt^2 + v_0$.

(C) $\frac{1}{v} = \frac{kt^2}{2} + \frac{1}{v_0}$. (D) $\frac{1}{v} = -\frac{kt^2}{2} + \frac{1}{v_0}$. [C]

4、（本题 3 分）

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) $\sqrt{(2mv)^2 + (mg\pi R/v)^2}$.

(C) $\pi Rmg/v$. (D) 0.

[C]

5、（本题 3 分）

一辆汽车从静止出发在平直公路上加速前进．如果发动机的功率一定，下面哪一种说法是正确的？

(A) 汽车的加速度是不变的.

(B) 汽车的加速度随时间减小.

(C) 汽车的加速度与它的速度成正比．

(D) 汽车的速度与它通过的路程成正比．　　　　　　　　　　　　　[B]

6、（本题 3 分）

如图，两木块质量分别为 m_1 和 m_2，由一轻弹簧连接，放在光滑水平桌面上，先使两木块靠近而将弹簧压紧，然后由静止释放．若在弹簧伸长到原长时，m_1 的速率为 υ_1，则弹簧原来在压缩状态时所具有的势能是

(A) $\frac{1}{2}m_1\upsilon_1^2$．　　　　(B) $\frac{1}{2}m_2\frac{m_1+m_2}{m_1}\upsilon_1^2$．

(C) $\frac{1}{2}(m_1+m_2)\upsilon_1^2$．　　　(D) $\frac{1}{2}m_1\frac{m_1+m_2}{m_2}\upsilon_1^2$．　　　[D]

7、（本题 3 分）

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) 作用力和反作用力大小相等、方向相反，所以两者所作功的代数和必为零．

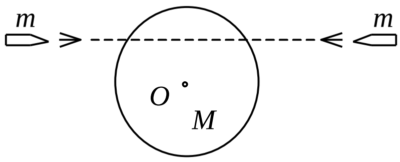
在上述说法中：

(A) (1)、(2)是正确的．　　(B) (2)、(3)是正确的．

(C) 只有(2)是正确的．　　(D) 只有(3)是正确的．　　　[C]

8、（本题 3 分）

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．　　　[C]

9、（本题 3 分）

有两个半径相同，质量相等的细圆环 A 和 B．A 环的质量分布均匀，B 环的质量分布不均匀．它们对通过环心并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) 不能确定 J_A、J_B 哪个大．　　　[C]

10、（本题 3 分）

关于力矩有以下几种说法：

(1) 对某个定轴而言，内力矩不会改变刚体的角动量．

(2) 作用力和反作用力对同一轴的力矩之和必为零．

(3) 质量相等，形状和大小不同的两个刚体，在相同力矩的作用下，它们的角加速度一定相等．

在上述说法中，

(A) 只有(2) 是正确的. (B) (1) 、(2) 是正确的.

(C) (2) 、(3) 是正确的.

(D) (1) 、(2) 、(3)都是正确的. [B]

二、简单计算与问答题（共 6 小题，每小题 5 分，共 30 分）

1、（本题 5 分）

质点的运动学方程为 $\vec{r} = 2t\vec{i} + \left(2 - t^2\right)\vec{j}$ (S1).

试求：(1)质点的轨道方程；(2)t＝2s 时质点的速度和加速度。

(1) 由质点的运动方程，可得

$$x = 2t, y = 2 - t^2$$

消去参数 t，可得轨道方程

$$y = 2 - \frac{1}{4}x^2 \qquad 2\text{ 分}$$

(2) 由速度、加速度定义式，有

$$\vec{\mathbf{v}} = \mathrm{d}\vec{\mathbf{r}}/\mathrm{d}t = 2\vec{\mathbf{i}} - 2t\vec{\mathbf{j}} \qquad 1\text{ 分}$$

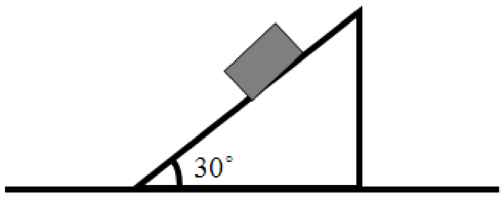
$$\vec{\mathbf{a}} = \mathrm{d}^2\vec{\mathbf{r}}/\mathrm{d}t^2 = -2\vec{\mathbf{j}} \qquad 1\text{ 分}$$

将 t=2s 代入上两式，得

$$\vec{\mathbf{v}} = 2\vec{\mathbf{i}} - 4\vec{\mathbf{j}} \quad , \quad \vec{\mathbf{a}} = -2\vec{\mathbf{j}} \qquad 1\text{ 分}$$

