恽 瑛 朱君哲 舒素珍
谈漱梅 马见慈 薛 豪 编著

哈里德物理学习题解答

第一卷

5

科 学 出 版 社

哈里德物理学习题解答

第 一 卷

恽 瑛 朱君哲 舒素珍
谈漱梅 马见慈 薛 豪 编著

科 学 出 版 社

1 9 8 5

内 容 简 介

本书目的是为了配合和帮助我国读者自学哈里德等著《物理学》一书时参考.

本书作者对每个习题进行了较为详尽的解答，力求概念准确，思路清楚，分析恰当，方法简练.

本书内容是按《物理学》顺序编排的，全书分为两卷出版. 本书为第一卷，可供我国大专院校理工科师生及有关科技人员参考.

哈里德物理学习题解答

第一卷

程 瑛 朱君哲 舒素珍
谈漱梅 马见慧 薛 豪 编著

责任编辑 荣毓敏 韦秀清

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1985年2月第一版 开本：850×1168 1/32

1985年2月第一次印刷 印张：20

印数：0001—17,500 字数：530,000

统一书号：13031·2808

本社书号：3829·13—3

定价： 5.60 元

前　言

《物理学》一书由美国栾斯里尔工业学院（Rensseler Polytechnic Institute, 简称 RPI）物理学教授 R. 瑞斯尼克及 D. 哈里德教授合著．全书分两卷出版，内容包括力学、热学、电磁学、光学和原子物理学．1960 年初版问世以来，较为流行，到目前为止不仅在美国国内仍为通用教材之一，而且该书已译成二十余种文字在世界各国发行．本书的特点是取材比较全面系统，内容比较现代化，对物理概念的阐述比较清楚、生动，论理简明扼要，叙述深入浅出．每章附有大量习题和思考题，以进一步加强对内容的理解．本书是一部适合我国高等院校理工科物理教学和自学进修的有价值的参考书．1966 年第二版，1977 年第三版，尤其是第三版内容上作了较大的修改，增加了不少新的习题和思考题．

我们结合教学工作，对《物理学》第三版的习题进行了较为详尽的解答，在解题过程中，我们力求概念准确，思路清楚，分析中肯，方法简练．但由于水平有限，错误、缺点在所难免，不妥之处，恳望指正．

本习题解答，由南京工学院物理教研组恽瑛、颜兴滂、朱君哲、宋玉亭等同志负责，各卷分工如下：

第一卷　恽瑛，朱君哲，舒素珍，
　　　　谈漱梅，马见慈，薛豪；
第二卷　颜兴滂，胡美文，黄秀清，
　　　　冯珞珩，凌甘宁，陈小凤．

在工作中尚得到组内有关同志的帮助，特此致谢．

编者

1984 年 4 月

目　　录

第一章 测 量

1 试以表 1-2 中的词头表示下列级次值：(a) 10^6; (b) 10^{-6}; (c) 10^1; (d) 10^9; (e) 10^{12}; (f) 10^{-1}; (g) 10^{-2}; (h) 10^{-9}; (i) 10^{-12}; (j) 10^{-18}; (k) 10^2; (l) 10^3.

解 (a) 10^6 mega (兆)； (b) 10^{-6} micro (微)；
(c) 10^1 deka (十)； (d) 10^9 giga (吉伽)；
(e) 10^{12} tera (太拉)； (f) 10^{-1} deci (分)；
(g) 10^{-2} centi (厘)； (h) 10^{-9} nano (纳诺)；
(i) 10^{-12} pico (皮可)； (j) 10^{-18} atto (阿托)；
(k) 10^2 hecto (百)； (l) 10^3 kilo (千).

2 以米为单位，你的身高是多少？

答 估计身高 1.70 米.

3 只用下列换算因子，试计算 20 英里合多少千米？1 英里＝5280 英尺，1 英尺＝12 英寸，1 英寸＝2.54 厘米，1 米＝100 厘米，1 千米＝1000 米.

解 20 英里＝20 英里×5280 英尺/英里×12 英寸/英尺
×2.54 厘米/英寸×10^{-2} 米/厘米
×10^{-3} 千米/米＝32 千米.

