物理学

第一卷　第一册

R·瑞斯尼克
〔美〕　　　　　　著
D·哈里德

习题解答

吉林人民出版社

〔美〕R·瑞斯尼克　D·哈里德　著

物理学

第一卷　第一册

习题解答

熊　辉　陈世倚
　　　　　　　　　　编
张　钧　陈焕章
林炳仪　张浚民　校

吉林人民出版社

〔美〕R·瑞斯尼克　D·哈里德 著

物　理　学

第一卷　第一册

习　题　解　答

熊　辉　陈世倚
张　钧　陈焕章　编

林炳仪　张浚民　校

*

吉林人民出版社出版　吉林省新华书店发行

长春新华印刷厂印刷

*

850×1168毫米32开本　$15\frac{3}{8}$印张　348,000字

1983年6月第1版　1983年6月第1次印刷

印数：1—19,560册

书号：13091·129　定价：1.60 元

内 容 提 要

R·瑞斯尼克、D·哈里德著《物理学》(第三版)为美国近年来较为流行的高等院校理工科用物理学教材。本书将该书中译本中的习题(除思考题外)全部作了解答。全书共分两卷四册。第一卷第一册为质点运动学、质点动力学、转动运动学、转动动力学、刚体的运动与平衡等习题解答。第二册为振动、万有引力、流体力学、波动、气体分子运动论、热力学等习题解答。第二卷第一册为电磁学习题解答,第二册为光学及量子物理学习题解答。

本书可供高等院校理工科、电视大学师生、中学物理教师和科技人员参考。

编　者　的　话

本书将R·瑞斯尼克　D·哈里德著《物理学》(第三版)中译本中第一章至第十四章习题(思考题除外)全部作了解答．在解题过程中，我们注意了以下几点：

1．习题的解法力求逻辑严密，步骤简练，但为了结合习题所在章节的教学内容，对有多种解法的题目，我们只用了该章教学内容所要求的解法，因此不一定是最佳解法。

2．所用公式、符号及解题格式，力求与原书一致。

3．单位换算均采用原书所附“换算因子”表中所列的数据。

4．书中图号，如图5—4，表示第五章第四题用图.

由于时间仓促和水平所限，难免有不妥或错误之处，敬希读者指正。

编　者

1981年3月

目　　录

第一章　测量……1
第二章　矢量……11
第三章　一维运动……39
第四章　平面运动……76
第五章　质点动力学（Ⅰ）……114
第六章　质点动力学（Ⅱ）……149
第七章　功与能……186
第八章　能量守恒……213
第九章　动量守恒……266
第十章　碰撞……299
第十一章　转动运动学……343
第十二章　转动动力学（Ⅰ）……364
第十三章　转动动力学（Ⅱ）角动量守恒……411
第十四章　刚体的平衡……449

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) mega (兆)；(b) micro (微)；(c) deka(+)；(d) giga (吉伽)；(e) tera (太拉)；(f) deci (分)；(g) centi (厘)；(h) nano (纳诺)；(i) pico (皮可)；(j) atto (阿 托)；(k) hecto (百)；(l) kilo (千)。

2　以米为单位，你的身高是多少？

解　(略)

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　1英里 = 5280英尺

$$= 63360\text{英寸}$$

$$= 1.609\times10^5\text{厘米}$$

$$= 1.609\times10^3\text{米}$$

$$= 1.609\text{千米}$$

所以　20英里 = 20 × 1.609千米 = 32.2千米

4　一火箭达到300千米的高度．试问这高度是几英里？

解　300千米 $= \dfrac{300}{1.609}$ 英里

$= 186.45$ 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

100码 $= 100 \times 0.9144$ 米 $= 91.44$ 米

100米 $- 91.44$ 米 $= 8.56$ 米 $= 28.08$ 英尺

所以，100米比100码长，长8.56米，或28.08英尺．

（b）1英里 $= 1.609 \times 10^3$ 米

1.609×10^3 米 $- 1500$ 米 $= 109$ 米 $= 358$ 英尺

所以，一英里比一米制英里长109米或358英尺．

6　天文距离与地球上距离相比是如此之大，以致为使天体之间的距离易于了解，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．光年是光在一年内（在真空中以186000英里/秒的速率传播）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）秒差距是一个天文单位所张之角为1秒的距离．即观测者从一恒星看地球轨道半径所张的角度为1秒时，该恒星和太阳之间的距离（$= 3.0857 \times 10^{16}$ 米 $= 206265$ 天文单位 $= 3.2616$ 光年）．所以，地球到太阳的距离

