〔苏〕I·E·伊罗托夫 著

普通物理学习题集

陈彩廷 雷仕湛 译

四川大学出版社

高等学校教学参考书

普通物理习题集

〔苏〕I·E·伊罗托夫 著

陈彩廷 雷仕湛 译

仲容生 胡皓全 校

四川大学出版社

1987年7月

内　容　介　绍

这个“普通物理习题集”收集的范围涉及了整个物理学的主要领域：力学、热力学、分子物理学、电动力学、振动和波、光学、原子物理学和核物理学。

全书收集近2000个习题，在每节开头扼要地列出了本问题涉及到的原理和公式。在书的后部给出了全部习题的答案。对一些难度较大的题给予了简单解释（或提示）。在书的末尾列出了三角函数表、对数表、常见微积分和物理量等30个表，以给读者在解题时提供方便。

本书对综合性大学、理工科大学、中等专业学校以及夜大、职大的师生在讲授和学习普通物理过程中都有一定参考价值。

I・E・Irodov
Problems in General Physics
Second Printing 1983

普通物理习题集

〔苏〕I・E・伊罗托夫
陈彩廷　雷仕湛　译
仲容生　胡皓全　校

*

四川大学出版社出版（四川大学校内）
四川省新华书店发行　成都农垦总公司印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米1/16　印张：18.8　字数：430千
1987年10月第一版　1987年10月第一次印刷
印数：0,001——5,000册
标准书号：ISBN 7—5614—0008—X/O・2
统一书号：13404・16　定价：2.58元

译 者 前 言

“普通物理习题集”这本书是我们从I.E.伊罗托夫教授编著的、1983年莫斯科科学出版社出版的英文版本翻译过来的。作者从五十年代起就从事普通物理的编著工作，出版过几本其它习题集。本书是作者经过近20年的收集整理编写成的，是一本很有参考价值的参考书。本书用俄文出版过三版。曾翻译成英文、波兰文和法文出版；最近又翻译成阿拉伯文和越南文出版发行。现在的中文版本出版，无疑对我国和其它使用中文的国家和地区的读者是有所帮助的。如果达到这一目的我们就感到快慰。

在本书中的译名，全部采用国家名词委员会定的标准译名，这可能跟各教科书和各校老师习惯使用的名词有些出入。敬请读者在选用过程中注意。

由于我们的水平有限，错误和遗漏在所难免，望读者提出宝贵意见，我们表示衷心感谢。

本书的前四章由陈彩廷翻译，五、六章由雷仕湛翻译；三、四和五章由仲容生校，一、二和六章由胡皓全校。

本书在选题、翻译、审校编辑出版过程中得到了杨守智同志具体指导和有益的帮助，在此一并致谢。

1987年10月于上海

绪　　言

这本习题集是1975年出版的由I.E.伊罗托夫，I.V.萨韦利耶夫和O.I.扎姆希编著的“普通物理习题集”的修订版。修订的地方相当多，以至于完全可以把这本习题集看作一本新书。第二章（热力学和分子物理学），第三章（电动力学）和第六章（原子物理学和核物理学）作了彻底的更改；对全书的内容作了重新编排；并增加了第四章（振动和波）；更改了许多习题，增加了大约500个新习题。

为了学习的方便，在每一节的开头列举出了物理领域中相应部分的基本公式。作为惯例，所列出的公式没有详细说明，认为解题的学生是已经了解公式中出现的物理量的意义，只有在可能会产生误会的情况下才给予说明。

在正文和答案中列举出的各公式，除第六章用高斯单位制外，其余均是用国际单位制。因此应充分注意到按照近似规则和数值准确度给出物理量的数据和答案。

最后，我深诚感谢I.V.萨韦利耶夫教授在完成本书手稿过程中所给予的大量帮助和关心；感谢全体同志和对有关各题提出自己意见，并帮助改进其内容的读者。

I.E.伊罗托夫

解题的几点建议

1．首先要熟悉附录中所列各表，因为很多习题没有这些是不能解的。此外，在这些表中所列的参考资料会大大地减轻你的工作并节省时间。

2．在开始解题时，要注意题义和问题的提法，确定出全部解题的数据，然后进行解题。缺少的数据可在附录的表中查出。有可能的话，可用图解说明本题题义，在很多情况下，这会明显地简化解题手续。

