普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教辅

《新编基础物理学》习题分析与解答

施昌勇　杨桂娟／主编

科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育"十一五"国家级规划教材配套教辅

《新编基础物理学》习题分析与解答

主　编　施昌勇　杨桂娟

副主编　李　辉　刘国营　滕　琴

参　编　邱明辉　唐德龙　李庆福　于景梅

科学出版社

北　京

内 容 简 介

本书是普通高等教育"十一五"国家级规划教材《新编基础物理学》(王少杰、顾牡主编)的配套教辅书.本书内容是对教材中的习题进行分析和解答.编者对习题中具体物理现象的剖析,使学生能够对相关的物理学基本概念和规律有进一步的认识,并能结合解题方法和技巧的介绍和运用,触类旁通、举一反三,以拓宽学生分析问题、解决问题的思路,从而在物理概念和规律的认识上产生新的飞跃.

本书适合于普通高等学校工科各专业学生学习使用,也可作为教师或相关人员的参考用书.

图书在版编目(CIP)数据

《新编基础物理学》习题分析与解答/施昌勇,杨桂娟主编.—北京:科学出版社,2009

普通高等教育"十一五"国家级规划教材配套教辅

ISBN 978-7-03-024527-4

Ⅰ.新… Ⅱ.①施…②杨… Ⅲ.物理学-高等学校-解题 Ⅳ.O4-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 066810 号

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

http://www.sciencep.com

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009 年 5 月第一次印刷 印张:14

印数:1—4 000 字数:330 000

定价:24.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈明辉〉)

前　言

本书是应广大师生的要求，针对王少杰、顾牡主编的普通高等教育"十一五"国家级规划教材《新编基础物理学》中的习题所作的分析与题解.

大学物理是理工类大学生必修的一门基础理论课，由于许多物理问题的概念性、理论性、技巧性较强，又需要以高等数学为工具，运用物理学的基本概念和规律去分析和解决问题，因此学生普遍反映这门课程较难掌握.

为适应培养新世纪具有扎实基础、富有创新意识和能力的各类专门应用人才的需要，本书试图通过对习题中具体物理问题的剖析，引导学生进一步认识相关的物理学基本概念和规律，并结合解题方法和技巧的介绍和运用，使学生能够触类旁通、举一反三，拓宽学生分析问题、解决问题的思路，从而在物理概念和规律的认识上产生新的飞跃. 希望本书能够对相关的读者有所帮助.

参加本书编写工作的有河南农业大学李辉，湖北汽车工业学院刘国营，上海第二工业大学滕琴，大连交通大学邱明辉，北京服装学院施昌勇、李庆福、于景梅，大连水产学院杨桂娟、唐德龙. 各位教师承担的编写工作如下：李辉第 1、2 章，刘国营第 3、4、6 章，滕琴第 5、10 章，邱明辉、李庆福、于景梅第 13 章，唐德龙第 11、12 章，施昌勇第 7、8、9 章，杨桂娟 14、15、16、17 章. 全书由主编施昌勇、杨桂娟统稿和定稿.

在本书的编写、出版过程中，始终得到同济大学王少杰、顾牡老师的关心和指导. 科学出版社的昌盛、胡云志编辑为本书的出版付出了辛勤的汗水，在此一并表示诚挚的谢意.

由于编者的学识水平有限，加之时间紧迫，虽经过多次审校，仍难免存在疏漏及不当之处，敬请专家、同行和读者指正.

编　者

2008 年 12 月于北京

目　录

前言
第 1 章习题 …… 1
第 2 章习题 …… 11
第 3 章习题 …… 39
第 4 章习题 …… 53
第 5 章习题 …… 64
第 6 章习题 …… 81
第 7 章习题 …… 93
第 8 章习题 …… 102
第 9 章习题 …… 116
第 10 章习题 …… 131
第 11 章习题 …… 147
第 12 章习题 …… 164
第 13 章习题 …… 168
第 14 章习题 …… 181
第 15 章习题 …… 186
第 16 章习题 …… 203
第 17 章习题 …… 212

第1章 习题

1-1 质点运动学方程为 $\boldsymbol{r}=a\cos(\omega t)\boldsymbol{i}+a\sin(\omega t)\boldsymbol{j}+bt\boldsymbol{k}$，其中 a,b,ω 均为正常数. 试求：质点速度和加速度与时间的关系式.

分析 由速度、加速度的定义，将运动方程 $\boldsymbol{r}(t)$ 对时间 t 求一阶导数和二阶导数，可得到速度和加速度的表达式.

