全国高等医药院校教材

《物理学教程》
WULIXUE JIAOCHENG XITI JINGJIE

习题精解

主编 顾柏平

东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

全国高等医药院校教材

《物理学教程》习题精解

（供中医、中西结合、中药、制药、药理、制剂针灸、
推拿、护理、中医工程等专业使用）

顾柏平　主编

东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS
·南京·2016

内 容 提 要

本教材为《物理学教程》(第三版)配套的辅助教材.教材共分十三章,包括力学、分子物理学、热力学、电磁学、波动光学和量子物理等内容.教材中对各章的概念进行总结和提炼,再对各章习题提供了答案或解题过程.

本书可供医药类院校开设了物理课程的师生参考使用.

图书在版编目(CIP)数据

《物理学教程》习题精解:配《物理学教程》(第三版)/顾柏平主编.—南京:东南大学出版社,2016.8

全国高等医药院校教材

ISBN 978-7-5641-6629-8

Ⅰ.①物… Ⅱ.①顾… Ⅲ.①物理学—医学院校—教学参考资料 Ⅳ.①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 155453 号

《物理学教程》习题精解

主　　编	顾柏平	**电　　话**	(025)83795627/83362442(传真)
责任编辑	陈　跃	**电子邮件**	chenyue58@sohu.com
出版发行	东南大学出版社	**出 版 人**	江建中
地　　址	南京市四牌楼 2 号	**邮　　编**	210096
销售电话	(025)83794121/83795801		
网　　址	http://www.seupress.com	**电子邮箱**	press@seupress.com
经　　销	全国各地新华书店	**印　　刷**	江苏省地质测绘院
开　　本	787mm×1092mm 1/16	**印　　张**	7.75
字　　数	198 千字		
版 印 次	2016 年 8 月第 1 版　2016 年 8 月第 1 次印刷		
书　　号	ISBN 978-7-5641-6629-8		
定　　价	19.00 元		

*本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025-83791830

编委会名单

主　编

顾柏平

副主编

陈　亮　韦相忠　应　航

朱予民　束开俊

编　委

朱　亮　王　丽　蔡　卓

钱天虹

编 写 说 明

物理学是现代医药院校许多专业的重要的基础课，它提供学生基础物理知识，同时也训练学生有效的思维方式，为学生学好后续专业课程打下坚实的基础。该辅导教材为全国高等医药院校教材《物理学教程》(第三版)的配套教学用书，旨在帮助同学课后复习、理解、巩固课堂知识，提高学生应用知识解决问题的能力。

本教材共分十三章，与原书《物理学教程》(第三版)的内容、章节完全一致，每章的题目与原教材一致，且一题一解，一一对应。每章的编排体例均按照首先是提炼出本章内容提要(包含重要概念等内容)；其次为各题题目的答案和详细解题过程这一体例来进行编写的。解题过程注重对基本概念、基本原理的阐述和基本方法训练，培养学生认真严谨、实事求是的科学素养。

本教材在编写过程中得到了全国各相关院校的大力支持，得到了各兄弟院校同行的指导和帮助，特别是徐仁力博士做了大量校对工作，在此一并表示感谢。此外，由于时间仓促及水平有限，因而书中难免有错误和不妥之处，恳请专家、教师和使用者提出宝贵意见，以便在再版时修订，不胜感谢。

编者

2016 年 8 月

目　　录

第一章 刚体的转动

本章提要

1. 基本概念

刚体：它是指无论在多大的外力作用下，形状和大小都不发生任何变化的物体.

平动：它是指刚体上任意一条直线在各个时刻都始终彼此平行的运动.

定轴转动：它是指转动轴固定不变的转动.

转动惯量：$I=\sum_{i=1}^{n}\Delta m_i r_i^2$（分立），或 $I=\int r^2\mathrm{d}m$（连续）.

角动量：$\boldsymbol{L}=I\boldsymbol{\omega}$.

