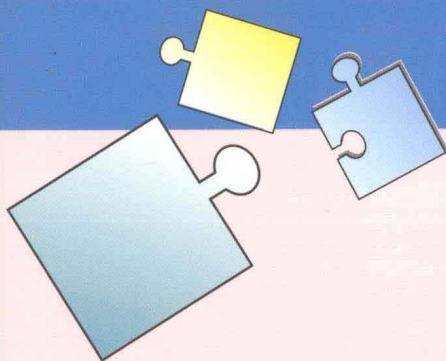


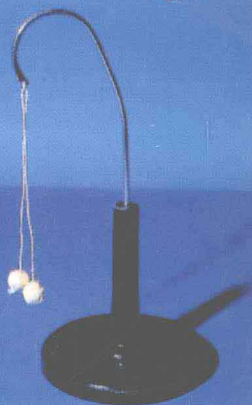
中学物理专题丛书

胡得祥

主编



郭生杰 编著



波动 与近代物理

ZHONGXUE WULI ZHUANTI CONGSHU

湖北教育出版社

胡保祥 主编

中学物理专题丛书

波动 与近代物理

郭生杰 编著

8

湖北教育出版社

(鄂)新登字 02 号

图书在版编目(CIP)数据

波动与近代物理/郭生杰编注. —武汉:湖北教育出版社, 2003

(中学物理专题丛书/胡保祥主编)

ISBN 7—5351—3726—1

I. 波… II. 郭… III. 物理课—中学—教学参考资料 IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 002900 号

出版 发行:湖北教育出版社
网址: <http://www.hbedup.com>

武汉市青年路 277 号
邮编:430015 电话:027-83619605
邮购电话:027-83669149

经 销:新 华 书 店

印 刷:文字六〇三厂印刷

(441021·湖北襄樊盛丰路 45 号)

开 本:787mm×1092mm 1/32

10.25 印张

版 次:2004 年 3 月第 1 版

2004 年 3 月第 1 次印刷

字 数:204 千字

印数:1-8 000

ISBN 7—5351—3726—1/G·3034

定价:13.00 元

如印刷、装订影响阅读,承印厂为你调换

写在前面的话

要想学好波动理论和近代物理的理论,我们的这本小册子,只能给您起到一个引路的作用。我们编写此书的目的,只是想给有兴趣了解这方面知识的读者提供一种简明浅显的读本,希望能让读者对波动学和近代物理学有一个定性的、大概的认识。读者从这里获得一定的知识固然重要,但是,我们更加希望读者能够从这里学到先贤们研究自然奥秘的方法,学到他们对真理孜孜不倦的追求精神和创新精神。因此,本书将把重点放在中学生和中学教师迫切需要的《机械波》、《光的本性》、《原子物理初步》上面。在这几个章节中,我们尽可能地提供有关理论的来龙去脉,在现行中学教材的基础上,有所拓宽和加深,尤其在实验证据及理论联系实际方面,将作适当的扩展。至于《相对论》、《量子力学》、《基本粒子概况》将用一章的篇幅来讲,只作简要的介绍,其深度和广度不会超过中学物理教材很多。介绍的重点也将放在这些理论的形成过程和基本观点上面。

为了读者能够很顺利地读懂本书的内容,我们在这里想提请读者朋友们注意以下几个问题。

第一,我们通常接触的都是宏观、低速状态下的物理

问题,因此,我们多是采用经典力学的思想和观念在认识、分析问题(本书也将采用这些方法讨论一些问题)。其对象往往是一个或者少量的物体,而在波动和近代物理学中,我们研究的对象往往是用“成千上万”都不能言其多的大量的质点或者微观粒子,所以您千万要牢记,我们在这里所面对的是大量的研究对象——质点和微观粒子。

第二,在研究自然规律的过程中,辩证法告诉我们,任何事物之间都是存在联系的。质点也好,微观粒子也好,它们之间也存在着普遍的联系,所以,我们要特别注意用联系的思想方法去思考问题,去研究问题。

第三,本书的内容既有经典的物理问题,也有量子的理论。就其运动和变化的规律来看,前者是连续的,而后者却具有显著的不连续性。我们应该充分注意到它们的不同特征。

第四,由于我们面对的是大量的研究对象,所以我们在研究问题的时候,要采用统计的眼光(运用几率的概念),去关注群体对象的运动行为和变化的规律。

总之,只要我们能用正确的思想方法去看待自然,研究自然现象,就一定会从中受益。本书在出版社及许多同行的帮助下得以出版。在此,向大家一并致谢!

目录

写在前面的话	1
--------	---

第一章 机械波 1

一、机械波的形成和传播	2
-------------	---

二、波动的描述	8
---------	---

思考与练习 1	17
---------	----

三、波的特性(一)

——惠更斯原理和机械波 的衍射	19
--------------------	----

四、波的特性(二)

——机械波的反射和折射	25
-------------	----

五、波的特性(三)

——波的叠加原理和波的干涉	27
---------------	----

思考与练习 2	32
---------	----

六、声波及多普勒效应	35
------------	----

第二章 光的本性 39

一、人类对光的本性的认识概况	39
----------------	----

二、光的干涉(一)	44
-----------	----

三、光的干涉(二)	51
-----------	----

四、光的干涉的应用	56
-----------	----

思考与练习 1	59
---------	----

五、光的衍射(一)	61
-----------	----

六、光的衍射(二)	68
-----------	----

思考与练习 2	76
七、光学仪器的分辨本领	77
八、光的偏振和散射	82
思考与练习 3	89
九、光的电磁学说和电磁波谱	89
思考与练习 4	93
十、光电效应	93
思考与练习 5	104
十一、光的波粒二象性	106
思考与练习 6	108