解

$$\boldsymbol{v}=\mathrm{d}\boldsymbol{r}/\mathrm{d}t=-a\omega\sin(\omega t)\boldsymbol{i}+a\omega\cos(\omega t)\boldsymbol{j}+b\boldsymbol{k}$$

$$\boldsymbol{a}=\mathrm{d}\boldsymbol{v}/\mathrm{d}t=-a\omega^2[\cos(\omega t)\boldsymbol{i}+\sin(\omega t)\boldsymbol{j}]$$

1-2 一艘正在沿直线行驶的电艇，在发动机关闭后，其加速度方向与速度方向相反，大小与速度平方成正比，即 $\mathrm{d}v/\mathrm{d}t=-Kv^2$，其中 K 为常量. 试证明：电艇在关闭发动机后又行驶 x 距离时的速度为 $v=v_0\mathrm{e}^{-Kx}$. 其中 v_0 是发动机关闭时的速度.

分析 要求 $v=v(x)$ 可通过积分变量替换 $a=\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=v\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}x}$，然后积分即可求得.

证

$$\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}x}\cdot\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=v\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}x}=-Kv^2$$

$$\frac{\mathrm{d}v}{v}=-K\mathrm{d}x$$

$$\int_{v_0}^{v}\frac{1}{v}\mathrm{d}v=-\int_0^x K\mathrm{d}x$$

$$\ln\frac{v}{v_0}=-Kx$$

$$v=v_0\mathrm{e}^{-Kx}$$

1-3 一质点在 xOy 平面内运动，运动函数为 $x=2t, y=4t^2-8$. 求：

(1) 质点的轨道方程并画出轨道曲线；

(2) $t=1\mathrm{s}$ 和 $t=2\mathrm{s}$ 时质点的位置、速度和加速度.

分析 将运动方程 x 和 y 的两个分量式消去参数 t，便可得到质点的轨道方程. 写出质点的运动学方程 $\boldsymbol{r}(t)$ 表达式. 对运动学方程求一阶导、二阶导得 $\boldsymbol{v}(t)$ 和 $\boldsymbol{a}(t)$，把时间代入可得某时刻质点的位置、速度、加速度.

解　(1) 由 $x=2t$，得 $t=\frac{x}{2}$，代入 $y=4t^2-8$，可得 $y=x^2-8$，即轨道曲线. 画图略.

(2) 质点的位置可表示为

$$\boldsymbol{r}=2t\boldsymbol{i}+(4t^2-8)\boldsymbol{j}$$

由 $\boldsymbol{v}=\mathrm{d}\boldsymbol{r}/\mathrm{d}t$，则速度

$$\boldsymbol{v}=2\boldsymbol{i}+8t\boldsymbol{j}$$

由 $\boldsymbol{a}=\mathrm{d}\boldsymbol{v}/\mathrm{d}t$，则加速度

$$\boldsymbol{a}=8\boldsymbol{j}$$

则当 $t=1\mathrm{s}$ 时，有

$$\boldsymbol{r}=2\boldsymbol{i}-4\boldsymbol{j},\quad \boldsymbol{v}=2\boldsymbol{i}+8\boldsymbol{j},\quad \boldsymbol{a}=8\boldsymbol{j}$$

当 $t=2\mathrm{s}$ 时，有

$$\boldsymbol{r}=4\boldsymbol{i}+8\boldsymbol{j},\quad \boldsymbol{v}=2\boldsymbol{i}+16\boldsymbol{j},\quad \boldsymbol{a}=8\boldsymbol{j}$$

1-4　一质点的运动学方程为 $x=t^2$，$y=(t-1)^2$，x 和 y 均以 m 为单位，t 以 s 为单位.

(1) 求质点的轨迹方程；

(2) 在 $t=2\mathrm{s}$ 时质点的速度和加速度.

分析　同 1-3.

解　(1) 由题意可知 $x\geqslant 0$，$y\geqslant 0$，由 $x=t^2$，可得 $t=\sqrt{x}$，代入 $y=(t-1)^2$，整理得

$$\sqrt{y}=\sqrt{x}-1$$

即轨迹方程.