2. 主要公式

刚体平动与转动的重要公式及其比较

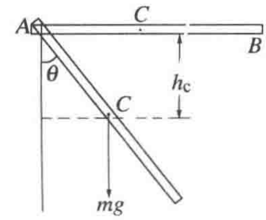
质点的直线运动学公式（刚体的平动）	刚体的定轴转动学公式	质点的动力学公式（刚体的平动）	刚体的转动力学公式
速度 $\boldsymbol{v}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}$	角速度 $\boldsymbol{\omega}=\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}$	力 $\boldsymbol{F}$，质量 m 牛顿第二定律 $\boldsymbol{F}=m\boldsymbol{a}$	力矩 $\boldsymbol{M}$，转动惯量 I 转动定律 $\boldsymbol{M}=I\boldsymbol{\beta}$
加速度 $\boldsymbol{a}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t}$	角加速度 $\boldsymbol{\beta}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{\omega}}{\mathrm{d}t}$	动量 mv，冲量 $F\Delta t$（恒力）； 动量原理 $\boldsymbol{F}\Delta t=m\boldsymbol{v}-m\boldsymbol{v}_0$（恒力）	角动量 $I\boldsymbol{\omega}$，冲量矩 $\boldsymbol{M}\Delta t$（恒力矩） 角动量原理 $\boldsymbol{M}\Delta t=I\boldsymbol{\omega}-I_0\boldsymbol{\omega}_0$（恒力矩）
匀速直线运动 $x=x_0+vt$ 匀变速直线运动 $v=v_0+at$ $x=x_0+v_0t+\frac{1}{2}at^2$ $v^2-v_0^2=2a(x-x_0)$	匀角速转动 $\theta=\theta_0+\omega t$ 匀变速转动 $\omega=\omega_0+\beta t$ $\theta=\theta_0+\omega_0t+\frac{1}{2}\beta t^2$ $\omega^2-\omega_0^2=2\beta(\theta-\theta_0)$	动量守恒定律（$\sum\boldsymbol{F}=0$） $\sum mv=$恒量 平动动能 $mv^2/2$ 恒力的功 $A=Fs$ 动能定理 $A=\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}mv_1^2$	角动量守恒定律（$\sum\boldsymbol{M}=0$） $\sum I\boldsymbol{\omega}=$恒量 转动动能 $I\omega^2/2$ 恒力矩的功 $A=M\theta$ 动能定理 $A=\frac{1}{2}I\omega_2^2-\frac{1}{2}I\omega_1^2$

习题精解

1-1 刚体绕定轴转动，在每秒钟内角速度都增加 $\pi/5$，刚体是否做匀加速转动？

答：不一定.

1-2 如图所示，将棒的一端固定，并使它能绕固定端在竖直平面内自由转动，一次把它拉开与竖直方向成某一角度($0<\theta<\pi/2$)；另一次将它拉到水平位置($\theta=\pi/2$)；问在这两种情况下：(1)放手的那一瞬时，棒的角加速度是否相同？(2)棒转动的过程是否属于匀变加速转动？



题 1-2 图

答：(1) 不相同.(2) 否.

1-3 有人将握着哑铃的双手伸开，坐在以一定的角速度转动着的(摩擦不计)木凳子上，如果此人将手缩回，使转动惯量减少为原来的一半. 问：(1)角速度增加多少？(2)转动动能是否发生改变？

答：(1) 增加1倍.(2) 发生改变.

1-4 足球守门员要分别接住来势不同的两个球：第一个球从空中飞来但无转动；第二个球沿地面滚来. 两个球的质量以及前进的速度相同，问守门员要接住这两个球所做的功是否相同？为什么？

答：做功不相同. 前者只需要克服平动动能做功；而后者除需要克服平动动能做功，还需要克服转动动能做功.