4 一火箭达到 300 千米的高度. 试问这高度是几英里？

解 1 英里＝1.609 千米，

300 千米的高度合 $\frac{300}{1.609}=186$ 英里.

5 (a) 在田径运动会上，100 码和 100 米均用作短跑距离. 试问哪个距离长些？长多少米？长多少英尺？(b) 在田径赛中仍有英里和所谓米制英里 (1500 米) 记录. 试比较这两种距离.

解 (a) 1 码＝0.9144 米，1 米＝3.28 英尺，100 米比 100 码

长：$(100-0.9144\times100)$米 $=8.56$ 米，或长 3.28 英尺$\times8.56=$ 28.1 英尺。

(b) 1 英里 $=1609$ 米，1 米制英里$=1500$ 米，

所以　1 英里比 1 米制英里长 $(1609-1500)$ 米$=109$ 米，

或长　　3.28 英尺$\times$ 109 $=$ 358 英尺.

6 天文距离与地球上的距离相比是如此之大，以致为使天体之间距离易于了解，要用大得多的长度单位. **天文单位**(AU)等于从地球到太阳的平均距离，约为 92.9×10^6 英里. **秒差距**是一个天文单位所张之角为 1 秒的距离. **光年**是在一年内（在真空中以186000英里/秒的速率传播）光所经过的距离. (a) 试以秒差距和光年为单位表示从地球到太阳的距离. (b) 试以英里为单位表示光年和秒差距.

解 (a) 地球到太阳距离为 1.49×10^{11} 米，1 秒差距为 3.09×10^{16} 米(见哈里德书第一册 14 页*.)，所以，地球到太阳的距离为

$$\frac{1.49\times10^{11}\text{ 米}}{3.09\times10^{16}\text{ 米/秒差距}}=4.82\times10^{-6}\text{ 秒差距},$$

或

$$\frac{1.49\times10^{11}\text{ 米}}{3\times10^{8}\text{ 米/秒}\times(365\times24\times3600)\text{ 秒/年}}=1.57\times10^{-5}\text{ 光年}.$$

(b)　　1 光年 $=9.46\times10^{15}$ 米

$$=\frac{9.46\times10^{15}\text{ 米}}{1.609\times10^{3}\text{ 米/英里}}=5.88\times10^{12}\text{ 英里},$$

1 秒差距 $=3.09\times10^{16}$ 米

$$=\frac{3.09\times10^{16}\text{ 米}}{1.609\times10^{3}\text{ 米/英里}}=1.92\times10^{13}\text{ 英里}.$$

7 熟练的机械工人希望有精确到 0.0000001 英寸的校准量规(长为 1 英寸). 试证：用铂铱合金米尺不能测到这个精度，但用 ^{86}Kr 的波长却可以.（利用本章所给数据）

解 希望达到的精度为

$$0.0000001\text{ 英寸}=0.00000000254\text{ 米},$$

铂铱合金米尺的精度为 0.023%，即 0.00023 米. 0.00023 米

> 0.0000000254 米.

氮的橙色光的波长的精度为 $\frac{1}{10^9}$ 米，即为 0.000000001 米.
$\frac{1}{10^9}$ 米< 0.0000000254 米. 所以铂铱合金米尺不能测到这个精度而 ^{86}Kr 的波长却可以.

8 试给出下列诸量之间的关系：(a) 1 立方英寸与 1 平方厘米；(b) 1 平方英里与 1 平方千米；(c) 1 立方米与 1 立方厘米；(d) 1 平方英尺与 1 平方码.

解 (a) 1 平方英寸 $=$ (2.54 厘米)$^2 = 6.45$ 平方厘米；

(b) 1 平方英里 $=$ (1.609 千米)$^2 = 2.59$ 平方千米；

(c) 1 立方米 $=$ (100 厘米)$^3 = 10^6$ 立方厘米；

(d) 1 平方英尺 $=$ (0.33 码)$^2 = 0.109$ 平方码.