2、（本题 5 分）

倾角为 α= 30^0 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。



$$\vec{a}_{\text{木相地}} = \vec{a}_{\text{木相斜}} + \vec{a}_{\text{斜相地}} \qquad 2\text{ 分}$$

$$\vec{a}_{\text{木相斜}} = -6\cos 30^0\,\vec{i} - 6\sin 30^0\,\vec{j} \qquad 1\text{ 分}$$

$$\vec{a}_{\text{斜n 地}} = 4\vec{i} \qquad 1\text{ 分}$$

$$\vec{a}_{\text{木n 地}} = \vec{a}_{\text{木n 斜}} + \vec{a}_{\text{斜n 地}}$$

$$= (4 - 3\sqrt{3})\vec{i} - 3\vec{j} \quad (m/s^2) \qquad 1\text{ 分}$$

3、（本题 5 分）

计算一个刚体对某转轴的转动惯量时，一般能不能认为它的质量集中于其质心，成为一质点，然后计算这个质点对该轴的转动惯量？为什么？举例说明你的结论。

答：不能．　　2 分

因为刚体的转动惯量 $\sum r_i^2 \Delta m_i$ 与各质量元和它们对转轴的距离有关．如一匀质圆盘对过其中心且垂直盘面轴的转动惯量为 $\frac{1}{2}mR^2$，若按质量全部集中于质心计算，则对同一轴的转动惯量为零．

4、（本题 5 分）

试述质点的动能定理、质点系的动能定理、质点系的功能原理，并写出相应的物理公式。

质点的动能定理：质点所受外力的功等于质点动能的变化量。

$A_{外力} = E_{k2} - E_{k1}$　　1 分

质点系的动能定理：质点系所受外力的功和内力的功等于质点系动能的变化量。

$A_{外力} + A_{内力} = E_{k2} - E_{k1}$　　2 分

质点系的功能原理：外力和非保守内力对质点系所作的功等于质点系机械能的变化量。

$A_{外力} + A_{非保守内力} = \Delta E$　　2 分

5、（本题 5 分）

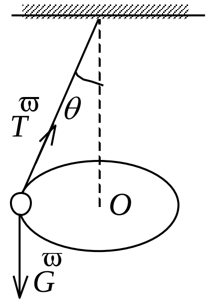
描述一个系统运动状态的物理量有动量、角动量、能量（机械能），试分别给出一个系统的动量、角动量、机械能守恒的条件。

动量守恒的条件是：系统所受合外力为零；　　1 分

角动量守恒的条件是：系统所受的合外力矩等于零；　　2 分

机械能守恒的条件是：外力的功和非保守内力的功的代数和等于零。　　2 分

6、（本题 5 分）



一个由绳子悬挂着的物体在水平面内作匀速圆周运动（称为圆锥摆），有人在重力的方向上求合力，写出 $T\cos\theta - G = 0$．另有人沿绳子拉力 $\vec{T}$ 的方向求合力，写出 $T - G\cos\theta = 0$．显然两者不能同时成立，指出哪一个式子是错误的，为什么？

$T - G\cos\theta = 0$ 是错误的．　　2 分

因为物体的加速度始终指向 O 点，在拉力 T 的方向上的分量不为零，沿绳子拉力 T 的方向上应有 $T - G\cos\theta = ma\sin\theta$　　3 分

它与 $T\cos\theta - G = 0$ 同时成立．

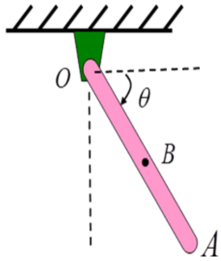
三．计算题（共 4 小题，共 40 分）

1、（本题 10 分）

一细棒绕 O 点自由转动，并知 $\beta=\dfrac{3g}{2L}\cos\theta$， L 为棒长。

求： (1) 棒自水平静止开始运动，$\theta=\pi/3$ 时，角速度 ω？

(2) 此时端点 A 和中点 B 的线速度为多大?