3．通常是用普通的形式（即用字母表示）给出每一习题的解，以便用已知的量表示出所要求的量。用普通形式表示解非常有价值，因为这样一来可以使得所寻求的量与给出的数据之间的关系更为清楚。此外，用普遍的形式给出的答案在很大程度上可以判断其解本身的正确性（参看以下的一项）。

4．用普遍形式给出解，可以检查它的量纲是否正确。量纲错的话，这个解必然也是错误的。如果可能的话，可以分析一下在某些极其特殊情况下解的性质。例如，不论两个大物体之间相互作用的引力公式表示成什么形式，随着两个物体之间的距离增大，它一定会转变为已知的两个质点的引力相互作用定律，否则立刻就可以肯定：其解是不正确的。

5．开始运算时，必须记住物理量的数值是近似的。因此，在计算时，要善于利用近似值，特别是在所列出的量值和答案中应当注意近似规则和数值的精确度。

6．如得到的是数字答案，要估计它的合理性，在某些时候这样的估计可以发现所得结果的误差。例如，人扔出的石头飞出的距离不可能达到1km，物体的速度不可能比真空中的光速还大，等等。

书中使用的符号

矢量用黑体字表示，例如$\mathbf{r}$，$\mathbf{F}$，用相同的细体字母（r，F）表示矢量的模数。

单位矢量：

$\mathbf{i}$，$\mathbf{j}$，$\mathbf{k}$是直角坐标x，y，z的单位矢量（有时用$\mathbf{e}_x$，$\mathbf{e}_y$，$\mathbf{e}_z$表示）；

$\mathbf{e}_\rho$，$\mathbf{e}_\varphi$，$\mathbf{e}_z$是园柱坐标ρ，φ，z的单位矢量；

$\mathbf{n}$，$\boldsymbol{\tau}$是法线和切线的单位矢量。

量的平均值用括号“$\langle\ \rangle$”标出，例如$\langle \mathbf{v}\rangle$，$\langle P\rangle$。

在物理量前加上符号Δ，d和 δ分别表示：

Δ表示物理量的有限增量，例如$\Delta\mathbf{r}=\mathbf{r}_2-\mathbf{r}_1$，$\Delta U=U_2-U_1$，

d表示微分（无限小的增量），例如$d\mathbf{r}$，dU，

δ是表示物理量的无穷小量，例如 δA 表示无穷小功。

任意函数f的时间导数用df/dt或在函数符号上加一点$\dot{f}$表示。

矢量符号∇（“微分算子”），该符号通常表示如下的运算：

$\nabla\varphi$ 为 φ的梯度（grad φ）；

$\nabla\cdot\mathbf{E}$为$\mathbf{E}$的散度（div$\mathbf{E}$）；

$\nabla\times\mathbf{E}$为$\mathbf{E}$的旋度（rot$\mathbf{E}$）。

多重积分只用一个符号$\int$表示，并用积分元来区别：dV是体积元，dS是面积元，$d\mathbf{r}$是线元；符号$\oint$表示沿闭合面或沿闭合迴路积分。

目　　录

第一章 力学的物理基础

1.1 机械运动学

• 质点的速度和加速度的矢量平均值：

$$\langle \mathbf{v} \rangle = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}, \quad \langle \mathbf{w} \rangle = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}, \tag{1.1a}$$

式中$\Delta \mathbf{r}$是位移矢量（径矢增量）。

• 质点的速度和加速度：

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}, \quad \mathbf{w} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}。 \tag{1.1b}$$

• 质点在轨迹的切线和法线上的投影加速度：

$$w_\tau = \frac{dv_\tau}{dt}, \quad w_n = \frac{v^2}{R}, \tag{1.1c}$$

式中R是该点上轨迹的曲率半径。

• 质点经过的距离：

$$s = \int v\, dt, \tag{1.1d}$$

式中v是质点的矢量模数。

• 固体的角速度和角加速度：

$$\boldsymbol{\omega} = \frac{d\boldsymbol{\varphi}}{dt}, \quad \boldsymbol{\beta} = \frac{d\boldsymbol{\omega}}{dt}。 \tag{1.1e}$$