1-5 在一个系统中，如果该系统的角动量守恒，动量是否一定守恒？反之，如果该系统的动量守恒，角动量是否也一定守恒？

答：不一定. 不一定.(提示：从角动量定义的角度考虑，即 $\boldsymbol{L}=\boldsymbol{r}\times m\boldsymbol{v}=\boldsymbol{r}\times\boldsymbol{p}$)

1-6 直径为 0.9 m 的转轮，从静止开始以匀加速转动，经 20 s 后它的角速度达到 100 rad/s，求角加速度和这一段时间内转轮转过的角度以及 20 s 末转轮边缘的线速度、切向加速度.

解：对于匀加速转动，根据平均角加速度的定义可得

$$\beta=\frac{\omega-\omega_0}{t}.$$

代入数值得，

$$\beta=\frac{100-0}{20}=5\ \mathrm{rad/s}.$$

根据匀变速转动的公式得转动角度为

$$\theta=\frac{1}{2}\beta t^2=\frac{1}{2}\times5\times20^2=1.0\times10^3\ \mathrm{rad}.$$

边缘线速度为

$$v = \omega r = 100 \times 0.9 = 90 \text{ m/s}.$$

边缘切向加速度为

$$a_t = r\beta = 0.9 \times 5 = 4.5 \text{ m/s}.$$

1-7 一个作匀加速转动的飞轮从静止经 4.0 s 转过了 200 rad,且角速度达到180 rad/s,求它的角加速度.

解: 由转动运动学公式

$$\omega = \omega_0 + \beta t,$$

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\beta t^2,$$

消去 ω_0,可得

$$\beta = \frac{2(\omega t - \theta)}{t^2} = \frac{2 \times (180 \times 4.0 - 200)}{4^2} = 65 \text{ rad/s}^2.$$

1-8 一车床主轴的转速从零均匀增加到 $n=250$ rev/s,所需的时间为 30 s,主轴直径 $d=0.04$ m. 求 $t=30$ s 时主轴表面上一点的速度、切向加速度和向心加速度.

解: 依题意,末角速度为

$$\omega = 2\pi n = 500\pi \text{ rad/s}.$$

表面边缘速度为

$$v = \omega r = 500\pi \times \frac{0.04}{2} = 10\pi \text{ m/s}.$$

角加速度为

$$\beta = \frac{\omega - \omega_0}{t} = \frac{500\pi - 0}{30} = \frac{50}{3}\pi \text{ rad/s}^2.$$

切向加速度为

$$a_t = \beta r = \frac{50}{3}\pi \times \frac{0.04}{2} = \frac{\pi}{3} \text{ m/s}^2.$$

向心(法向) 加速度为

$$a_n = \omega^2 r = (500\pi)^2 \times \frac{0.04}{2} = 5\,000\pi^2 \text{ m/s}^2.$$

1-9 双原子分子中两原子相距为 r,它们的质量分别为 m_1 和 m_2,分别绕着通过中心与质心且垂直于两原子连线的轴转动,求分子在两种转动情况下的转动惯量.

(原子看做为质点，质心离中心距离 $x_c=\dfrac{m_1-m_2}{m_1+m_2}\cdot\dfrac{r}{2}$)

解：依题意知该刚体由分立的两个质点组成。根据转动惯量的公式可得，刚体绕中心点的转轴的转动惯量为：

$$I_0=\sum_{i=1}^{2}\Delta m_i r_i^2=m_1r_1^2+m_2r_2^2=(m_1+m_2)\frac{r^2}{4},$$

设 $m=m_1+m_2$，$h=x_c$. 根据平行轴定理 $I=I_c+mh^2$ 可得，绕质心转动惯量为：

$$I_c=I_0-mh^2=(m_1+m_2)\frac{r^2}{4}-(m_1+m_2)\times\left[\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}\right]^2\times\frac{r^2}{4}$$

$$=\frac{m_1m_2}{m_1+m_2}r^2.$$

也可利用转动惯量定义式直接计算，设 $m_1>m_2$.

