

# 物理学

(第二版)

第二卷 第二册

[美] D. 哈里德 R. 瑞斯尼克 著

科学出版社

# 物 理 学

(第二版)

第二卷 第二册

[美] D. 哈里德 著  
R. 瑞斯尼克 著  
郑永令等 译  
吴剑华 校

科 学 出 版 社

1981

## 内 容 简 介

本书为美国近年来较为流行的高等院校理工科物理学教科书。原书分两卷,1960年初版,1966年第二版,1978年第三版作了重大修改。1978年的中译本是按原书第二版译出的。现在的中译本第二版是按原书1978年第三版译出的。

第二卷中译本分为两册,第一册为电磁学,第二册介绍光学及量子物理学基础知识,主要内容有:光的传播,光的反射与折射,光的干涉与衍射,光栅与光谱,光的偏振,光与量子物理学等。

本书可作为高等院校理工科普通物理教学用书和参考书,也可供科技人员参考。

D. Halliday, R. Resnick

PHYSICS

Part II, 3rd. Ed.

John Wiley, 1978

物 理 学

(第 二 版)

第二卷 第二册

[美] D. 哈里德 著  
R. 瑞斯尼克

郑永令等译 吴剑华校

责任编辑 陈咸亨

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

\*

1978年6月第一版 开本:850×1168 1/32

1981年10月第二版 印张:10 1/4

1981年10月第三次印刷 字数:265,000

印数:140,831—159,030

统一书号:13031·1646

本社书号:2262·13-3

定价: 1.55 元

## 一些物理常数

(较为完全的常数表请看附录 B, 那里还列有最佳实验值)

光速	$c$	$3.00 \times 10^8$ 米/秒 $1.86 \times 10^5$ 英里/秒
质能关系	$c^2$	$8.99 \times 10^{16}$ 焦耳/千克 931 兆电子伏/原子质量单位
引力常数	$G$	$6.67 \times 10^{-11}$ 牛顿·米 <sup>2</sup> /千克 <sup>2</sup> $3.44 \times 10^{-8}$ 磅·英尺 <sup>2</sup> /斯勒格 <sup>2</sup>
气体普适常数 <sup>1)</sup>	$R$	8.31 焦耳/摩尔·K 0.0823 升·大气压/摩尔·K
真空磁导率	$\mu_0$	$1.26 \times 10^{-6}$ 亨利/米
真空电容率	$\epsilon_0$	$8.85 \times 10^{-12}$ 法拉/米
阿伏伽德罗常数	$N_0$	$6.02 \times 10^{23}$ 个分子/摩尔
玻耳兹曼常数	$k$	$1.38 \times 10^{-23}$ 焦耳/分子·K $8.63 \times 10^{-5}$ 电子伏/分子·K
普朗克常数	$h$	$6.63 \times 10^{-34}$ 焦耳·秒 $4.14 \times 10^{-15}$ 电子伏·秒
基本电荷	$e$	$1.60 \times 10^{-19}$ 库仑
电子静止质量	$m_e$	$9.11 \times 10^{-31}$ 千克
电子荷质比	$e/m_e$	$1.76 \times 10^{11}$ 库仑/千克
质子静止质量	$m_p$	$1.67 \times 10^{-27}$ 千克

## 一些物理性质

空气(干燥, 在 20°C 与 1 大气压下)

密度	1.29 千克/米 <sup>3</sup>
定压比热	$1.00 \times 10^3$ 焦耳/千克·K 0.240 卡/克·K
比热比( $\gamma$ )	1.40
声速	331 米/秒 1090 英尺/秒

水(在 20°C 与 1 大气压下)