9 假定从地球到太阳的平均距离为地球到月球平均距离的 400 倍. 试就日全食考虑，并说出可以由此得出的关于下列几个问题的结论：(a)太阳直径和月球直径的关系；(b)太阳和月球的相对体积；(c) 试测出一银币对眼睛的张角，此银币恰好遮住整个月球，并由此试验结果及月球和地球间的已知距离 (3.80×10^5 千米) 估计月球的直径.

解 (a)
$$\frac{d_{太阳}}{d_{月球}} = \frac{400}{1},$$

(b)
$$\frac{V_{太阳}}{V_{月球}} = \left(\frac{d_{太阳}}{d_{月球}}\right)^3 = (400)^3 = 6.4 \times 10^7.$$

(c) 已知一分硬币的直径为 1.75 厘米，当分币离眼睛的距离为 1.9 米时，此分币恰好遮住整个月球，此时分币对眼睛的张角为

$$\theta = \frac{1.75}{190} \times \frac{180^\circ}{\pi} = 0.53^\circ = 32',$$

所以月球的直径

$$d_{月球} = 3.8 \times 10^8 \times \frac{1.75}{190} 米 = 3.5 \times 10^3 千米.$$

10 试应用本章所给的适当的换算因子和数据，确定为了得

到 1 千克质量所需的氢原子(同位数1)数目.

解 1 个氢原子质量为 $1.008\times1.66\times10^{-27}$ 千克，则 1 千克质量需氢原子数

$$N=\frac{1}{1.008\times1.66\times10^{-27}}=5.98\times10^{26}\text{个}.$$

11 如果你记得阿伏伽德罗常数，你就可能想到地球的质量为 10 摩尔千克. 这一说法的意义是什么,其精确度如何? 地球的实际质量为 5.98×10^{24} 千克.

解 如果说地球的质量为 10 摩尔千克,就是说地球的质量等于 6.02×10^{24} 千克. 这种说法引起的误差为

$$\frac{(6.02-5.98)\times10^{24}}{5.98\times10^{24}}=0.67\%.$$

12 (a) 假定水的密度（质量/体积）恰为 1 克每立方厘米，试以千克/升为单位表示水的密度. (b) 假定放完容积为 1.00 升的容器中的水恰好需要 10 小时,问水从容器中流出的平均质量流率(以千克每秒为单位)是多少?

解 (a) 1 克/立方厘米=1千克/升.

(b) 流量 $I=\dfrac{1\text{千克}}{10\times3600\text{秒}}=2.78\times10^{-5}$ 千克/秒.

13 一年所包含的秒数的一个方便的代用数是 $\pi\times10^7$. 问这个代用数的百分误差是多少?

解 $$\frac{3.1416\times10^7-365\times24\times3600}{365\times24\times3600}=-0.38\%.$$

用 $\pi\times10^7$ 代一年所包含的秒数，百分误差是 -0.38%.

14 (a) 在微观物理学中，有时用到一种时间的单位叫做谢克 (Shake)，一谢克等于 10^{-8} 秒. 试问 1 秒内所含谢克数是否比 1 年所含的秒数更多? (b) 人类已存在了约 10^6 年,而宇宙的年龄约为 10^{10} 年. 如果把宇宙的年龄当作一天，那么人类存在了多少秒?

解 (a) 1 秒 $=10^8$ 谢克,一年 $=3.15\times10^7$ 秒. 可见 1 秒所

含的谢克数比 1 年所含的秒数更多.

(b) 10^{10} 年当作一天,

$$人类存在\quad \frac{10^6}{10^{10}} = 10^{-4}天 = 3600 \times 24 \times 10^{-4}秒$$

$$= 8.64 秒.$$

15 以每小时英里为单位，各种动物的最大运动速率大致如下: (a) 蛇, 3×10^{-2}; (b) 蜘蛛, 1.2; (c)松鼠, 12; (d) 人, 28; (e) 兔子, 35; (f) 狐狸, 42; (g) 狮子, 50; (h) 豹, 70. 试将这些数据换算为每秒米数.