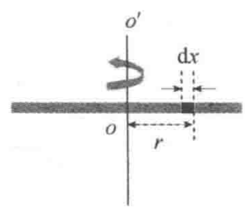
$$I_c=\sum_{i=1}^{2}\Delta m_i r_i^2=m_1\left(\frac{r}{2}-x_c\right)^2+m_2\left(\frac{r}{2}+x_c\right)^2$$

$$=m_1\left(\frac{r}{2}-\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}\ \frac{r}{2}\right)^2+m_2\left[\frac{r}{2}+\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}\ \frac{r}{2}\right]^2$$

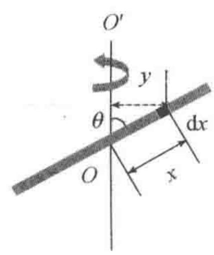
$$=m_1\cdot\frac{r^2}{4}\cdot\frac{4m_2^2}{(m_1+m_2)^2}+m_2\cdot\frac{r^2}{4}\cdot\frac{4m_1^2}{(m_1+m_2)^2}$$

$$=\frac{m_1m_2}{m_1+m_2}r^2.$$

1-10 求质量为 m，长为 L 的均匀细棒在下面几种情况的转动惯量：(1)转轴通过棒的中心并与棒垂直；(2)转轴通过棒的一端并与棒垂直；(3)转轴通过棒上离中心为 h 的一点并与棒垂直；(4)转轴通过棒的中心并与棒成 θ 角.



题 1-10(a)图



题 1-10(b)图

解：(1) 设 λ 为均匀直棒的质量线密度，距转轴 OO' 为 r 处的长度为 $\mathrm{d}r$ 的细杆质元的质量为

$$\mathrm{d}m=\lambda\mathrm{d}r,$$

其中，

$$\lambda=\frac{m}{L},$$

质元 $\mathrm{d}m$ 的转动惯量微元为

$$\mathrm{d}I=r^2\mathrm{d}m,$$

对杆的全区域积分可得绕杆中点垂直于杆的转动惯量为

$$I=\int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} r^2\,\mathrm{d}m=\int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} r^2\lambda\,\mathrm{d}r=\frac{1}{12}\lambda L^3=\frac{1}{12}mL^2.$$

(2) 由平行轴定理可得绕过杆端点且垂直于杆的轴的转动惯量为

$$I=I_c+m\frac{L^2}{4}=\frac{1}{3}mL^2.$$

(3) 由平行轴定理,绕距离杆中心为 h,垂直于杆的轴的转动惯量为

$$I=I_c+mh^2=\frac{1}{12}mL^2+mh^2.$$

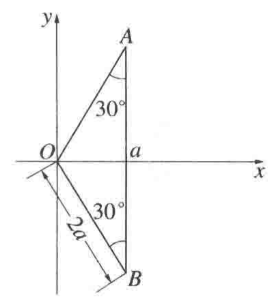
(4) 直杆上距中心 O 为 x 处长为 $\mathrm{d}x$ 的质元 $\mathrm{d}m$ 绕 OO' 轴的转动惯量为

$$\mathrm{d}I=y^2\,\mathrm{d}m=(x\sin\theta)^2\lambda\,\mathrm{d}x,$$

对整个直杆积分得

$$I=\int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}}(x\sin\theta)^2\lambda\,\mathrm{d}x=\frac{1}{12}mL^2\sin\theta^2.$$

1-11 如图所示,一等腰三角形的匀质薄板,质量为 m,求它对 y 轴的转动惯量.



题 1-11 图

解: 设该板的质量面密度为 σ. 如题 1-11a 图所示,微元距离坐标原点距离为 x,宽度为 $\mathrm{d}x$ 的微元的质量为

$$\mathrm{d}m=2\sigma y\,\mathrm{d}x=2\sigma x\tan 60^\circ\,\mathrm{d}x,$$

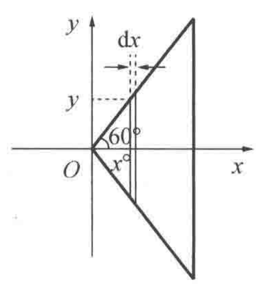
设质元的转动惯量为

$$\mathrm{d}I=x^2\,\mathrm{d}m=2\sigma x^3\tan 60^\circ\,\mathrm{d}x,$$

从而

$$I=\int x^2\,\mathrm{d}m=\int_0^a 2\sqrt{3}\sigma x^3\,\mathrm{d}x=\frac{\sqrt{3}}{2}\sigma a^4$$

$$=\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{m}{\sqrt{3}a^2}a^4=\frac{1}{2}ma^2.$$