密度	$1.00 \times 10^3$ 千克/米 <sup>3</sup> 1.00 克/厘米 <sup>3</sup>
----	--

1) 这里和全书中, “1 摩尔” = “1 克分子量” (=  $10^{-3}$  千克分子量)。

声速	1460 米/秒 4790 英尺/秒
折射率( $\lambda=5890$ 埃)	1.33
定压比热	4.180 焦耳/千克·K 1.00 卡/克·K
熔解热( $0^{\circ}\text{C}$ )	$3.33 \times 10^6$ 焦耳/千克 79.7 卡/克
汽化热( $100^{\circ}\text{C}$ )	$2.26 \times 10^6$ 焦耳/千克 539 卡/克
地球	
质量	$5.98 \times 10^{24}$ 千克
平均半径	$6.37 \times 10^6$ 米 3960 英里
地球到太阳平均距离	$1.49 \times 10^8$ 千米 $9.29 \times 10^7$ 英里
地球到月球平均距离	$3.80 \times 10^5$ 千米 $2.39 \times 10^5$ 英里
标准重力加速度	9.81 米/秒 <sup>2</sup> 32.2 英尺/秒 <sup>2</sup>
标准大气压	$1.01 \times 10^5$ 帕 14.7 磅/英寸 <sup>2</sup> 760 毫米汞高 29.9 英寸汞高

### 一些换算因子

(较为完全的换算因子请看附录 G, 这里只摘一部分)

#### 质量

1 千克 = 2.21 磅(质量) =  $6.02 \times 10^{26}$  原子质量单位

1 斯勒格 = 32.2 磅(质量) = 14.6 千克

1 原子质量单位 =  $1.66 \times 10^{-27}$  千克

#### 长度

1 米 = 39.4 英寸 = 3.28 英尺

1 英里 = 1.61 千米 = 5280 英尺

1 英寸 = 2.54 厘米

1 毫微米 =  $10^{-9}$  米 = 10 埃

#### 时间

1 天 = 86400 秒

1 年 = 365 天 =  $3.16 \times 10^7$  秒

### 角度

$$1 \text{ 弧度} = 57.3^\circ = 0.159 \text{ 转}$$

$$\pi \text{ 弧度} = 180^\circ = 1/2 \text{ 转}$$

### 速率

$$1 \text{ 英里/小时} = 1.47 \text{ 英尺/秒} = 0.447 \text{ 米/秒}$$

### 电磁单位

$$1 \text{ 库仑} = 3.00 \times 10^9 \text{ 静电库仑}$$

$$1 \text{ 安培} = 3.00 \times 10^9 \text{ 静电安培}$$

$$1 \text{ 韦伯/米}^2 = 1 \text{ 特斯拉} = 10^4 \text{ 高斯}$$

### 力与压强

$$1 \text{ 牛顿} = 10^5 \text{ 达因} = 0.225 \text{ 磅}$$

$$1 \text{ 磅} = 4.45 \text{ 牛顿}$$

$$1 \text{ 牛顿/米}^2 = 10 \text{ 达因/厘米}^2 = 1.45 \times 10^{-4} \text{ 磅/英寸}^2 = 9.87 \times 10^{-6} \text{ 大气压}$$
$$= 7.50 \times 10^{-4} \text{ 厘米汞高}$$

### 能量与功率

$$1 \text{ 卡} = 4.19 \text{ 焦耳}$$

$$1 \text{ 焦耳} = 10^7 \text{ 尔格} = 0.239 \text{ 卡} = 0.738 \text{ 英尺} \cdot \text{磅} = 2.78 \times 10^{-7} \text{ 千瓦小时}$$

$$1 \text{ 电子伏} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ 焦耳} = 1.60 \times 10^{-12} \text{ 尔格}$$

$$1 \text{ 马力} = 746 \text{ 瓦} = 550 \text{ 英尺} \cdot \text{磅/秒}$$

## 一些常用的数

$$\begin{array}{llll} \sqrt{2} = 1.414 & \sqrt{3} = 1.732 & \sqrt{10} = 3.162 & \pi = 3.142 \\ \pi^2 = 9.870 & \sqrt{\pi} = 1.773 & \log \pi = 0.4971 & 4\pi = 12.57 \\ e = 2.718 & 1/e = 0.3679 & \log e = 0.4343 & \ln 2 = 0.6932 \\ \sin 30^\circ = \cos 60^\circ = 0.5000 & & \cot 30^\circ = \tan 60^\circ = 1.7321 & \\ \cos 30^\circ = \sin 60^\circ = 0.8660 & & \sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 0.7071 & \\ \tan 30^\circ = \cot 60^\circ = 0.5774 & & \tan 45^\circ = \cot 45^\circ = 1.0000 & \end{array}$$