(2) 质点的运动方程可表示为

$$\boldsymbol{r}=t^2\boldsymbol{i}+(t-1)^2\boldsymbol{j}$$

则

$$\boldsymbol{v}=\mathrm{d}\boldsymbol{r}/\mathrm{d}t=2t\boldsymbol{i}+2(t-1)\boldsymbol{j}$$
$$\boldsymbol{a}=\mathrm{d}\boldsymbol{v}/\mathrm{d}t=2\boldsymbol{i}+2\boldsymbol{j}$$

因此，当 $t=2\mathrm{s}$ 时，有

$$\boldsymbol{v}=4\boldsymbol{i}+2\boldsymbol{j}(\mathrm{m/s}),\quad \boldsymbol{a}=2\boldsymbol{i}+2\boldsymbol{j}(\mathrm{m/s^2})$$

1-5　一质点沿半径为 R 的圆周运动，运动学方程为 $s=v_0t-\frac{1}{2}bt^2$，其中 v_0，b 都是常量.

(1) 求 t 时刻质点的加速度大小及方向；

(2) 在何时加速度大小等于 b；

(3) 到加速度大小等于 b 时质点沿圆周运动的圈数.

分析　由质点在自然坐标系下的运动学方程 $s=s(t)$，求导可求出质点的运动速率

$v=\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}$，因而，$a_\tau=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$，$a_\mathrm{n}=\frac{v^2}{\rho}$，$\boldsymbol{a}=a_\tau\boldsymbol{\tau}_0+a_\mathrm{n}\boldsymbol{n}_0$，$a=\sqrt{a_\tau^2+a_\mathrm{n}^2}$，当 $a=b$ 时，可求出 t，代入运动学方程 $s=s(t)$，可求得 $a=b$ 时质点运动的路程，$\frac{s}{2\pi R}$即为质点运动的圈数.

解 (1) 速率 $v=\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}=v_0-bt$，且 $\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=-b$

加速度

$$\boldsymbol{a}=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{\tau}_0+\frac{v^2}{\rho}\boldsymbol{n}_0=-b\boldsymbol{\tau}_0+\frac{(v_0-bt)^2}{R}\boldsymbol{n}_0$$

则大小

$$a=\sqrt{a_\tau^2+a_\mathrm{n}^2}=\sqrt{b^2+\left[\frac{(v_0-bt)^2}{R}\right]^2} \qquad ①$$

方向

$$\tan\theta=-\frac{(v_0-bt)^2}{bR}$$

(2) 当 $a=b$ 时，由①式可得

$$t=\frac{v_0}{b}$$

(3) 当 $a=b$ 时，$t=\frac{v_0}{b}$，代入 $s=v_0t-\frac{1}{2}bt^2$，可得

$$s=\frac{v_0^2}{2b}$$

则运动的圈数

$$N=\frac{s}{2\pi R}=\frac{v_0^2}{4\pi bR}$$

1-6 一枚从地面发射的火箭以 $20\mathrm{m/s^2}$ 的加速度竖直上升 0.5min 后，燃料用完，于是像一个自由质点一样运动，略去空气阻力. 试求：

(1) 火箭达到的最大高度；

(2) 它从离开地面到再回到地面所经过的总时间.

分析 分段求解：$0\leqslant t\leqslant 30\mathrm{s}$ 时，$a=20\mathrm{m/s^2}$，求出 v_1，x_1；$t>30\mathrm{s}$ 时，$a=-g$，求出 $v_2(t)$、$x_2(t)$. 当 $v_2=0$ 时，求出 t，x，根据题意取舍. 再根据 $x=0$，求出总时间.

解 (1) 以地面为坐标原点，竖直向上为 x 轴正方向建立一维坐标系，且在坐标原点时，$t=0\mathrm{s}$，且 0.5min$=30\mathrm{s}$，则当 $0\leqslant t\leqslant 30\mathrm{s}$，由 $a_x=\frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}$，得

$$\int_0^t a_x\mathrm{d}t=\int_0^{v_x}\mathrm{d}v_x,\quad a_x=20\mathrm{m/s^2},\quad v_x=20t\,\mathrm{m/s}$$

$t=30\mathrm{s}$ 时 $\qquad v_1=600\mathrm{m/s}$

由 $v_x=\dfrac{dx}{dt}$，得 $\int_0^{30} v_x dt = \int_0^{x_1} dx$，则

$$x_1 = 9000\text{m}$$

当火箭未落地，且 $t>30\text{s}$ 时，又有

$$\int_{30}^{t} a_{x_2} dt = \int_{v_1}^{v_{x_2}} dv_{x_2}, \quad a_{x_2} = -9.8\text{m/s}^2$$

则

$$v_{x_2} = 894 - 9.8t(\text{m/s})$$

且 $\int_{30}^{t} v_{x_2} dt = \int_{x_1}^{x} dx$，则

$$x = -4.9t^2 + 894t - 13410(\text{m}) \qquad ①$$

当 $v_{x_2}=0$，即 $t=91.2\text{s}$ 时，由①式得

$$x_{\max} \approx 27.4\text{km}$$

(2) 由①式可知，当 $x=0$ 时，$t\approx166\text{s}$，$t\approx16\text{s}<30\text{s}$（舍去）.