题 1-11a 图

1-12 砂轮直径为 0.20 m,厚为 0.025 m,密度为 2.4 g/cm^3,绕过中心垂直于盘面的轴转动. 求:(1) 转动惯量;(2) 当 $n=3\,600$ rev/s 时的转动动能(砂轮视为实心圆盘).

解: 依题意得刚体的转动惯量为

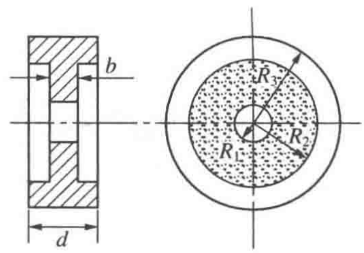
$$I=\frac{1}{2}mR^2=\frac{1}{2}(\pi R^2 b\rho)R^2=\frac{1}{2}\pi\times 0.025\times 2.4\times 10^3\times 10^{-4}$$
$$=3\pi\times 10^{-3}\approx 9.42\times 10^{-3}\ \mathrm{kg\cdot m^2}.$$

转动动能为

$$E_k=\frac{1}{2}I\omega^2=\frac{1}{2}\times 9.42\times 10^{-3}\times(3\,600\times 2\pi)^2\approx 2.4\times 10^6\ \mathrm{J}.$$

1-13 如图所示，一铁制飞轮，已知密度 $\rho=7.8\ \mathrm{g/cm^3}$，$R_1=0.030\ \mathrm{m}$，$R_2=0.12\ \mathrm{m}$，$R_3=0.19\ \mathrm{m}$，$b=0.040\ \mathrm{m}$，$d=0.090\ \mathrm{m}$，求它对转轴的转动惯量.

解: 原图阴影部分为圆盘区域，该圆盘可视为从半径为 R、厚度为 d 的大圆柱体中去掉两个对称的半径为 R_2，厚度为 $(d-b)/2$ 的圆柱体和一个半径为 R_1，厚度为 b 的圆柱体后而获得. 这些圆柱体都是共轴圆柱体，根据转动惯量的叠加性可得，



题 1-13 图

$$I=\frac{1}{2}MR_3^2-\frac{1}{2}m_1R_1^2-2\times\frac{1}{2}m_2R_2^2,$$

其中，$M=\rho\pi R_3^2 d$，$m_1=\rho\pi R_1^2 b$，$m_2=\rho\pi R_2^2(d-b)$，ρ 为质量体密度. 代入数据，得

$$I=\pi\rho\left[\frac{1}{2}R_3^4 d-\frac{1}{2}R_1^4 b-R_2^4(d-b)\right]$$
$$=3.14\times 7.8\times 10^3\times\left[\frac{1}{2}\times 0.19^4\times 0.09-\frac{1}{2}\times 0.03^4\right.$$
$$\left.\times 0.04-0.12^4\times(0.09-0.04)\right]$$
$$\approx 1.31\ \mathrm{kg\cdot m^2}.$$

1-14 用线绕于半径 $R=1.0\ \mathrm{m}$，质量 $M=100\ \mathrm{kg}$ 的圆盘上，在绳下端挂以质量为 $m=10\ \mathrm{kg}$的物体. 设圆盘可绕过盘心垂直于盘面的定轴转动，求：(1) 圆盘的角加速度；(2) 下落 4.0 s 后圆盘的角位移.

解: 设绳子的张力为 T，圆盘转动的角加速度为 β，物体运动的加速度为 a. 对圆盘利用转动定律，得

$$RT=I\beta. \tag{1}$$

其中，$I=\dfrac{1}{2}MR^2$.