• 对旋转着的固体，其线量和角量之间的关系：

$$\mathbf{v} = [\boldsymbol{\omega}\mathbf{r}], \quad w_n = \omega^2 R, \quad |\omega_\tau| = \beta R, \tag{1.1f}$$

式中$\mathbf{r}$是观察点相对于轴旋转上任意一点的径矢；R是离旋转轴的距离。

1.1 汽艇沿河向下游运动，在A点遇到了木筏，经过$\tau = 60$min后返回，离A点距离$l = 6.0$km处又与木筏相遇。假设汽艇引擎功率不变，求水流的速度。

1.2 质点以速度v_0走完了路程的一半，余下的一半路程，在一半时间里以速度v_1运动，而后一半时间用速度v_2运动，求质点在整个运动时间里的平均速度。

1.3 一辆汽车以加速度$w = 5.0\text{m/s}^2$沿一条直路运动（初速度等于零）然后作匀速运动，最后以同样的加速度w作减速运动直到停止。运动的全部时间$\tau = 25$s，平均速度

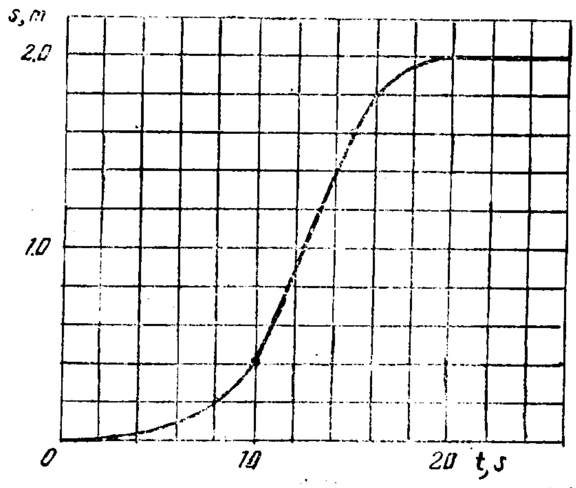

图1.1

$\langle v\rangle=72km/h$。问汽车作匀速运动的时间是多长？

1.4 质点在一个方向沿直线运动，图1.1给出了质点经过的距离S与时间t的函数关系。试用此图求：

（a）质点在运动期间的平均速度；

（b）最大速度；

（c）其瞬时速度等于在最初的t_0秒内的平均速度的时刻t。

（d）前10秒以及前16秒的平均加速度。

1.5 两个粒子1和2，以恒定的速度$\mathbf{v}_1$和$\mathbf{v}_2$运动，在开始瞬间它们的径矢分别为$\mathbf{r}_1$和$\mathbf{r}_2$。试问这四个矢量之间应取怎样的关系时这两个粒子才会发生碰撞？

1.6 一艘海轮沿赤道以后$v_0=30km/h$的速度向东行驾，吹的东南风与赤道的夹角$\varphi=60°$，风速$v=15km/h$，试在以与海轮相连的参考系中求风相对海轮的速度v'和赤道与风向之间的夹角φ'。

1.7 两个游泳者从河的一岸边上的A点出发向对岸上的B点游去，其中一个人沿AB直线游过去，而另一个人先与水流方向垂直游去，然后以速度u沿河岸步行一段路程才到B点，步行的这段路是水流将他飘走过的距离。设水流速$v_0=2.0km/h$，每个游泳者相对水流的速度$v'=2.5km/h$。试问步行速度为何值时，两个游泳者同时达到B点。

1.8 两艘小船A和B离开河中心上的浮标沿相互垂直的方向直线行驶，船A顺着河行驶，而船B横向行驶，当离开浮标相同的距离时返回。如果每条船相对于水的速度是水流速的1.2倍，求两小船行驶的时间比τ_A/τ_B。