1-7　物体以初速度 20m/s 被抛出，抛射仰角 60°，略去空气阻力. 问：

(1) 物体开始运动后的 1.5s 末，运动方向与水平方向的夹角是多少？2.5s 末的夹角又是多少？

(2) 物体抛出后经过多少时间，运动方向才与水平成 45°角？这时物体的高度是多少？

(3) 在物体轨迹最高点处的曲率半径有多大？

(4) 在物体落地点处，轨迹的曲率半径有多大？

分析　(1) 建立坐标系，写出初速度 $\boldsymbol{v}_0$，求出 $\boldsymbol{v}(t)$，$\tan\theta$，代入 t 求解.

(2) 由(1)中的 $\tan\theta$ 关系，求出时间 t；再根据 y 方向的运动特征写出 $y(t)$，代入 t 求 y.

(3) 物体轨迹最高点处，$v_y=0$，且加速度 $a=a_n=\dfrac{v^2}{\rho}=g$，求出 ρ.

(4) 由对称性，落地点与抛射点的曲率相同 $a_n=g\cos\theta=\dfrac{v^2}{\rho}$，求出 ρ.

解　以水平向右为 x 轴正向，竖直向上为 y 轴正向建立二维坐标系.

(1) 初速度

$$\boldsymbol{v}_0 = 20\cos60°\boldsymbol{i} + 20\sin60°\boldsymbol{j} = 10\boldsymbol{i} + 10\sqrt{3}\boldsymbol{j}(\text{m/s})$$

加速度

$$\boldsymbol{a} = -9.8\boldsymbol{j}\,\text{m/s}^2$$

则任一时刻

$$\boldsymbol{v} = 10\boldsymbol{i} + (10\sqrt{3} - 9.8t)\boldsymbol{j}(\text{m/s}) \qquad ①$$

与水平方向夹角有

$$\tan\theta = \frac{10\sqrt{3}-9.8t}{10} \qquad ②$$

当 $t=1.5\text{s}$ 时

$$\tan\theta = 0.262, \quad \theta = 14°41'$$

当 $t=2.5\text{s}$ 时

$$\tan\theta = -0.718, \quad \theta = -35°41'$$

(2) 此时 $\tan\theta=1$,由②式得

$$t = 0.75\text{s}$$

高度

$$y = v_{y_0}t - \frac{1}{2}gt^2 = 10\sqrt{3}\times 0.75 - \frac{1}{2}\times 9.8\times 0.75^2 = 10.23(\text{m})$$

(3) 在最高处

$\boldsymbol{v}=10\boldsymbol{i}(\text{m/s})$, $v=10(\text{m/s})$, $a_n=\frac{v^2}{\rho}=g$

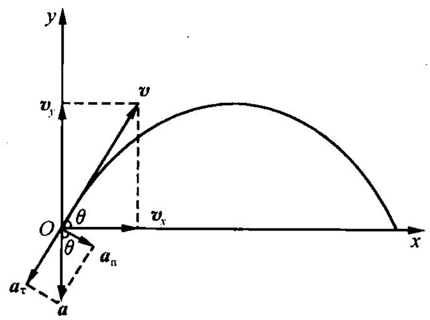
则

$$\rho = \frac{v^2}{g} = 10.2(\text{m})$$

(4) 由对称性,落地点的曲率与抛射点的曲率相同.由题图1-7可知

$$a_n = a\cos\theta = g\cos\theta = g\frac{v_x}{v} = g\frac{10}{20} = 4.9(\text{m/s}^2)$$

$$\rho = \frac{v^2}{a_n} = \frac{400}{4.9} = 82(\text{m})$$



题图1-7

1-8 应以多大的水平速度 v 把一物体从高 h 处抛出,才能使它在水平方向的射程为 h 的 n 倍?

分析 若水平射程 $vt=hn$,由 $h=\frac{1}{2}gt$ 消去 t,即得 $v(h)$.

解 设从抛出到落地需要时间 t,则从水平方向考虑

$$vt = hn$$

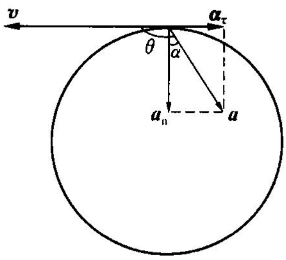
从竖直方向考虑 $h=\frac{1}{2}gt^2$,消去 t,则有

$$v = \frac{n}{2}\sqrt{2gh}$$

1-9 汽车在半径为400m的圆弧弯道上减速行驶,设在某一时刻,汽车的速

率为 10m/s，切向加速度的大小为 $0.2\mathrm{m/s^2}$. 试求：汽车的法向加速度和总加速度的大小和方向.