解 (a) 蛇, $v = 3 \times 10^{-2}$ 英里/小时

$$= \frac{1.6 \times 10^3 \times 3 \times 10^{-2}}{3.6 \times 10^3} 米/秒$$

$$= 0.013 米/秒.$$

(b) 蜘蛛, $v = 0.444 \times 1.2$ 米/秒 $=$ 0.53 米/秒.

(c) 松鼠, $v = 0.444 \times 12$ 米/秒 $=$ 5.3 米/秒.

(d) 人, $v = 0.444 \times 28$ 米/秒 $=$ 12 米/秒.

(e) 兔子, $v = 0.444 \times 35$ 米/秒 $=$ 16 米/秒.

(f) 狐狸, $v = 0.444 \times 42$ 米/秒 $=$ 19 米/秒.

(g) 狮子, $v = 0.444 \times 50$ 米/秒 $=$ 22 米/秒.

(h) 豹, $v = 0.444 \times 70$ 米/秒 $=$ 31 米/秒.

16 试由图 1-4 计算仲夏时地球的自转周期和翌年春季地球的自转周期相差多长时间.

解 由图 1-4 可知 1955 年夏季与 1956 年春季，地球自转周期相差为

$$\Delta t = 86400 \times \frac{60-(-85)}{10^{10}} 秒 = 1.25 \times 10^{-8} 秒.$$

1956年夏季与1957年春季，地球自转周期相差为

$$\Delta t = 86400 \times \frac{40-(-140)}{10^{10}} 秒 = 1.56 \times 10^{-8} 秒.$$

17 在一实验室中正在检验五只时钟，在一星期内的每天正

中午(中午时刻由 WWV 的时间信号确定),各钟的读数如下:

钟	星期日	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六
A	12:36:40	12:36:56	12:37:12	12:37:27	12:37:44	12:37:59	12:38:14
B	11:59:59	12:00:02	11:59:57	12:00:07	12:00:02	11:59:56	12:00:03
C	15:50:45	15:51:43	15:52:41	15:53:39	15:54:37	15:55:35	15:56:33
D	12:03:59	12:02:52	12:01:45	12:00:38	11:59:31	11:58:24	11:57:17
E	12:03:59	12:02:49	12:01:54	12:01:52	12:01:32	12:01:22	12:01:12

问这五个钟记时好坏的次序如何?并证明你的选择是正确的.

解 A钟在七日中每天的时间差为

	16,	16,	15,	17,	15,	15 秒.
B钟为	3,	−5,	10,	−5,	−6,	7 秒.
C钟为	58,	58,	58,	58,	58,	58 秒.
D钟为	−67,	−67,	−67,	−67,	−67,	−67 秒.
E钟为	−70,	−55,	−2,	−20,	−10,	−10 秒.

C钟D钟变化都稳定,但C钟变化小些,E钟变化最大,所以这五个钟按好坏排列的次序应该是CDABE.

18 假设一世纪内一天的时间长短均匀地增加0.001秒. 试计算二十个世纪中时间测量上的这种积累效果. 在此期间内,日食现象的观察资料说明了地球自转的这种变慢.

解 二十个世纪共有天数

$$N = 365 \times 20 \times 100 = 73 \times 10^4 \text{ 天},$$

二十个世纪共增长

$$\left[\left(1 + \frac{0.001}{24 \times 3600)}\right)^{73\times10^4} - 73 \times 10^4\right] \text{天} = 0.0958 \text{ 天}$$

$$= 2.3 \text{ 小时}.$$

19 试用下列单位表示光速 3×10^8 米/秒:
(a) 英尺/纳秒; (b) 毫米/皮秒.