### 对数换底

$$\log x = \ln x / \ln 10 = 0.4343 \ln x$$

$$\ln x = \log x / \log e = 2.303 \log x$$

## 中译本前言

本书是美国近年来较为普遍采用的高等院校理工科用物理学教材。原书初版于1960年，书名为《高等院校理工科用物理学》。此后曾经多次修订再版，1966年起，书名改为《物理学》。本书的特点是取材比较全面系统，内容比较近代化，对物理概念的阐述比较清楚，叙述简明扼要，深入浅出，并附有大量习题和思考题，以进一步加深读者对内容的理解。本书是一部普通物理学，适合我国高等院校理工科一、二年级师生作为教学用书和参考书，也可供广大科技人员参考。

这次中译本按原书1978年第三次修订本译出。作者在第三版中对内容作了较多修订，并增加了不少新的习题和思考题，以提高教学效果。原书共两卷，中译本分成四册出版。

本册由锺万蘅译第四十二、四十三、四十四章，范膺译第四十五章，郑永令译第四十六、四十七、四十八章、补充论题VI与附录I，林荣富译第四十九章、五十章。全书由吴剑华负责校订。本书译文不当之处，欢迎读者批评指正。

# 目 录

第四十二章 光的本性与传播 .....	511
42-1 引言 .....	511
42-2 光的能量与动量 .....	512
42-3 光的速率 .....	517
42-4 运动的光源与观察者 .....	523
42-5 多普勒效应 .....	527
思考题 .....	531
习 题 .....	533
第四十三章 平面波在平面上的反射与折射 .....	539
43-1 反射与折射 .....	539
43-2 惠更斯原理 .....	545
43-3 惠更斯原理与反射定律 .....	547
43-4 惠更斯原理与折射定律 .....	548
43-5 全内反射 .....	551
43-6 费马原理 .....	557
思考题 .....	559
习 题 .....	561
第四十四章 球面波在球面上的反射与折射 .....	567
44-1 几何光学与波动光学 .....	567
44-2 球面波在平面镜上的反射 .....	570
44-3 球面波在球面镜上的反射 .....	575
44-4 球形折射表面 .....	584
44-5 薄透镜 .....	590
44-6 光学仪器 .....	600
思考题 .....	605
习 题 .....	609
第四十五章 光的干涉 .....	620
45-1 杨氏实验 .....	620



45-2	光的相干性	626
45-3	杨氏实验中的强度	631
45-4	波扰动的迭加	634
45-5	薄膜干涉	637
45-6	光的可逆性原理与反射时的位相变化	645
45-7	迈克耳孙干涉仪	646
45-8	迈克耳孙干涉仪与光的传播	649
	思考题	652
	习 题	654
<b>第四十六章 光的衍射</b>		<b>662</b>
46-1	引言	662
46-2	单缝	665
46-3	单缝的定性研究	669
46-4	单缝的定量研究	672
46-5	圆孔衍射	676
46-6	双缝干涉与衍射的结合	680
	思考题	686
	习 题	689
<b>第四十七章 光栅与光谱</b>		<b>694</b>
47-1	引言	694
47-2	多缝	694
47-3	衍射光栅	699
47-4	光栅的分辨本领	705
47-5	X射线衍射	707
47-6	布喇格定律	713
	思考题	717
	习 题	719
<b>第四十八章 光的偏振</b>		<b>725</b>
48-1	光的偏振	725
48-2	偏振片	728
48-3	由反射产生偏振	731
48-4	双折射	734
48-5	圆偏振	742