分析 由某一位置的 ρ、v 求出法向加速度 a_n，再根据已知切向加速度 a_τ 求出 a 的大小和方向.



题图 1-9

解 法向加速度的大小 $a_n=\dfrac{v^2}{\rho}=\dfrac{10^2}{400}=0.25(\mathrm{m/s^2})$，方向指向圆心.

总加速度的大小

$$a=\sqrt{a_\tau^2+a_n^2}=\sqrt{0.2^2+0.25^2}=0.32(\mathrm{m/s^2})$$

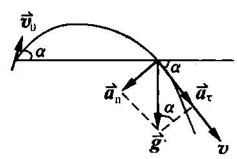
如题图 1-9

$$\tan\alpha=\frac{a_\tau}{a_n}=0.8,\quad \alpha=38°40'$$

则总加速度与速度夹角

$$\theta=90°+\alpha=128°40'$$

1-10 质点在重力场中做斜上抛运动，初速度的大小为 v_0，与水平方向成 α 角. 求：质点到达抛出点的同一高度时的切向加速度、法向加速度以及该时刻质点所在处轨迹的曲率半径(忽略空气阻力). 已知法向加速度与轨迹曲率半径之间的关系为 $a_n=v^2/\rho$.



题图 1-10

分析 运动过程中，质点的总加速度 $a=g$. 由于无阻力作用，所以回落到抛出点高度时质点的速度大小 $v=v_0$，其方向与水平线夹角也是 α. 可求出 a_n，如题图 1-10. 再根据关系 $a_n=v^2/\rho$ 求解.

解 切向加速度

$$a_\tau=g\sin\alpha$$

法向加速度

$$a_n=g\cos\alpha$$

因为 $a_n=\dfrac{v^2}{\rho}$，所以

$$\rho=\frac{v^2}{a_n}=\frac{v_0^2}{g\cos\alpha}$$

1-11 火车从 A 地由静止开始沿着平直轨道驶向 B 地，A，B 两地相距为 S. 火车先以加速度 a_1 做匀加速运动，当速度达到 v 后再匀速行驶一段时间，然后刹车，并以加速度大小为 a_2 做匀减速行驶，使之刚好停在 B 地. 求：火车行驶的时间.

分析 作 v-t 图，直线斜率为加速度，直线包围面积为路程 S.

解 由题意，作 v-t 图（题图 1-11），则梯形面积为 S，下底为经过的时间 t

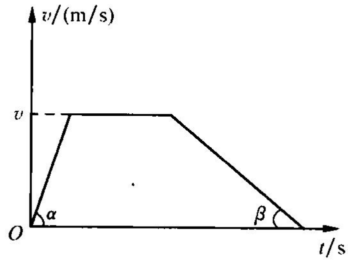
$$\tan\alpha = a_1,\quad \tan\beta = a_2$$

则

$$S = \frac{v}{2}[t + (t - v\cot\alpha - v\cot\beta)]$$

则

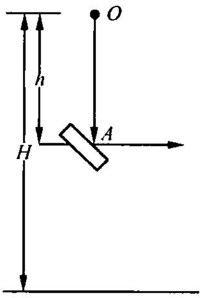
$$t = \frac{S}{v} + \frac{1}{2}v\left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2}\right)$$