解 (a) 光速 $c = 3 \times 10^8 \text{ 米/秒} = \dfrac{3 \times 10^8 \times 3.28 \text{ 英尺}}{10^9 \text{ 纳秒}}$

$$= 0.98 \text{ 英尺/纳秒}.$$

(b) $$c=\frac{3\times10^{8}\times10^{3}\text{毫米}}{10^{12}\text{皮秒}}=0.3\text{ 毫米/皮秒}.$$

20 一个天文单位（AU）是地球到太阳的平均距离，近似地为 149,000,000 千米．光速约为 3×10^{8} 米/秒．试以角分天文单位为单位表示光速．

解 $$c=3\times10^{8}\text{米/秒}=\frac{3\times10^{8}}{1.49\times10^{11}}\text{天文单位/秒}$$

$$=2.01\times10^{-3}\text{天文单位/秒}=0.121\text{ 天文单位/分}.$$

21 某宇宙飞船具有 18,600 英里/小时的速率．若以每世纪光年为单位，其速率是多少？一光年是光以 186,000 英里/秒的速率在一年内所经过的距离．

解 1 光年 $=186{,}000\times365\times24\times3600$ 英里，

1 世纪 $=100\times365\times24$ 小时，

宇宙飞船的速度 $=18{,}600$ 英里/小时

$$=\frac{\dfrac{18{,}600}{186{,}000\times365\times24\times3600}}{\dfrac{1}{100\times365\times24}}=\frac{1}{360}\text{ 光年/世纪}$$

$=2.8\times10^{-3}$ 光年/世纪．

22 (a) 质子的半径约为 10^{-15} 米；可以观察到的宇宙的半径约为 10^{28} 厘米．试指出一个物理上有意义的距离，它在对数刻度尺上近似地位于这两个端值的中间．(b)中性 π 介子(一种基本粒子)的平均寿命约为 2×10^{-16} 秒；宇宙的年龄约为 10^{10} 年．试指出一个物理上有意义的时间间隔，它在对数刻度尺上位于这两个端值的中间．

解 (a) $a=10^{-15}$ 米，$b=10^{26}$ 米，

$$\lg a=-15,\qquad \lg b=26.$$

$$\lg c=\frac{\lg a+\lg b}{2}=5.5,$$

所以 $c=10^{5.5}=3.2\times10^{5}$ 米 $=3.2\times10^{2}$ 千米．

这相当于沪宁铁路的长度．

(b) $a = 2 \times 10^{-16}$ 秒，$b = 10^{10}$ 年 $= 3.15 \times 10^{17}$ 秒，

$$\lg a = -15.7, \quad \lg b = 17.5,$$

$$\lg c = \frac{\lg a + \lg b}{2} = 0.90,$$

$$c = 10^{0.90} = 7.9 \text{ 秒}.$$

这时间相当于 60 米少年短跑比赛优胜记录.

第二章　矢　量

1　设有两个位移，一个位移的大小是 3 米，而另一个位移的大小是 4 米．试说明怎样将两个位移合成起来而得到大小为 (a) 7 米、(b) 1 米与 (c) 5 米的合位移．

解　设 $\mathbf{A}$，$\mathbf{B}$ 分别表示两位移，则有

$$|\mathbf{A}| = 3\text{ 米},\ |\mathbf{B}| = 4\text{ 米}.$$

(a) 当 $\mathbf{A}$ 与 $\mathbf{B}$ 平行时，$|\mathbf{A}+\mathbf{B}| = 7$ 米．

(b) 当 $\mathbf{A}$ 与 $\mathbf{B}$ 反平行时，$|\mathbf{A}+\mathbf{B}| = (4-3)$ 米 $= 1$ 米．