1.9 小船相对于水的运动速度为水流速度的一半，试问小船的航向与水流方向成多大的角度时才使小船偏航最小？

1.10 两个物体同时从同一点抛出：一个垂直向上，另一个物体与地平线成$\theta=60°$角，每个物体的初速$v_0=25m/s$。忽略空气的阻力，求$t=1.70s$之后两物体之间的距离。

1.11 两个粒子在均匀重力场中以重力加速度g运动。在初始瞬间它们处在同一点上，并分别以初速度$v_1=3.0m/s$和$v_2=4.0m/s$沿水平相反方向运动。求两粒子的速度矢量变成相互垂直的瞬间它们之间的距离。

1.12 处于边长为a的等边三角形顶点上的三个质点，同时以恒定速度模数v开始运动，第一个质点运动方向指向第二个质点，第二个质点运动方向指向第三个质点，第三个质点运动方向指向第一个质点，问经过多长时间以后三个质点相遇？

1.13 质点A以速度v作匀速运动，全部时间内矢量$\mathbf{v}$"指向"质点B，而质点B以速度$u<v$作直线运动。开始瞬间$\mathbf{v}\perp\mathbf{u}$，两质点相距$l$。问经过多久它们相遇？

1.14 长$l=350m$的列车以恒定加速度$w=30.10^{-2}m/s^2$沿铁路直线运动。运动开始$t=30s$后打开火车头的前灯（事件1），此后经过$\tau=60s$又打开列车尾部的信号灯（事件2）。求在与列车和地球相关的参考系统中这两次事件之间的距离；其参考系统K必须以相对于地球多大的恒定速度运动才使得在此座标系中这两事件在同一点发生？

1.15 电梯房中地板到天花板的距离等于2.7m，以恒定加速度$1.2m/s^2$上升，上升开始后经过2.0s从电梯房天花板上掉下一螺栓。求：

(a)螺栓自由下落的时间；

(b)在相对于电梯房通道固定的参考系统中，此螺栓在自由下落期间经过的位移和距离。

1.16 两个粒子1和2，以恒定速度v_1和v_2沿两条相互垂直的直线向交点O运动，在$t=0$的瞬间，这两个粒子与O点的距离分别为l_1和l_2。试问经过多长时间这两个粒子间的距离最小？最小距离等于多少？

1.17 从处于公路上的A点出发，汽车必须在尽可能短的时间内到达与公路相距l处的广场的B点（如图1.2）。已知汽车在广场中行驶的速度为在公路上速度的$1/\eta$倍，试问汽车应该在离D点多远的距离处转弯？

1.18 质点沿x轴运动，它的投影速度v_x作为时间的函数，如图1.3的曲线所示。假定在$t=0$瞬间，质点的坐标$x=0$。试画出加速度w_x、坐标x和通过的路径s与时间的关系曲线。

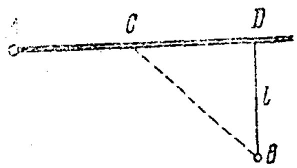

图 1.2

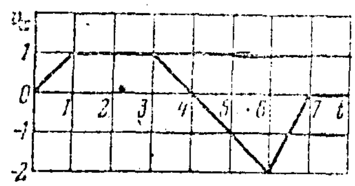

图 1.3

1.19 质点在$\tau=10.0$s期间通过了半径$R=160$cm的园的一半。试计算在这段时间里如下物理量的平均值：

（a）平均速度$\langle v\rangle$；

（b）平均速度矢量的模数$|\langle \mathbf{v}\rangle|$；

（c）如果质点以重力加速度运动，求合加速度平均矢量的模数$|\langle \mathbf{w}\rangle|$。

1.20 粒子的径矢随时间t按照$\mathbf{r}=\mathbf{a}t(1-\alpha t)$的规律变化，式中$\mathbf{a}$是常矢量，$\alpha$是正常数。求：