题图 1-11

1-12 一小球从离地面高为 H 的 A 点处自由下落，当它下落了距离 h 时，与一个斜面发生碰撞，并以原速率水平弹出．问：h 为多大时，小球弹得最远？

分析 先求出小球落到 A 点的小球速度，再由 A 点下落的距离求出下落时间，根据此时间写出小球弹射距离 l，最后由极值条件求出 h．



题图 1-12

解 如题图 1-12，当小球到达 A 点时，有 $v^2 = 2gh$，则速度大小为

$$v = \sqrt{2gh}$$

设从 A 点落地的时间为 t，则有

$$H - h = \frac{1}{2}gt^2$$

则

$$t = \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}}$$

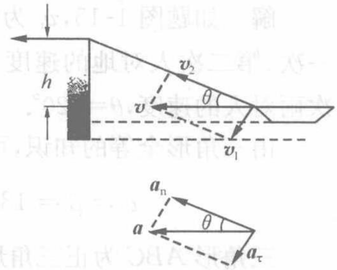
小球弹射的距离

$$l = vt = 2\sqrt{(H-h)h} = 2\sqrt{-h^2 + Hh}$$

则当 $h = \frac{1}{2}H$ 时，l 有最大值．

1-13 离水面高为 h 的岸上有人用绳索拉船靠岸，人以恒定速率 v_0 拉绳子．求：当船离岸的距离为 s 时，船的速度和加速度的大小．

分析 收绳子速度和船速是两个不同的概念．小船速度的方向为水平方向，由沿绳的分量与垂直绳的分量合成，沿绳方向的收绳的速率恒为 v_0．可以由 v_0 求出船速 v 和垂直绳的分量 v_1．再根据 $a_n = \frac{v_1^2}{\rho}$ 关系，以及 a_n 与 a 关系求解 a．



题图 1-13

解 如题图 1-13，$v_2 = v_0$，船速 $v = v_2\sec\theta$，当船离岸的

距离为 s 时

$$v = v_0 \frac{\sqrt{s^2+h^2}}{s}, \quad v_1 = v_2 \tan\theta = \frac{v_0 h}{s}$$

则

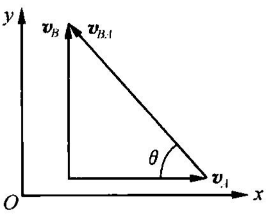
$$a_n = \frac{v_1^2}{\rho} = \frac{v_1^2}{\sqrt{s^2+h^2}} = a\cos\theta = a\,\frac{s}{\sqrt{s^2+h^2}}$$

即

$$a = \frac{v_0^2 h^2}{s^3}$$

1-14　A 船以 30km/h 的速度向东航行，B 船以 45km/h 的速度向正北航行．求：A 船上的人观察到的 B 船的速度和航向．

分析　关于相对运动，必须明确研究对象和参考系．同时要明确速度是相对哪个参考系而言．画出速度矢量关系图求解．



题图 1-14

解　如题图 1-14.

$$\boldsymbol{v}_A = 30\boldsymbol{i}\,\text{km/h}, \quad \boldsymbol{v}_B = 45\boldsymbol{j}\,\text{km/h}$$

B 船相对于 A 船的速度

$$\boldsymbol{v}_{BA} = \boldsymbol{v}_B - \boldsymbol{v}_A = 45\boldsymbol{j} - 30\boldsymbol{i}\,(\text{km/h})$$

则速度大小

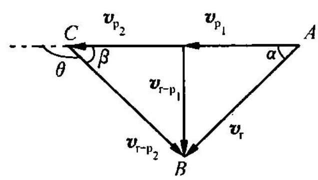
$$v_{BA} = \sqrt{v_B^2 + v_A^2} = 54.1\,\text{km/h}$$

方向 $\theta = \arctan\dfrac{v_B}{v_A} = 56.3°$，即西偏北 56.3°.

1-15　一个人骑车以 18km/h 的速率自东向西行进时，看见雨滴垂直落下，当他的速率增加至 36km/h 时，看见雨滴与他前进的方向成 120°角下落．求：雨滴对地的速度．

分析　相对运动问题，雨对地的速度不变，画速度矢量图由几何关系求解．

解　如题图 1-15，$\boldsymbol{v}_r$ 为雨对地的速度，$\boldsymbol{v}_{P_1}$，$\boldsymbol{v}_{P_2}$ 分别为第一次、第二次人对地的速度，$\boldsymbol{v}_{r-P_1}$，$\boldsymbol{v}_{r-P_2}$ 分别为第一次、第二次雨对人的速度，$\theta = 120°$.



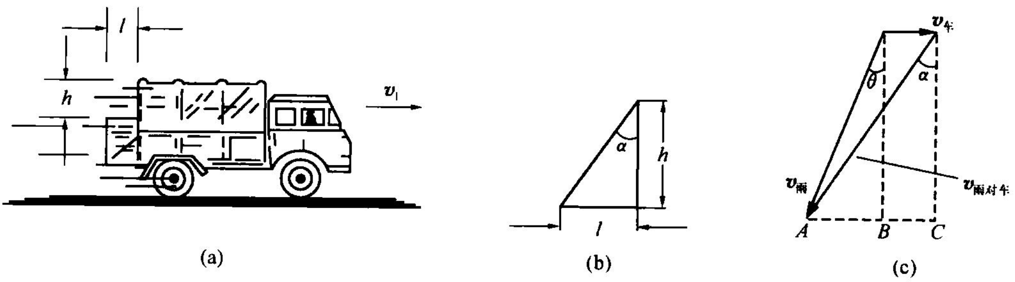
题图 1-15

由三角形全等的知识，可知

$$\alpha = \beta = 180° - 120° = 60°$$

三角形 ABC 为正三角形，则 $v_r = v_{P_2} = 36$km/h，方向竖直向下偏西 30°.