(c) 当 $\mathbf{A}$ 与 $\mathbf{B}$ 互相垂直时，

$$|\mathbf{A}+\mathbf{B}| = \sqrt{(4\text{ 米})^2+(3\text{ 米})^2} = 5\text{ 米}.$$

2　试问满足下列关系的两矢量 $\mathbf{a}$ 与 $\mathbf{b}$ 具有哪些性质？

(a) $\mathbf{a}+\mathbf{b}=\mathbf{c}$ 与 $a+b=c$，

(b) $\mathbf{a}+\mathbf{b}=\mathbf{a}-\mathbf{b}$，

(c) $\mathbf{a}+\mathbf{b}=\mathbf{c}$ 与 $a^2+b^2=c^2$．

解　(a) 当 $\mathbf{a}$ 与 $\mathbf{b}$ 方向相同时，有 $\mathbf{a}+\mathbf{b}=\mathbf{c}$ 且

$$a+b=c.$$

(b) 由矢量加减法知，当 $|\mathbf{b}|=0$ 时，

$$\mathbf{a}+\mathbf{b}=\mathbf{a}-\mathbf{b}.$$

(c) 当 $\mathbf{a}$ 与 $\mathbf{b}$ 互相垂直时，有 $\mathbf{a}+\mathbf{b}=\mathbf{c}$，且

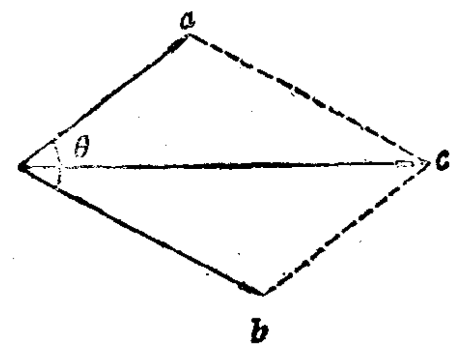
$$a^2+b^2=c^2.$$

3　将 $\mathbf{a}$ 与 $\mathbf{b}$ 两矢量相加起来，证明合矢量的大小不可能大于 $a+b$ 或小于 $|a-b|$，这里两条竖直线表示绝对值．

证　设 $\mathbf{a}+\mathbf{b}=\mathbf{c}$．由矢量加法可知：

$$c=\sqrt{a^2+b^2+2ab\cos\theta},$$

又 $0°\leqslant\theta\leqslant 180°$，



习题 2-3

当 $\theta = 0°$ 时，$c = a + b$，

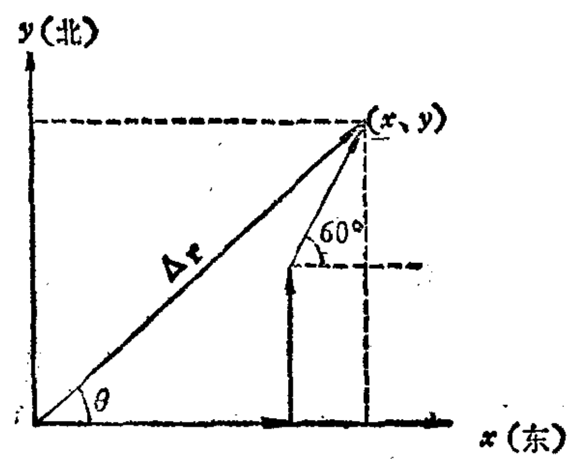
$\theta = 180°$ 时，$c = |a - b|$.

一般情况 $0° \leqslant \theta \leqslant 180°$，有 $a + b > c > |a - b|$.

4 一车向东行 50 千米，再向北行 30 千米，最后又沿北偏东 30° 的方向行 25 千米．试画出位移矢量图，并确定车从出发地点算起的总位移．

解 设车的总位移为 $\Delta \mathbf{r}$，它在两坐标轴上的分量为 x，y，与 x 轴夹角 θ。

由图可知



习题 2-4

$$x = (50 + 25\cos 60°)\text{ 公里} = 62.5\text{ 公里}.$$

$$y = (30 + 25\sin 60°)\text{ 公里} = 51.7\text{ 公里}.$$

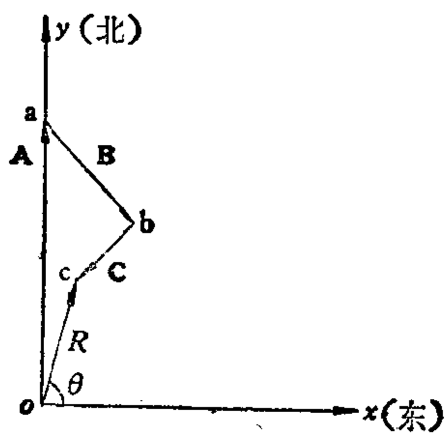
$$|\Delta \mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2} = 81.0\text{ 公里},$$

$$\theta = \operatorname{arctg}\frac{y}{x} = 39.6°,$$

即　总位移为 81.0 公里，方向东偏北 39.6°。

5　一个打高尔夫球者，曾在草地上连打三次把球打入洞内。第一次使球向北移动 12 英尺，第二次使球向东南移动 6.0 英尺，第三次使球向西南移动 3.0 英尺。试求一次把球打入洞内所需要的位移。