$$r = \frac{1}{206265} \text{秒差距}$$

$$= \frac{1}{206265} \times 3.2616 \text{光年} = 1.580 \times 10^{-5} \text{光年}$$

（b） 1光年 $=9.460\times10^{15}$米

$=9.460\times10^{12}$千米

故　1光年 $=\dfrac{9.460\times10^{12}}{1.609}$英里 $=5.879\times10^{12}$英里

1秒差距 $=3.2616$光年

$=3.2616\times5.879\times10^{12}$英里

$=1.917\times10^{13}$英里

7　熟练的机械制造工人希望有精确到0.0000001英寸的校准量规（长为1英寸）．试证如用铂铱合金米尺不能测到这个精确度，但用K_r^{86}的波长就可以．利用本章所给数据．

证明　0.0000001英寸 $=10^{-7}$英寸

$$=\frac{10^{-7}}{39.4}\text{米}=2.54\times10^{-9}\text{米}$$

铂铱合金米尺只能精确到10^{-8}米；K_r^{86}标准能精确到10^{-9}米

10^{-7}米$>2.54\times10^{-9}$米；

10^{-9}米$<2.54\times10^{-9}$米．

即用铂铱合金米尺不能测到这个精确度，但用K_r^{86}的波长则可以．

8　试给出下列量间的关系：（a） 1平方英寸与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 $=(2.54)^2$平方厘米

$=6.452$平方厘米

1平方厘米 $=0.155$平方英寸

（b） 1平方英里 $=(1.609)^2$平方千米

$=2.589$平方千米

1平方千米 $=0.3863$平方英里

（c） 1 立方米 = $(100)^3$ 立方厘米

$= 10^6$ 立方厘米

1 立方厘米 $= 10^{-6}$ 立方米

（d） 1 码 = 3 英尺

1 平方码 = 9 平方英尺

1 平方英尺 = 0.1111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，并由此实验结果及月球和地球间的已知距离（$=3.80\times10^5$千米）估计月球的直径。

解 （a）考虑日全食有

$$\frac{d_{太阳}}{r_{日地}}=\frac{d_{月球}}{r_{月地}}$$

所以 $$\frac{d_{太阳}}{d_{月球}}=\frac{r_{日地}}{r_{月地}}=400$$

（b） $$\frac{V_{太阳}}{V_{月球}}=\left(\frac{d_{太阳}}{d_{月球}}\right)^3=(400)^3=6.4\times10^7$$

（c）（略）

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 千克质量所需要的氢原子（同位素数 1）数目。

解 $m_{(H^1)}=1.00782522$原子质量单位

$=1.00782522\times1.660\times10^{-27}$千克

$=1.673\times10^{-27}$千克

所以 1 千克质量所需要的氢原子数目

$$N=\frac{1}{1.673\times10^{-27}}=5.98\times10^{26}\text{个}$$

11　如果你记得阿伏加德罗常数，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　$N_0=6.02\times10^{23}$个分子/摩尔

故　　10摩尔千克$=6.02\times10^{24}$千克

可见，10摩尔千克与地球质量为同一数量级，但与地球实际质量的精确值有一定偏差。其误差为：

$$\frac{(6.02-5.98)\times10^{24}}{5.98\times10^{24}}=0.0067=0.67\%$$

12　（a）假定水的密度（质量/体积）恰为1克每立方厘米，试以千克每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）$1\text{克}=\frac{1}{1000}\text{千克}$

$$1\text{立方厘米}=\frac{1}{1000}\text{升}$$

所以　$1\text{克}/(\text{厘米})^3=\frac{1}{1000}\text{千克}\Big/\frac{1}{1000}\text{升}=1\text{千克}/\text{升}$

（b）水的质量＝体积×密度

$$=1.00\text{升}\times1\text{千克}/\text{升}=1.00\text{千克}$$

$$\text{平均质量流率}=\frac{1}{10\times3600}=2.77\times10^{-5}\text{千克}/\text{秒}$$

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　$$\text{误差}=\frac{(3.1416-3.1536)\times10^7}{3.1536\times10^7}$$

$$=\frac{-0.012}{3.1536}=-0.4\%$$

14　（a）在微观物理学中，有时用到一种时间单位叫谢克（Shake），一谢克等于10^{-8}秒．试问1秒内所含的谢克数是否比一年内所含的秒数更多？（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，那末人类存在了多少秒？