48-6	光的角动量	747
48-7	光的散射	747
48-8	双散射	749
	思考题	750
	习题	752
<b>第四十九章 光与量子物理学</b>		<b>757</b>
49-1	光源	757
49-2	空腔辐射体	759
49-3	普朗克辐射公式	761
49-4	光电效应	764
49-5	爱因斯坦光子理论	767
49-6	康普顿效应	770
49-7	线光谱	775
49-8	原子模型——玻尔氢原子	778
49-9	对应原理	784
	思考题	785
	习题	788
<b>第五十章 波与粒子</b>		<b>794</b>
50-1	物质波	794
50-2	原子结构与驻波	798
50-3	波动力学	799
50-4	$\psi$ 的意义	803
50-5	测不准原理	805
	思考题	809
	习题	811
<b>补充论题</b>		<b>815</b>
VI	麦克斯韦方程的微分形式和电磁波方程	815
VI-1	引论	815
VI-2	算符 $\nabla$	816
VI-3	微分形式的麦克斯韦方程 I	818
VI-4	微分形式的麦克斯韦方程 II	819
VI-5	电磁波方程	821
<b>附录</b>		<b>824</b>
L	高斯单位制	824

## 第四十二章 光的本性与传播

### 42-1 引言

本章将整个电磁波谱(参看图 41-1)的理论应用于可见光, 因为可见光谱是电磁波谱的一个组成部分。下面紧接着的几章也集中讨论可见光。这种讨论的重要性在于: 由于自然选择, 我们大家都已经适应于太阳光的辐射, 我们都有一对电磁感受器官, 这一对器官只在可见光这个波段内才具有直接的电磁感受功能。事实上, 正是这一对器官确定了这个电磁波段。当然, 这一对器官就是我们的眼睛。我们必须经常记住: 我们对电磁波谱的可见光波段所讲的一切, 就其基本原理而言, 也适用于电磁波谱的其他波段, 各个波段间的区别主要在于, 产生和检测方法在本质上有所不同。

这里, 我们将“光”定义为眼睛可以直接看见的辐射。图 42-1

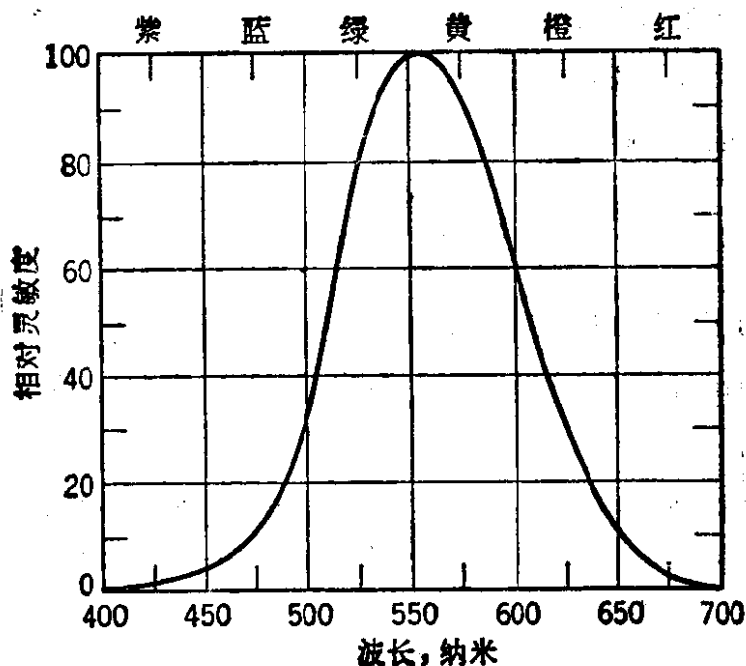


图 42-1 在正常照明标准下, 假想的标准观察者的眼睛对不同波长的相对灵敏度。

表示一个假想的标准观察者的眼睛对各种波长的辐射的相对灵敏度。该图表明,在可见光区域的中心处,波长大约为  $5.55 \times 10^{-7}$  米或 555 纳米。这种波长的光引起黄绿色的感觉<sup>1)</sup>。