（a）粒子的速度$\mathbf{v}$和加速度$\mathbf{w}$与时间的函数关系；

（b）粒子回到出发点的时间间隔Δt，以及在这段时间内经过的距离s。

1.21 在$t=0$瞬间粒子从坐标原点开始向x轴的正向运动，运动速度是$\mathbf{v}=\mathbf{v}_0(1-t/\tau)$，式中$\mathbf{v}_0$是初速度矢量，其模数$v_0=10.0$cm/s，$\tau=5.0$s。求：

（a）粒子在6.0s、10s和20s时刻的x坐标；

（b）粒子位于离坐标原点10.0cm处的时刻；

（c）粒子在前4.0s和8.0s通过的路程s；并作出$s(t)$简图。

1.22 粒子以速度$v=\alpha\sqrt{x}$运动，沿x轴的正向式中α是正常数，假定在$t=0$的瞬间粒子位于$x=0$点上。求：

（a） 粒子速度和加速度与时间的关系；

（b） 粒子在经过路程s米这段时间内的平均速度。

1.23 质点以减加速度沿直线运动，减加速度的模数与它的速度v有关：$w=a\sqrt{v}$，式中a是正常数，在初始瞬间质点的速度等于v_0。试问粒子经过多长的距离才停止？经过这段距离需多长的时间？

1.24 质点A相对于坐标原点的径矢与时间的关系$\mathbf{r}=at\mathbf{i}-bt^2\mathbf{j}$，式中$a$和$b$是正常数，$\mathbf{i}$和$\mathbf{j}$分别是$x$轴和$y$轴的单位矢量。求：

（a）质点轨迹方程$y(x)$；并作出它的曲线图；

（b）速度矢量$\mathbf{v}$和加速度矢量$\mathbf{w}$及它们的模数与时间的关系；

（c）矢量$\mathbf{w}$和$\mathbf{v}$之间的夹角α与与时间的关系；

（d）在最初的t秒内的平均速度矢量及其模数。

1.25 质点在xy平面内按照$x = at$，$y = at(1 - \alpha t)$规律运动，式中a和α是正常数，t是时间，求：

（a）质点的轨迹方程$y(x)$；绘出它的曲线图；

（b）质点的速度和加速度的与时间的函数关系；

（c）速度矢量与加速度矢量的夹角为$\pi/4$的时刻t_0。

1.26 质点在xy平面内按照$x = a\sin\omega t$，$y = a(1 - \cos\omega t)$的规律运动，式中a和ω是正常数。求：

（a）质点在t时间内经过的距离；

（b）质点的速度和加速度矢量之间的夹角。

1.27 质点在xy平面以内以恒定加速度运动的运动方向沿y轴反方向，质点的轨迹方程形式为$y = ax - bx^2$，式中a和b是正常数。求粒子在坐标原点上的速度。

1.28 一个不大的物体，以初速$\mathbf{v}_0$与水平线成一角度扔出。忽略空气的阻力，求：

（a）物体位移的时间函数$\mathbf{r}(t)$；

（b）在前t秒时间整段运动时间内的平均速度矢量$\langle\mathbf{v}\rangle$。

1.29 把物体以初速v_0从地球表面与水平线成α角扔出。忽略空气的阻力，求：

（a）运动时间；

（b）飞行的最大高度和水平距离；角度α为何值时高度和水平距离相等？

（c）轨迹方程$y(x)$，式中y和x分别为物体的垂直和水平位移；

（d）轨迹的始点和顶点的曲率半径。

1.30 根据上题的条件，绘出法向和切向加速度矢量的模数w_n和w_t，以及合加速度矢量在速度矢量方向上的投影w_v与时间的关系曲线。

1.31 一个小球以初速为零下落到与水平面成α角的光滑斜面上。假定降落的距离为h，小球弹性地弹离斜面。问小球第二次弹回时离碰撞点的距离是多少？

1.32 炮和目标处在同一水平面上，相隔距离为5.10km。试问初速为240m/s的炮弹在没有空气阻力的情况下经过多长时间到达目标？

1.33 炮连续发射出初速$v_0 = 250$m/s的两颗炮弹：两颗炮弹与水平线的夹角分别为$\theta_1 = 60°$和$\theta_2 = 45°$（方位角相同）。假定忽略空气阻力，求引起两颗炮弹发生相碰的两次发射时间间隔。