解　（a）1秒内所含的谢克数为

$$1/10^{-8}=10^8$$

一年内所含的秒数为 $365\times24\times3600=3.15\times10^7$　$10^8>3.15\times10^7$，所以一秒内的谢克数多于一年内的秒数．

（b）1天$=24\times3600=86400$秒，则人类存在的秒数为

$$x=\frac{10^6}{10^{10}}\times86400=8.64\text{秒}.$$

15　各种动物的最大运动速率以每小时英里为单位大致如下：（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　1英里$=1.61\times10^3$米，1小时$=3.6\times10^3$秒

$$1\text{英里/小时}=\frac{1.61\times10^3}{3.6\times10^3}\text{米/秒}=0.4472\text{米/秒}$$

（a）3×10^{-2}英里/小时$=3\times10^{-2}\times0.4472=1.34\times10^{-2}$米/秒

（b）1.2英里/小时$=1.2\times0.4472=0.536$米/秒

（c）12英里/小时$=12\times0.4472=5.36$米/秒

（d）28英里/小时$=28\times0.4472=12.52$米/秒

（e）35英里/小时$=35\times0.4472=15.65$米/秒

（f）42英里/小时$=42\times0.4472=18.78$米/秒

（g）50英里/小时$=50\times0.4472=22.36$米/秒

（h）70英里/小时$=70\times0.4472=31.30$米/秒

16 试由图 1—16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。（注：原书说“试由图 1—2（课文图号）计算，我们认为由图 1—16计算为好。”）

解 地球的自转速率为

$$\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{2\times3.14}{60\times60\times24}=7.26\times10^{-5}\text{弧度/秒}$$

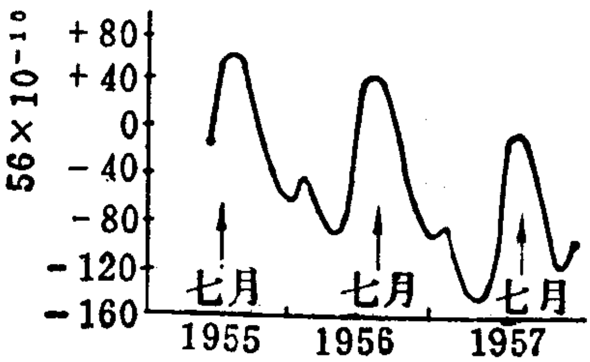

图 1—16

根据题意，我们以一九五五年仲夏（七月）和一九五六年春季（取四月）比较。

由图 1—16可查到，一九五五年七月地球的自转速率变化为56×10^{-10}弧度/秒，此时地球自转速率为

$$\omega_1=(7.26\times10^{-5}+56\times10^{-10})$$
$$=726056\times10^{-10}\text{弧度/秒}$$

翌年四月地球的自转速率变化为-88×10^{-10}弧度/秒。

地球的自转速率为

$$\omega_2=(7.26\times10^{-5}-88\times10^{-10})$$
$$=725912\times10^{-10}\text{弧度/秒}$$

此两月地球自转周期相差为

$$\varDelta T=T_2-T_1=2\pi\left(\frac{1}{\omega_2}-\frac{1}{\omega_1}\right)=2\pi\frac{\omega_1-\omega_2}{\omega_1\cdot\omega_2}$$

$$=2\times3.14\times\frac{(726056-725912)\times10^{-10}}{726056\times10^{-10}\times725912\times10^{-10}}$$

$=17.16$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	A	B	C	D	E
星期日	12:36:40	11:59:59	15:50:45	12:03:59	12:03:59
星期一	12:36:56	12:00:02	15:51:43	12:02:52	12:02:49
星期二	12:37:12	11:59:57	15:52:41	12:01:45	12:01:54
星期三	12:37:27	12:00:07	15:53:39	12:00:38	12:01:52
星期四	12:37:44	12:00:02	15:54:37	11:59:31	12:01:32
星期五	12:37:59	11:59:56	15:55:35	11:58:24	12:01:22
星期六	12:38:14	12:00:03	15:56:33	11:57:17	12:01:12