对悬挂的物体应用牛顿第二定律，得

$$mg-T=ma. \tag{2}$$

利用线量与角量的关系

$$\beta=\frac{a}{R}, \tag{3}$$

联立求解方程组(1)—(3) 可得，

$$a=\frac{mgR^2}{mR^2+I}.$$

(1) 圆盘角加速度

$$\beta=\frac{a}{R}=\frac{mgR}{mR^2+I}=\frac{mgR}{mR^2+\frac{1}{2}MR^2}=\frac{10\times10\times1.0}{10\times1.0^2+\frac{1}{2}\times100\times1.0^2}$$
$$=1.6333\ \text{rad/s}^2.$$

(2) 从静止开始下落 4 s 后圆盘的角位移为

$$\theta=\frac{1}{2}\beta t^2=\frac{1}{2}\times1.6333\times4.0^2\approx13.0\ \text{rad}.$$

1-15 一转台绕竖直轴转动，每分钟转一周，转台对轴的转动惯量为1 200 kg · m^2. 质量为 80 kg 的人，开始站在台的中心，随后沿半径向外跑去，问当人离转台中心 2.0 m 时，转台的角速度是多少？

解：根据题意分析可知系统所受合外力矩为零，因此，系统角动量守恒，即

$$I_1\omega_1=I_2\omega_2,$$

其中，$I_2=I_1+mR^2$，
则

$$\omega_2=\frac{I_1\omega_1}{I_2}=\frac{I_1}{I_1+mR^2}\times2\pi n=\frac{1200}{1200+80\times2.0^2}\times2\times3.14\times\frac{1}{60}$$
$$\approx0.083\ \text{rad/s}.$$

1-16 有圆盘 A 和 B，盘 B 静止，盘 A 的转动惯量为盘 B 的一半，它们的轴由离合器控制. 开始时，盘 A、B 是分开的，盘 A 的角速度为 ω_0，两者衔接到一起后，产生了 2 000 J 的热. 求原来盘 A 的动能为多少。

解: 设 A 盘转动惯量为 I_A,原角速度为 ω_A, B 盘转动惯量为 $2I_A$, A, B 衔接后的角速度为 ω,经分析知系统所受合外力矩为零,则系统角动量守恒,即

$$I_A\omega_A = (I_A + 2I_A)\omega,$$

由此得

$$\omega = \frac{1}{3}\omega_A.$$

系统原来的总动能为

$$E_{k1} = \frac{1}{2}I_A\omega_A^2,$$

后来的总动能为

$$E_{k2} = \frac{1}{2}\times 3I_A\omega^2 = \frac{3}{2}\times I_A\times\frac{\omega_A^2}{9} = \frac{1}{3}E_{k1},$$

能量的改变为

$$\Delta E_k = E_{k1} - E_{k2} = \frac{2}{3}E_{k1},$$

该动能减少转化为热能,即

$$\Delta E_k = 2\ 000\ \text{J},$$

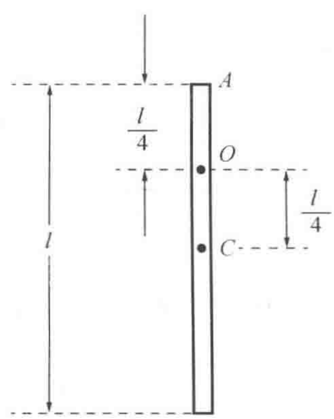
所以,

$$E_{k1} = \frac{3}{2}\times\Delta E_k = 3\ 000\ \text{J}.$$

1-17 质量为 m,长为 l 的均匀棒,绕一水平光滑的转轴 O 在竖直平面内转动,O 轴离 A 端距离为 $l/4$. 若使棒从静止开始由水平位置绕 O 轴转动,求:(1)棒在水平位置上刚启动时的角加速度;(2)棒转到竖直位置时,在 A 端的速度及加速度.