在光学中常用的波长单位是微米(国际符号为  $\mu\text{m}$ )、纳米(国际符号为  $\text{nm}$ )与埃(国际符号为  $\text{\AA}$ )。它们定义如下:

$$1 \text{ 微米} = 10^{-6} \text{ 米},$$

$$1 \text{ 纳米} = 10^{-9} \text{ 米},$$

$$1 \text{ 埃} = 10^{-10} \text{ 米}.$$

可见光谱的两端的界限是不明确的,因为在图 42-1 中,眼睛的灵敏度曲线在长波与短波两边都是渐渐逼近于横轴。如果把可见光谱的界限(任意地)取在眼睛灵敏度已降低到其最大值的 1% 的波长处,则此二界限大约为 430 纳米与 690 纳米,即人眼可见的最长波长不到最短波长的二倍。只要辐射足够强,眼睛还可以看得见可见光谱界限以外的辐射。在许多物理实验中,人们可以用照相底片或者用光敏电子探测器来代替人的眼睛。

## 42-2 光的能量与动量

电磁波携带能量,把能量从太阳带到地球,从炉火带到炉旁的人手。电磁波在自由空间所传递的能量,在第 41-9 节中曾用玻印廷矢量  $\mathbf{S}$  来描写,即

$$\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E} \times \mathbf{B}, \quad (42-1)$$

式中  $\mathbf{E}$  与  $\mathbf{B}$  表示电场矢量与磁场矢量的瞬时值。

电磁波也可以传递动量,这个事实并不是大家都很熟悉的。换

1) 参看 "The Retinex Theory of Color Vision" by Edwin H. Land, *Scientific American*, December 1977, 与 "Color and Perception: the Work of Edwin Land in the Light of Current Concepts" by M. H. Willson and R. W. Brocklebank, *Contemporary Physics*, December 1961. 这两篇文章,对于视觉问题以及作为光的特征的颜色与作为物体的被眼睛看见的特性的颜色二者之间的区别问题,作了引人入胜的讨论。

句话说,光照射在物体上,会对物体施加压力(辐射压力<sup>1)</sup>). 这样的力同我们日常经验的力比起来一定很小,因为我们通常并未注意到有辐射压力. 当我们在暗室中推开遮光窗帘而让阳光照射我们时,我们毕竟没有向后跌倒. 但是,辐射压力的效应在星体的寿命周期中却很重要,因为星体内部的温度高得惊人(太阳为  $2 \times 10^7 \text{K}$ ).

麦克斯韦从理论上预言到这种效应以后约三十年,在 1901~1903 年期间,才第一次测定了辐射压力,在美国这是由尼科斯(Nichols)与赫耳(Hull)测量的,而在俄国是由列别捷夫(Lebedev)测量的.

假设有一束平行光在物体上照射了  $t$  秒钟,这束入射光被物体全部吸收. 如果在这段时间内物体所吸收的能量为  $U$ ,则依照麦克斯韦的预言,入射光传递给该物体的动量  $p$  由下式给出:

$$p = \frac{U}{c} \quad (\text{全部吸收}), \quad (42-2a)$$

式中  $c$  是光速.  $p$  的方向就是入射光束的方向. 如果入射光的能量  $U$  被物体全部反射,则入射光传递给物体的动量将为方程(42-2a)所给出的两倍,即

$$p = \frac{2U}{c} \quad (\text{全部反射}). \quad (42-2b)$$

同样,当一个完全弹性的网球从物体上弹回时,这个球传递给物体的动量,恰为一个质量和速率都相同的完全非弹性球(比如说,一团油灰)冲击该物体时所传递的两倍. 如果入射光的能量  $U$  被物体反射一部分,同时又被吸收一部分,则入射光传递给该物体的动量将介于  $\frac{U}{c}$  与  $\frac{2U}{c}$  之间.