1.34 气球从地面升起，上升速度v_0不变。由于有风，气球的水平速度分量$v_x = ay$，式中a是常数，y是上升的高度，求以下各量与上升高度的关系：

（a）气球的水平漂移量$x(y)$；

（b）气球的合加速度、切向加速度和法向加速度。

1.35 粒子在xy平面内以速度$\mathbf{v} = a\mathbf{i} + bx\mathbf{j}$运动，式中$\mathbf{i}$和$\mathbf{j}$分别是$x$轴和$y$轴的单位矢量，$a$和$b$是常数。初始瞬间粒子位于$x = y = 0$点，求：

（a）粒子的轨迹方程$y(x)$；

（b）轨迹曲率半径与x的函数关系。

1.36 粒子A在某一方向上以切向加速度$w_\tau = \mathbf{a}\tau$沿给定的轨迹运动，式中$\mathbf{a}$是与x轴方向一致的常矢量(图1.4)而τ是与该点上速度矢量的方向一致的单位矢量。如果在$x=0$点的速度小到可以忽略，试求粒子的速度与x的关系。

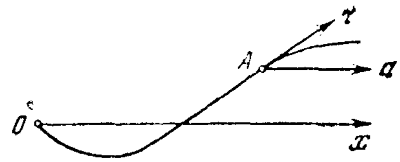

图 1.4

1.37 质点以速度$v = at$作园周运动，式中$a = 0.50\text{m/s}^2$。求它开始运动之后经过$n = 0.10$个园周长时质点的总加速度。

1.38 质点沿半径R的园周作减速运动，在任何时刻它的切向和法向加速度的模数相等，在初始$t=0$的瞬间质点的速度等于v_0。求：

(a) 质点速度与时间及通过的距离s的函数关系；

(b) 质点总加速度与速度和通过的距离的函数关系。

1.39 质点A沿着半径为R的园弧运动。其速度与经过的距离s的关系是$v = a\sqrt{s}$，式中a是常数。求总加速度矢量和速度矢量之间的夹角α与s的函数关系。

1.40 粒子沿半径为R的园弧运动，运动规律为$l = a\sin\omega t$，式中l是从初始位置出发沿着园弧测量出的位移，a和ω是常数。设$R = 1.00\text{m}$，$a = 0.80\text{m}$和$\omega = 2.00\text{rad/s}$，求：

(a) 在点$l = 0$和$l = \pm a$上粒子的总加速度的大小；

(b) 总加速度的极小值w_{min}以及相应的位移l_m。

1.41 质点在平面上运动，它的切向加速度$w_\tau = a$法向加速度$w_n = bt^4$，式中a和b是正常数，t是时间，在$t = 0$时刻质点静止。求质点轨迹的曲率半径和它的总加速w与通过的距离s的关系。

1.42 粒子以恒定模数v在平面上运动的轨迹为$y(x)$。如果轨迹形式是：

(a) 抛物线$y = ax^2$；

(b) 椭园$(x/a)^2 + (y/b)^2 = 1$，这里a和b是常数。求粒子在$x = 0$点上的加速度和在该点上轨迹的曲率半径。

1.43 粒子A沿半径$R = 50\text{cm}$的圆运动，其矢径$\mathbf{r}$以恒定角速度$\omega = 0.40\text{rad/s}$相对于$O$点(图1.5)转动。求粒子速度的模数，总加速度的模数和方向。

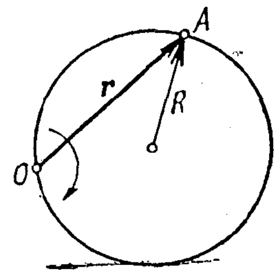

图 1.5

1.44 滑轮绕固定轴旋转，旋转角度φ随时间而变化：$\varphi = at^2$，式中$a = 0.20\text{rad/s}^2$。如果在$t = 2.5\text{s}$时质点A的线速度$v = 0.65\text{m/s}$。求在此瞬间滑轮边缘上点A的总加速度w。