解: 依题意,根据转动惯量的平行轴定理可得绕 O 轴的转动惯量为

$$I = I_c + mh^2 = \frac{1}{12}ml^2 + m\left(\frac{R}{4}\right)^2 = \frac{7}{48}ml^2,$$



(1) 由转动定律 $M = I\beta$,得

$$\beta = \frac{M}{I} = \frac{mg\dfrac{l}{4}}{\dfrac{7ml^2}{48}} = \frac{12g}{7l},$$

(2) 当棒转过一微小角度 $d\theta$时,重力力矩做的元功为

$$\mathrm{d}A = M\mathrm{d}\theta = mg\,\frac{l}{4}\cos\theta\mathrm{d}\theta,$$

杆转动到竖直位置时,重力力矩做功

$$A = \int \mathrm{d}A = \int_0^{\frac{\pi}{2}} mg\,\frac{l}{4}\cos\theta\mathrm{d}\theta = mg\,\frac{l}{4}.$$

由动能定理可得,

$$A = \Delta E_k,$$

即

$$mg\,\frac{l}{4} = \frac{1}{2}I\omega^2,$$

得

$$\omega = \sqrt{\frac{24g}{7l}}.$$

A 端的速度为

$$v_A = \omega r_A = \frac{l}{4}\sqrt{\frac{24g}{7l}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{6gl}{7}}.$$

竖直位置,重力矩为零,角加速度为零,A 端无切向加速度,只有法向(向心)加速度,其大小为

$$a_n = \omega^2 r_A = \frac{l}{4}\times\frac{24g}{7l} = \frac{6g}{7}.$$

1-18 一飞轮的质量 $m=200$ kg,在恒力矩的作用下,由静止开始转动. 经过 10.0 s 后,飞轮的转速为每分钟 120 转. 设飞轮的质量可以看作均匀分布在半径 $R=0.50$ m的轮缘上,求力矩的大小.

解: 根据恒力矩做功的公式及转动动能定理得

$$M\theta = \frac{1}{2}I\omega^2 - \frac{1}{2}I\omega_0^2 = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}mR^2\omega^2,$$

对于从静止开始的匀加速转动,其转过的角位移为

$$\theta = \frac{1}{2}\beta t^2 = \frac{1}{2}\omega t = \frac{1}{2}\times\frac{120\times 2\pi}{60}\times 10 = 20\pi \text{ rad},$$

因此

$$M=\frac{\frac{1}{2}mR^2\omega^2}{\theta}=\frac{1}{2}\times 200\times 0.5^2\times\frac{(4\pi)^2}{20\pi}\approx 62.83\ \mathrm{N\cdot m}.$$

1-19 长为 $2l$,质量为 m 的均匀细棒放置在光滑水平面上,可绕过棒的质心并与水平面垂直的轴转动,轴承光滑,现有一质量为 m 的子弹以速度 v_0 沿水平面垂直入射至距棒的端点为 $\frac{l}{4}$ 处,并停留在棒内,问:棒和子弹绕竖直轴的角速度等于多少? 系统损失的能量为多少?

解: 依题意,合外力矩为零,系统角动量守恒.

初始时系统的角动量仅为子弹绕杆的中点转动的角动量,

$$L_0=mv_0\frac{3}{4}l,$$

入射后系统的角动量为子弹和棒同时绕杆的中点转动的角动量的和,

$$L=I\omega,$$

其中,

$$I=I_{棒}+I_{子弹}=\frac{1}{12}m(2l)^2+m\left(\frac{3}{4}l\right)^2,$$

根据角动量守恒定律,则有

$$\frac{3}{4}mv_0l=\left(\frac{1}{3}ml^2+\frac{9}{16}ml^2\right)\omega,$$

得

$$\omega=\frac{\frac{3}{4}mv_0l}{\frac{1}{3}ml^2+\frac{9}{16}ml^2}=\frac{\frac{3}{4}v_0}{\frac{43}{48}l}=\frac{36v_0}{43l}.$$

系统初始总能量为

$$E_{k1}=\frac{1}{2}mv_0^2,$$

系统末态总能量为

$$E_{k2}=\frac{1}{2}I\omega^2,$$

系统能量损失为