**例 1** 有一平行光束,其能流密度  $S$  为 10 瓦特/厘米<sup>2</sup>. 此光束在一个面积为 1.0 厘米<sup>2</sup> 的完全反射的平面镜上照射 1 小时之久. 试问: (a) 在这时间

1) 参看“Radiation pressure”by G. E. Henry, *Scientific American*, June 1957; 再参看“The Pressure of Laser Light”by Arthur Ashkin. *Scientific American*, February 1972.

内,光束传递给反射镜的动量有多大? (b)作用在反射镜上的力有多大?

解 (a) 在1小时的照射中,从反射镜上反射的能量为

$$U = (10 \text{ 瓦特/厘米}^2)(1.0 \text{ 厘米}^2)(3600 \text{ 秒}) = 3.6 \times 10^4 \text{ 焦耳.}$$

传递给反射镜的动量为

$$p = \frac{2U}{c} = \frac{(2)(3.6 \times 10^4 \text{ 焦耳})}{3 \times 10^8 \text{ 米/秒}} = 2.4 \times 10^{-4} \text{ 千克} \cdot \text{米/秒.}$$

(b) 根据牛顿第二定律,作用在反射镜上的平均力等于传递给反射镜的动量的平均变化率,即

$$F = \frac{p}{t} = \frac{2.4 \times 10^{-4} \text{ 千克米/秒}}{3600 \text{ 秒}} = 6.7 \times 10^{-8} \text{ 牛顿.}$$

显然这是个很小的力.

1903年,尼科斯与赫耳利用扭秤方法测量了辐射压力,因而证实了方程(42-2). 他们让光投射到图42-2中的反射镜M上;

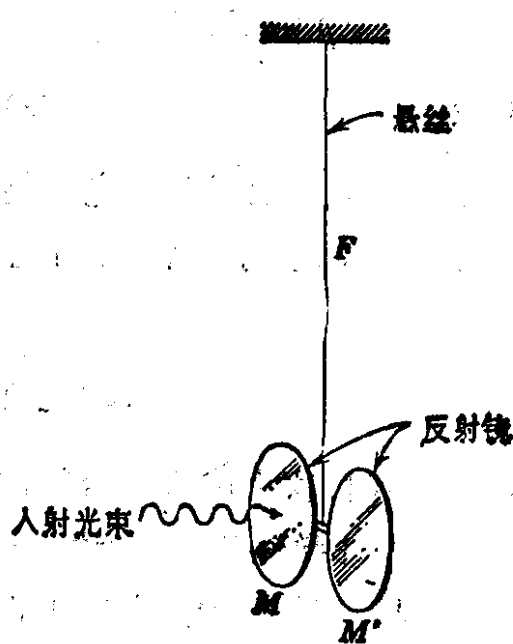


图 42-2 尼科斯与赫耳测量辐射压力所用的实验的示意图.

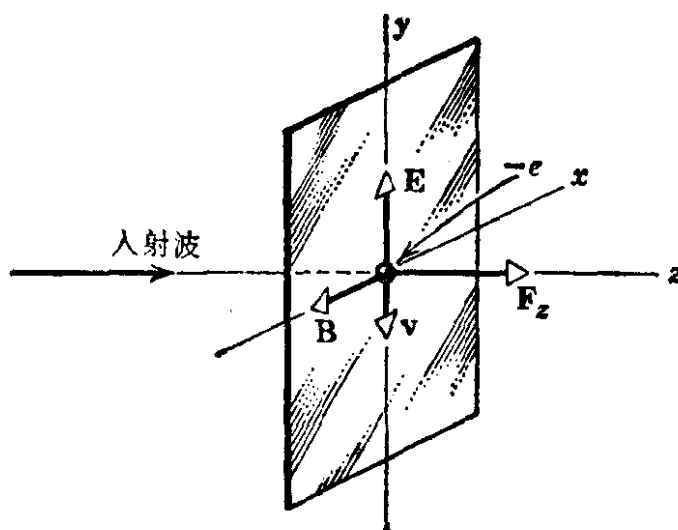
辐射压力使秤臂转过一个可以由实验测出的角度 $\theta$ ,因而使悬丝F扭转. 如果实验者对所用的悬丝作过适当的校准,就可以测出这个辐射压力的数值. 尼科斯与赫耳测量所用光束的强度的办法如下: 他们让光束投射到一个吸收本领为已知的涂黑的金属圆板上,并测出这个圆板的温度升高数值. 在特定的一连串实验操作中,尼科斯与赫耳测得辐射压力为 $7.01 \times 10^{-6}$ 牛顿/米<sup>2</sup>;而对他们所用的光束,利用方程(42-2)