1.45 炮弹在炮管内作$n = 2.0$的旋转，然后以$v = 320\text{m/s}$的初速度飞出，炮管长$l = 2.0\text{m}$。假定炮弹在炮管内以等加速度运动，求在炮弹飞出瞬间绕轴旋转的角速度。

1.46 刚体绕固定轴转动，转动角遵守$\varphi = at - bt^3$规律，式中$a = 6.0\text{rad/s}, b = 2.0\text{rad/s}^3$求：

(a) 在从$t = 0$到停止这段时间间隔内角速度和角加速度的平均值；

(b) 物体停止转动瞬间的角加速度。

1.47 刚体绕固定轴以角加速度$\beta = at$转动，式中$a = 2.0 \cdot 10^{-2}\text{rad/s}^3$。问旋转开始之后经过多长时间，任意点的总加速度矢量与它的速度矢量成$\alpha = 60°$角？

1.48 刚体绕定轴以角减速度$\beta \propto \sqrt{\omega}$旋转，式中$\omega$是角速度。假定在初始瞬间它的角速度等于$\omega_0$。求在整个旋转时间内刚体的平均角速度。

1.49 刚体绕定轴旋转，它的角速度与转动角φ有以下关系：$\omega=\omega_0-a\varphi$。式中ω_0和a为正的常数，在$t=0$的时刻角$\varphi=0$。求：

（a）转动角度与时间的关系；（b）角速度与时间的关系。

1.50 刚体以角加速度$\boldsymbol{\beta}=\boldsymbol{\beta}_0\cos\varphi$绕定轴转动，式中$\boldsymbol{\beta}_0$是常矢量，$\varphi$是从初始位置转过的角度。求刚体的角速度与角度$\varphi$的关系；绘出这个关系的曲线图。

1.51 旋转着的圆盘（图1.6）沿x轴的正向运动。求在下列条件下表征旋转轴瞬时位置的方程$y(x)$。假设在初始瞬间圆盘的中心轴C位于点O，过了O点之后C轴：

（a）以恒定速度v运动，同时圆盘开始以恒定的角加速β沿反时针方向旋转（初始角速度等于零）；

（b）以恒定加速度w（初速度为零）运动，同时圆盘以恒定角速度ω沿反时针方向旋转；

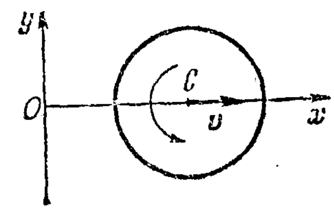

图 1.6

1.52 在半径$R=0.50$m轮缘上的A点，轮子沿水平表面以速度$v=1.00$m/s 无滑动的滚动，求：

（a）A点的加速度矢量的模数和方向；

（b）A点在前后两次接触表面的时间内经过的距离s。

1.53 半径$R=10.0$cm的滚珠无滑动地沿斜面滚下，它的中心以恒定加速度$w=2.50$ cm/s^{2}运动。开始运动后$t=2.00$s其位置如图1.7所示。求：

（a）A、B和O点的速度；

（b）这些点的加速度。

1.54 圆柱体沿水平面无滑动的滚动，此圆柱体的半径等于r。求A点和B点运动轨迹的曲率半径（参看图1.7）。

1.55 两个刚体绕两个相互正交的固定轴以恒定角速度$\omega_1=3.0$rad/S和$\omega_2=4.0$rad/s旋转。求一个刚体相对另一个刚体的角速度和角加速度。

1.56 刚体以角速度$\boldsymbol{\omega}=at\mathbf{i}+bt^2\mathbf{j}$旋转，式中$a=0.50$rad/s^2，$b=0.060$rad/s^3，$\mathbf{i}$和$\mathbf{j}$分别是$x$轴和$y$轴的单位矢量。求：