问这五个钟记时好坏的次序如何？并证明你选择是正确的？

解　先求出钟的每日变化量如下：

钟	日→一，	一→二，	二→三，	三→四，	四→五，	五→六
A	16′	16′	15′	17′	15′	15′
B	3′	−5′	10′	−5′	−6′	7′
C	58′	58′	58′	58′	58′	58′
D	−67′	−67′	−67′	−67′	−67′	−67′
E	−70′	−55′	−2′	−20′	−10′	−10′

判断钟好坏的重要标准是每日变化量的恒定性，而不是每日变化量的大小．由此可见，钟好坏的顺序应为C、D、A、B、E．

18　假定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，日蚀现象的观察资料说明了地球自转的这种变慢．

解　一世纪的天数（闰年的增添日数未计入）

$365天\times100=3.65\times10^4天$

二十个世纪增加的秒数

$$0.001\text{秒}\times 3.65\times 10^4\times 20 = 730\text{秒}$$

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

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

$$= 0.984\text{英尺/纳秒}$$

（b） $c = 3\times 10^8\text{米/秒} = \dfrac{10^3\times 3\times 10^8\text{毫米}}{10^{12}\text{皮秒}} = 0.3$ 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 149000000 千米．光速约为 3×10^8 米/秒．试以每分天文单位为单位表示光速．

解 $c = 3\times 10^8$ 米/秒

$$= \frac{3\times 10^8}{149\times 10^6\times 10^3}\Big/\frac{1}{60} = 0.12\text{天文单位/分}$$

21 某宇宙飞船具有 18600 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 186000 英里/秒的速率在一年内所经过的距离．

解 一世纪的小时数

$$24\text{小时}\times 365\times 100 = 876000\text{小时}$$

一光年的英里数

$$186000\text{英里/秒}\times 3.1\times 10^7\text{秒} = 5.766\times 10^{12}\text{英里}$$

所以 $18600\text{英里/小时} = \dfrac{18600}{5.766\times 10^{12}}\Big/\dfrac{1}{876000}\text{光年/世纪}$

$$= 2.83\times 10^{-8}\text{光年/世纪}$$

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）令$N_1=10^{-15}$米，$N_2=10^{28}$厘米$=10^{26}$米

$\log N_1=\log 10^{-15}=-15$,

$\log N_2=\log 10^{26}=26$.

$$\text{中间值}\ \log N=\frac{26+(-15)}{2}=5.5\approx6$$

所以 $N=10^{5.5}$米$\approx10^{6}$米。地球的半径r为6.4×10^{6}米，它在对数刻度尺上，近似地位于这两个端值的中间。

（b）令$N_1=2\times10^{-16}$秒， $N_2=10^{10}$年$=3.15\times10^{17}$秒

$\log N_1=\log(2\times10^{-16})=-15.7$

$\log N_2=\log(3.15\times10^{17})=17.5$

$$\text{中间值}\ \log N=\frac{17.5+(-15.7)}{2}\approx1$$

所以 $N=10$秒。此数值大约等于优秀短跑运动员跑完100米距离的时间。

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，试说明怎样将这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　（a）因为　7米＝4米＋3米，所以两位移应该平行同向；

（b）因为　1米＝4米－3米，所以两位移应该平行反向；

（c）因为　5米$=\sqrt{(4米)^2+(3米)^2}$，所以两位移应该互相垂直．

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

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

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

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

解　（a）、（b）、（c）中的矢量$\boldsymbol{a}$与$\boldsymbol{b}$除满足交换律与结合律外，它们分别还具有下列性质

（a）$\boldsymbol{a}$与$\boldsymbol{b}$平行且同向；

（b）因为$\boldsymbol{a}-\boldsymbol{b}=\boldsymbol{a}+(-\boldsymbol{b})$，若要求$\boldsymbol{a}+\boldsymbol{b}=\boldsymbol{a}-\boldsymbol{b}$，则$\boldsymbol{b}$必须与$-\boldsymbol{b}$相等，只有$\boldsymbol{b}$是零矢量才行，因此，矢量$\boldsymbol{b}$应为零矢量．

（c）由 $c^2=a^2+b^2-2ab\cos(\widehat{\boldsymbol{a},\boldsymbol{b}})$

$$=a^2+b^2$$