所预期的值为 $7.05 \times 10^{-6}$ 牛顿/米<sup>2</sup>,这与实验符合得极好. 假定反射镜的面积为1厘米<sup>2</sup>,这就表示对该反射镜的作用力只有 $7 \times 10^{-10}$ 牛顿,这个力比例1中计算出来的力约小100倍.

尼科斯与赫耳实验的成功,是因为他们煞费苦心消除了由于反射镜周围气体中分子速率分布的变化所引起的附加偏转效

应。分子速率分布之所以发生变化,是因为反射镜从入射光束中吸收了能量,因而温度微微上升。这种“辐射计效应”,正是大家熟悉的玩具辐射计放在太阳光下发生旋转的原因。在完全的真空中这种“辐射计效应”应该是不会出现的。但是,在1903年那时可以得到的最佳真空中,这种辐射计效应却是存在的,因此,在设计实验时,就不得不特别考虑到这些效应了。

下面根据麦克斯韦方程,就一特定情况,来推导动量传递的关系式(式42-2a)。如图42-3所示,设有沿 $z$ 方向行进的平面电磁波,投射在一个很大的、电阻率很高的物质薄片上。如果这薄片足够薄,则仅仅很小一部分入射能量被薄片吸收,而大部分能量透过此薄片<sup>1)</sup>。



在薄片处,入射波  $\mathbf{E}$  与  $\mathbf{B}$  随时间作如下变化:

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_m \sin \omega t, \quad (42-3)$$

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_m \sin \omega t, \quad (42-4)$$

式中  $\mathbf{E}$  平行于  $\pm y$  轴,而  $\mathbf{B}$  平行于  $\pm x$  轴。

在第31-4节中,我们讲过,(恒定的)电场力

( $= -eE$ )对金属中一个传导电子的效应,是使该传导电子以(恒定的)漂移速率  $v_d$  运动。电子显得就象是浸没在粘滞性流体中一样,作用在电子上的电力为“粘滞”力所抵消,可以认为这个粘滞力与电子漂移速率成正比。因此,当平衡建立后,对于恒定的电场  $E$ ,有

$$eE = bv_d, \quad (42-5)$$

式中  $b$  是电阻性的阻尼系数。因此,电子的平衡速率(略去下标  $d$ )为

$$v = \frac{eE}{b}. \quad (42-6)$$

如果外加电场随时间变化,而且变化得足够慢,则电子的速率可以随着

1) 也反射一些入射能量,但反射波的强度很小,以致在下面的推导中可以不考虑。

变化的  $E$  值而不断地重新调节,以致在各个时刻电子的速率基本上仍由其平衡值(方程 42-6)给出。介质的粘滞性越大,电子漂移速率的调节就越迅速,正象在空气中降落的石块,要经过相当长的时间才能达到恒定的平衡速率,而在粘滞性油中降落的石块却非常迅速地达到平衡速率。我们假定,图 42-3 中薄片的粘滞性相当大,也就是说,薄片的电阻率相当高,以致入射光束中  $E$  的振荡虽然迅速,但方程(42-6)仍然适用。