解　设球的第一次位移是 **A**，第二次、第三次位移分别为 **B**



习题　2-5

和 **C**，则打一次就使球入洞内的位移 **R** 为

$$\mathbf{R} = \mathbf{A} + \mathbf{B} + \mathbf{C}, R_x = A_x + B_x + C_x$$

$$= 0 + 6.0\cos 315° + 3.0\cos 225°$$

$$= 2.12\ (\text{英尺}),$$

$$R_y = A_y + B_y + C_y$$

$$= 12 + 6.0\sin 315° + 3.0\sin 225°$$

$$= 5.64\ (\text{英尺}).$$

故
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 6.0\ \text{英尺},$$

$$\theta = \mathrm{tg}^{-1}\frac{R_y}{R_x} = \mathrm{tg}^{-1}\frac{5.64}{2.12} = 69.4°,$$

即　**R** 方向为东偏北 69.4°。

6　矢量 **a** 的大小为 5.0 个单位，方向向东。矢量 **b** 的大小为 4.0 个单位，方向向北偏西 45°。试作矢量图以计算 (a) (**a** + **b**) 与 (b) (**a** − **b**)，并由图估计 (**a** + **b**) 与 (**a** − **b**) 的大小与方向。

解 由矢量加减法作 $(\mathbf{a}+\mathbf{b})$ 及 $(\mathbf{a}-\mathbf{b})$，如图所示。

则

(a) $|(\mathbf{a}+\mathbf{b})| = \sqrt{a^2+b^2+2ab\cos 135^\circ} = 3.6$ 单位，

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{b\sin 135^\circ}{a+b\cos 135^\circ} = 1.3,$$

$$\varphi_1 = 52.4^\circ.$$

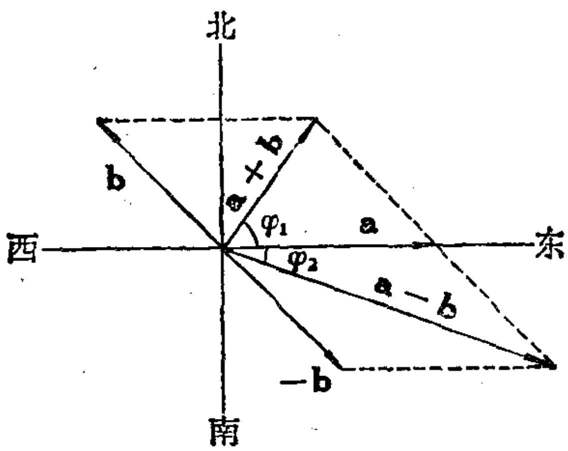
(b) $|\mathbf{a}-\mathbf{b}| = \sqrt{b^2+(-a)^2+2ab\cos 45^\circ} = 8.3$ 单位，

$$\operatorname{tg}\varphi_2 = \frac{b\sin 135^\circ}{-a+b\cos 135^\circ} = -0.36,$$

$$\varphi_2 = -19.8^\circ.$$

故 $|\mathbf{a}+\mathbf{b}| = 3.6$，方向为东偏北 52.4°，

$|\mathbf{a}-\mathbf{b}| = 8.3$，方向为东偏南 19.8°。



习题 2-6

7 试求位移矢量 $\mathbf{c}$ 和 $\mathbf{d}$ 的和，已知它们沿三个互相垂直方向用千米表示的分量如下：

$c_x = 5.0$，$c_y = 0$，$c_z = -2.0$；$d_x = -3.0$，$dy = 4.0$，$d_z = 6.0$。

解 设 $\mathbf{R} = \mathbf{c}+\mathbf{d}$，

则 $R_x = c_x + d_x = 5.0 - 3.0 = 2.0$（千米），

$R_y = c_y + d_y = 0 + 4.0 = 4.0$（千米），

$R_z = c_z + d_z = -2.0 + 6.0 = 4.0$（千米），

故 $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2} = 6.0$（千米）。