1-16 如题图 1-16(a)所示，一汽车在雨中以速率 v_1 沿直线行驶，下落雨滴的速度方向偏于竖直方向向车后方 θ 角，速率为 v_2，若车后有一长方形物体. 问：车速为多大时，此物体刚好不会被雨水淋湿？



题图 1-16

分析 相对运动问题，画矢量关系图，由几何关系求解.

解 如题图 1-16(b)，车中物体与车篷之间的夹角

$$\alpha = \arctan\frac{l}{h}$$

若 $\theta>\alpha$，无论车速多大，物体均不会被雨水淋湿；若 $\theta<\alpha$，如题图 1-16(c)，则有

$$v_车 = |BC| = |AC| - |AB|$$

$$= v_{雨对车}\sin\alpha - v_雨\sin\theta = v_雨\cos\theta\tan\alpha - v_雨\sin\theta$$

又

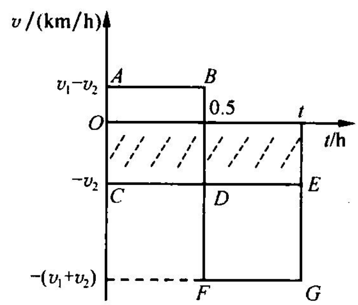
$$v_雨 = v_2$$

则

$$v_车 = v_2\left(\frac{l\cos\theta}{h} - \sin\theta\right)$$

1-17 渔人在河中乘舟逆流航行，经过某桥下时，一只水桶落入水中，0.5h 后他才发觉，即回头追赶，在桥下游 5.0km 处赶上，设渔人顺流及逆流相对水划行速率不变. 求：水流速率.

分析 设静水中的船速、水的速率分别为 v_1，v_2（$v_1>v_2$），从桶落水开始计时，且船追上桶时为 t 时刻. 取水速的反方向为正方向，则顺水时，船的速率为 $v=v_1+v_2$，逆水时船的速率为 $v=v_1-v_2$，作 v-t 图，见题图 1-17.



题图 1-17

解 $S_{ABDC}=S_{DEGF}$，即

$$[(v_1-v_2)-(-v_2)]\times 0.5 = \{(-v_2)-[-(v_1+v_2)]\}\times(t-0.5)$$

则

$$t = 1.0\mathrm{h}$$

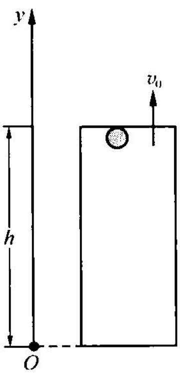
又

$$v_2 \times t = 5.0$$

则水流速率　　$v_2 = 5.0\mathrm{km/h}$

1-18　一升降机以 $2g$ 的加速度从静止开始上升，在 2.0s 末时有一钉子从顶板下落，若升降机顶板到底板的距离 $h=2.0\mathrm{m}$. 求：钉子从顶板落到底板的时间 t. 它与参考系的选取有关吗？

分析　选地面为参考系，分别列出钉子与底板的运动方程，当钉子落到底板上时，两物件的位置坐标相同，由此可求解.



题图 1-18

解　如题图 1-18 建立坐标系，y 轴的原点取在钉子开始脱落时升降机的底面处，此时，升降机、钉子速度为 v_0，钉子脱落后对地的运动方程为

$$y_1 = h + v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$$

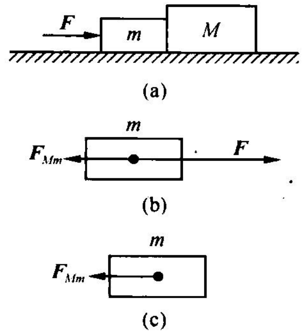
升降机底面对地的运动方程为

$$y_2 = v_0 t + \frac{1}{2} \times 2gt^2$$

且钉子落到底板时，有 $y_1 = y_2$，即 $t=0.37\mathrm{s}$，t 与参考系的选取无关.

第 2 章 习题

2-1 两质量分别为 m 和 $M(M\neq m)$ 的物体并排放在光滑的水平桌面上，现有一水平力 F 作用在物体 m 上，使两物体一起向右运动，如题图 2-1 所示. 求：两物体间的相互作用力. 若水平力 F 作用在 M 上，使两物体一起向左运动，则两物体间相互作用力的大小是否发生变化？



题图 2-1

分析 用隔离体法，进行受力分析，运用牛顿第二定律列方程.