当电子平行于  $y$  轴振动时,这个电子还受到由波的磁场分量所产生的第二个力的作用。这个力  $F_z$  ( $= -e\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ ) 朝着  $z$  轴的方向,即垂直于  $\mathbf{v}$  和  $\mathbf{B}$  所构成的平面,也就是说垂直于  $xy$  平面。 $F_z$  的瞬时值由下式给出:

$$F_z = evB = \frac{e^2 EB}{b}, \quad (42-7)$$

这里  $F_z$  总朝着正  $z$  方向,因为  $\mathbf{v}$  与  $\mathbf{B}$  的方向是同时倒转的;事实上,这个力就是图 42-3 中薄片上的辐射压力的作用机构。

根据牛顿第二定律,  $F_z$  就是入射波传递给薄片每个电子的动量的变化率  $\frac{dP_e}{dt}$ , 即

$$\frac{dP_e}{dt} = \frac{e^2 EB}{b}. \quad (42-8)$$

入射波按这个变化率把动量传递给薄片中的每一个电子,因而也传递给薄片本身。现在还要求出光传递给薄片的动量和薄片内部的能量吸收之间的关系。

入射波的电场分量对每个振荡着的电子做功,其瞬时功率由下式给出(见方程 42-6), 即

$$\frac{dU_e}{dt} = F_B v = (eE) \left( \frac{eE}{b} \right) = \frac{e^2 E^2}{b}.$$

注意,磁场力  $F_z$  总与速度  $\mathbf{v}$  垂直,它对振荡电子并不做功。方程(41-11b)表明,对于自由空间中的平面波来说,  $B$  与  $E$  有如下关系:

$$E = Bc.$$

由上二式,得

$$\frac{dU_e}{dt} = \frac{e^2 EBc}{b}. \quad (42-9)$$

这个方程代表每个电子从入射波中吸收能量的瞬时速率。

将方程(42-8)与(42-9)比较,得

$$\frac{dP_e}{dt} = \frac{1}{c} \frac{dU_e}{dt}.$$



再将上式积分,得

$$\int_0^t \frac{dP_e}{dt} \cdot dt = \frac{1}{c} \int_0^t \frac{dU_e}{dt} dt$$

即

$$P_e = \frac{U_e}{c}. \quad (42-10)$$

式中  $P_e$  是任何给定时间  $t$  内入射波传递给单个电子的动量, 而  $U_e$  是在同一时间内该电子所吸收的能量. 用薄片自由电子的数目乘上式两边, 就导出方程(42-2a).

虽然这个关系式(方程 42-10)是对一种特定的吸收体导出的, 但是吸收体的任何特征(例如, 电阻性阻尼系数  $b$ ) 在最后的表示式中并未保留下来, 这是理所当然的, 因为方程(42-10)表示任何物质吸收辐射的一般性质.

### 42-3 光的速率<sup>1)</sup>

光传播得太快了, 快得使人们在日常经验中从未感觉到光的速率不是无限大. 即使要提出这样一个问题: “光传播的速率有多大?” 也非有很大的洞察力不可. 伽利略曾向自己提出这个问题, 并曾试图用实验来回答. 他的主要著作, “关于两门新科学的对话”, 1638年出版于荷兰, 是以三个假想人物谈话的方式写出的. 这三个人名叫沙维音、沙格雷多与辛普里席阿. 下面是他们关于光的速率的谈话的一部分.

辛普里席阿: 由日常生活经验得知, 光的传播是瞬时的; 因为当我们看见远处开炮时, 火光到达我们的眼睛并不需要时间; 而炮声却要在一段可以觉察出的时间之后, 才能到达我们的耳朵.

沙格雷多: 喏, 辛普里席阿, 根据你熟悉的这个小经验, 我所能得出的结论只能是, 向着耳朵传来的声音, 比起向着眼睛传来的火光要慢得多; 这个小经验并不说明光的传播究竟是瞬时的, 还是仍需要时间, 虽然光传播得极为迅速…….

显然, 沙格雷多就是伽利略本人<sup>2)</sup>. 接着他在该书中描述了一

1) 参看 “The Speed of Light” by J. H. Rush, *Scientific American*, August 1955.

2) 伽利略是他的教名, 他的全名是伽利略·伽利雷.