解： 1) 棒做变加速运动：

$$\text{Q}\ \beta=\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t}=\frac{3g}{2L}\cos\theta,\quad 又\ \beta=\omega\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}\theta}$$ 3 分

$$\therefore \omega\mathrm{d}\omega=\frac{3g}{2L}\cos\theta\mathrm{d}\theta$$

$$\int_0^{\omega}\omega\mathrm{d}\omega=\int_0^{\pi/3}\frac{3g}{2L}\cos\theta\mathrm{d}\theta$$

$$\omega^2=\frac{3g}{L}\sin\frac{\pi}{3}=\frac{3\sqrt{3}}{2L}g$$

$$\omega=\sqrt{\frac{3\sqrt{3}g}{2L}}$$ 3 分

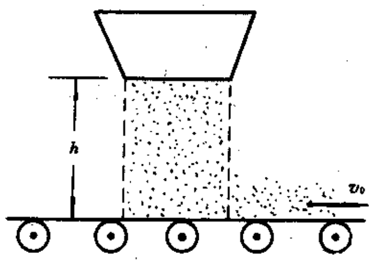
2) 由 $v=\omega r$ 得： 2 分

$$v_A=\omega L=\sqrt{\frac{3\sqrt{3}gL}{2}}$$ 1 分

$$v_B=\omega\frac{L}{2}=\sqrt{\frac{3\sqrt{3}gL}{8}}$$ 1 分

2、（本题 10 分）

如图所示，砂子从 h＝0.8m 处下落到以 $v_0=3\,\mathrm{m/s}$ 的速率沿水平向右运动的传输带上，若每秒钟落下 100kg 的砂子，求传输带对砂子作用力的大小。



解 如图所示，设 Δt 时间内落下的砂子的质量为 Δm，则 Δm 的动量改变

$$\Delta\boldsymbol{p}=\Delta m(\boldsymbol{v}_0-\boldsymbol{v}_1)$$ 2 分

显然有 $v_1=\sqrt{2gh}$

由图可知

$$\Delta p=\sqrt{(\Delta m v_1)^2+(\Delta m v_0)^2}=\Delta m\sqrt{v_1^2+v_0^2}$$ 1 分

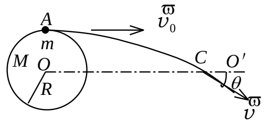
根据动量定理 $\boldsymbol{F}\Delta t=\Delta\boldsymbol{p}$ 3 分

所以

$$F=\frac{\Delta p}{\Delta t}=\frac{\Delta m}{\Delta t}\sqrt{v_1^2+v_0^2}=\frac{\Delta m}{\Delta t}\sqrt{2gh+v_0^2}$$
$$=100\times\sqrt{2\times9.8\times0.8+3^2}=497\text{N}$$ 4 分

3、（本题 10 分）

小球 A 自地球的北极点以速度 $\vec{v}_0$ 在质量为 M、半径为 R 的地球表面水平切向向右飞出，如图所示，地心参考系中轴 OO' 与 $\vec{v}_0$ 平行，小球 A 的运动轨道与轴 OO' 相交于距 O 为 $3R$ 的 C 点．不考虑空气阻力，求小球 A 在 C 点的速度 $\vec{v}$ 与 $\vec{v}_0$ 之间的夹角 θ.



解：由机械能守恒：

$$\frac{1}{2}mv_0^2-GMm/R=\frac{1}{2}mv^2-GMm/(3R)$$ ① 3 分

根据小球绕 O 角动量守恒：

$$Rmv_0=3Rmv\sin\theta$$ ② 4 分

① ②式联立可解出．

$$\sin\theta=\frac{v_0}{\sqrt{9v_0^2-12GM/R}}$$ 3 分

4、（本题 10 分）

一砂轮直径为 1 m 质量为 50 kg，以 30π rad/s 的转速转动．撤去动力后，一工件以 200 N 的正压力作用在轮边缘上，使砂轮在 11.8 s 内停止．求砂轮和工件间的摩擦系数．(砂轮轴的摩擦可忽略不计，砂轮绕轴的转动惯量为 $\frac{1}{2}mR^2$，其中 m 和 R 分别为砂轮的质量和半径).

解：$R = 0.5$ m，$\omega_0 = 30\pi$ rad/s，

根据转动定律 $M = J\beta$ ① 2 分

这里 $M = -\mu NR$ ② 3 分

μ为摩擦系数，N 为正压力，$J=\frac{1}{2}mR^2$． ③

设在时刻 t 砂轮开始停转，则有：

$$\omega_t=\omega_0+\beta\, t=0$$

从而得 $\beta=-\omega_0/t$ ④ 2 分

将②、③、④式代入①式，得

$$-\mu NR=\frac{1}{2}mR^2(-\omega_0/t)$$ 2 分

∴ $\mu=mR\omega_0/(2Nt)\approx0.5$ 1 分