解 以 m,M 整体为研究对象，有

$$\boldsymbol{F}=(m+M)\boldsymbol{a} \quad ①$$

以 m 为研究对象，如题图 2-1(b)，有

$$\boldsymbol{F}+\boldsymbol{F}_{Mm}=m\boldsymbol{a} \quad ②$$

由①、②式，有相互作用力大小

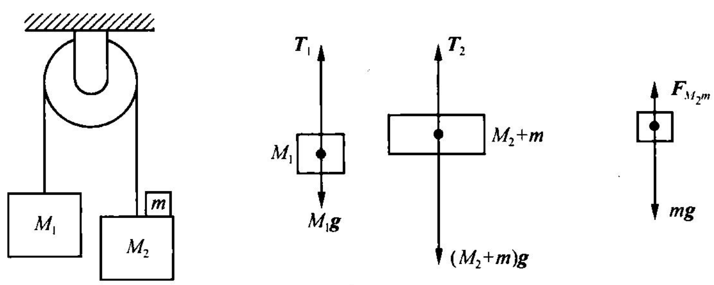
$$F_{Mm}=\frac{MF}{m+M}$$

若 F 作用在 M 上，以 m 为研究对象，如题图 2-1(c)，有

$$\boldsymbol{F}_{Mm}=m\boldsymbol{a} \quad ③$$

由①、③式，有相互作用力大小 $F_{Mm}=\dfrac{mF}{m+M}$，发生变化.

2-2 在一条跨过轻滑轮的细绳的两端各系一物体，两物体的质量分别为 M_1 和 M_2，在 M_2 上再放一质量为 m 的小物体，如题图 2-2 所示，若 $M_1=M_2=4m$，求 m 和



题图 2-2

M_2 之间的相互作用力，若 $M_1=5m$，$M_2=3m$，则 m 与 M_2 之间的作用力是否发生变化？

分析 由于轻滑轮质量不计，因此滑轮两边绳中的张力相等，用隔离体法进行受力分析，运用牛顿第二定律列方程.

解 取向上为正，如题图 2-2，分别以 M_1、M_2 和 m 为研究对象，有

$$T_1-M_1g=M_1a$$

$$-(M_2+m)g+T_2=-(M_2+m)a$$

$$F_{M_2m}-mg=-ma$$

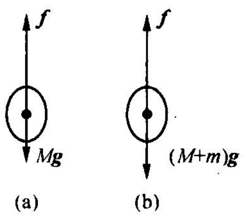
又 $T_1=T_2$，则

$$F_{M_2m}=\frac{2M_1mg}{M_1+M_2+m}$$

当 $M_1=M_2=4m$ 时，$F_{M_2m}=\dfrac{8mg}{9}$；当 $M_1=5m$，$M_2=3m$ 时，$F_{M_2m}=\dfrac{10mg}{9}$，发生变化.

2-3 质量为 M 的气球以加速度 a 匀加速上升，突然一只质量为 m 的小鸟飞到气球上，并停留在气球上. 若气球仍能匀加速向上，问：气球的加速度减少了多少？

分析 用隔离体法进行受力分析，运用牛顿第二定律列方程.



题图 2-3

解 f 为空气对气球的浮力，取向上为正.

分别由题图 2-3(a)、(b)可得

$$f-Mg=Ma$$

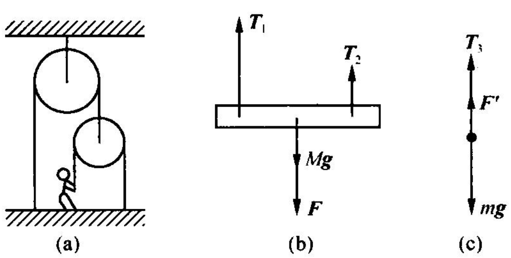
$$f-(M+m)g=(M+m)a_1$$

则

$$a_1=\frac{Ma-mg}{m+M},\quad \Delta a=a-a_1=\frac{m(a+g)}{m+M}$$

2-4 如题图 2-4(a)所示，人的质量为 60kg，底板的质量为 40kg. 人若想站在底板上静止不动，则必须以多大的力拉住绳子？

分析 用隔离体法进行受力分析，人站在底板上静止不动，底板、人受的合力分别为零.



题图 2-4

解 设底板、人的质量分别为 M，m，以向上为正方向，如题图 2-4(b)、(c)，分别以底