（a）在$t=10.0$s瞬间角速度和角加速度的模数；

（b）在此瞬间角速度和加速度之间的夹角。

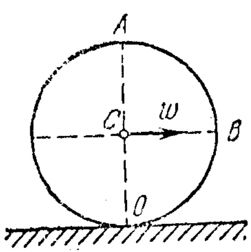

图 1.7

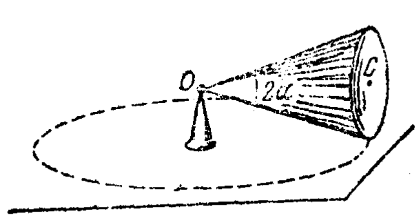

图 1.8

1.57 半张角$\alpha=30°$和底半径$R=5.0$cm的圆锥体沿水平面无滑动地均匀滚动，如图1.8所示。圆锥的顶点始终固定于O点，O点与圆锥底面中心点C处于同一平面上，C点的速度

$v=10.0\mathrm{cm/s}$。求：

（a）圆锥体角速度矢量的模数以及这个矢量与垂线的夹角；

（b）圆锥体角加速度矢量的模数。

1.58 刚体以恒定角速度$\omega_0=0.50\mathrm{rad/s}$绕水平轴$AB$转动，在 $t=0$时刻AB轴开始以恒定角加速度 $\omega_0=0.10\mathrm{rad/s^2}$绕垂线旋转。求经过$t=3.5\mathrm{s}$后刚体的角速度和角加速度。

1.2 动力学的基本方程

• 质点动力学的基本方程（牛顿第二定律）：

$$m\frac{d\mathbf{v}}{dt}=\mathbf{F}。\qquad (1.2\mathrm{a})$$

• 同一质点的轨迹方程在轨迹切向和法向的投影表示式：

$$m\frac{dv_\tau}{dt}=F_\tau,\qquad m\frac{v^2}{R}=F_n。\qquad (1.2\mathrm{b})$$

• 在非惯性K'参考系统中质点的动力学方程。该参考系以恒定角速度ω绕以加速度$\mathbf{w}_0$平动的轴转动：

$$m\mathbf{w}'=\mathbf{F}-m\mathbf{w}_0+m\omega^2\mathbf{R}+2m[\mathbf{v}'\mathbf{w}],\qquad (1.2\mathrm{c})$$

式中$\mathbf{R}$是质点相对K'参考系的旋转轴的径矢。

1.59 质量为m的气球以恒定加速度w下降，为了使气球得到同样大小的朝上的加速度，应当扔掉压载物，试确定被扔掉的压载物质量。假定空气的阻力可以忽略不计。

1.60 在图1.9所示的装置中，物体的质量m_0、m_1、m_2相等，滑轮和绳的质量小到可以忽略不计，滑轮没有摩擦力。假定这些物体与水平面之间的摩擦系数等于k，试求物体m_0下降的加速度$\mathbf{w}$；连接物体m_1和m_2的绳的张力。并分析可能的情况。

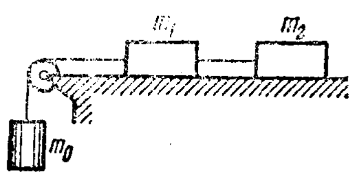

图 1.9

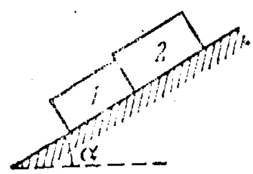

图1.10

1.61 在与水平面组成α角的斜面上放置了两块相邻的方木1和2（图1.10）。方木的质量分别等于m_1和m_2斜面和方木之间的摩擦系数分别为k_1和k_2，其中$k_1>k_2$，求：

（a）在运动过程中方木之间的相互作用力；

（b）它们刚开始滑动时α角的最小值。

1.62 将小物体沿着与水平面成$\alpha=15°$角的斜面自下向上牵引。假设物体上行的时间比下行的时间小$\eta=2.0$倍，求摩擦系数。

1.63 在图1.11中，巳知斜面与水平方向的夹角为α，物体m_1和斜面间的摩擦系数为k。滑轮和线的质量以及滑轮的摩擦力可以忽略不计，在初始瞬间两个物体均处于静止状态。试求物体m_2在如下的情况下的质量比m_2/m_1：