第三章 原子 原子核 110

一、原子结构模型概述	110
二、原子的核式结构	114
思考与练习 1	124
三、原子光谱的规律与玻尔模型	125
思考与练习 2	136
四、原子辐射 激光	137
五、量子原子模型	147
六、天然放射现象	159
思考与练习 3	185
七、原子核的人工转变和 结构模型	189
思考与练习 4	201
八、核能	202
思考与练习 5	206
九、核裂变	208

十、核聚变	222
-------	-----

思考与练习 6	236
---------	-----

第四章 近代物理学简介	238
-------------	-----

一、相对论简介	239
---------	-----

二、量子力学简介	274
----------	-----

三、基本粒子概况	296
----------	-----

参考答案	309
------	-----

主要参考书目及网址	313
-----------	-----

第一章 机械波

“波”在日常生活中是极其普遍的一种运动形式。声音是我们再熟悉不过的了，它是波的形式之一。它能够为我们的交流传送信息；我们长时间的讲话，会觉得累，那是由于我们讲话的时候，要消耗很多的能量。那么，我们消耗的体能到哪里去了呢？被声波在传播的过程中传递出去了，这样我们才能听见声音。“春风吹皱一池春水”，这里的水面被风吹“皱”，就是产生了水波。它能使水面上的小船随着水面上下起伏。还有，我们打开收音机、电视机的时候，可以听广播、看电视，那是因为电磁波的作用。除此之外，还有原子、电子等微观粒子，也具有波动性。不同类型的波具有不同的特性；同时，不同的波也具有它们的共性。电磁波的传播不需要介质，它可以在真空中传播，光从遥远的恒星传到地球，就是在几乎为真空的宇宙中传播的。而声波却必须在空气或者其他介质中传播，而不能在真空中传播。这是它们的不同特征。它们也有共性，它们有类似的波动方程，都能被反射、折射，都能产生干涉、衍射现象。这些性质是“波”这种运动形式所特有的性质叫波动性。

机械振动在弹性介质中的传播过程就形成机械波。本章

我们只讨论机械波的运动规律,其中的许多结论对其他的波动形式也是适用的。

一、机械波的形成和传播

1. 弹性介质、振源和波的形成 由无穷多个质点,通过它们之间的相互作用力联系在一起的连续体就叫弹性介质。弹性介质可以是固体、液体、气体。固体介质有正弹性力(即张力或者压缩弹力)和切弹性力;而液体、气体只有正弹性力,没有切弹性力。

2

当弹性介质中的某个质点或者质点团在其平衡位置附近振动时,由于介质中的弹性力的作用,会引起周围其他质点做受迫振动,这样依次带动,向前传播,就会导致介质中所有质点的振动。振动在弹性介质中的传播过程就叫波。而我们就把最先开始振动的质点或者质点团叫做振源,也可以叫做波源。当然,在实际研究波的传播问题的时候,我们也可以灵活处理,把介质中不是最先开始振动的质点(波的传播方向上某个能使我们研究的问题简化的质点)当做振源。

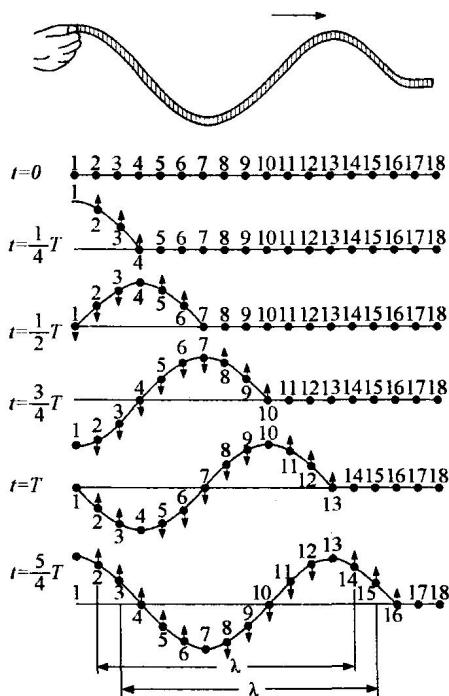
弹性介质和振源就是产生机械波的两个条件。

在这里值得我们注意的是,振动和波动是两个完全不同的概念。当有波在介质中传播时,介质中的每个质点都只是在它们各自的平衡位置附近往复运动,其平衡位置是不会随着波的传播而向前迁移的。当然质点也不会随之迁移,波传

播出去的是振动这一运动形式,或者说是传播的能量。而不是传播的质点本身。

例如

用手抖动水平方向上的柔软的绳子，我们就会看到绳子上产生了绳波(如图1-1)。我们在这根绳子上找出如



次跟着上下振动起来,最右边的质点总是重复第一个质点最开始所做的运动。这样就在绳子上产生了上下起伏(既有波峰,又有波谷)的绳波。图中我们画出了从开始到 $5/4$ 周期的情况。从图中可以看出,后振动的质点总是重复先振动的质点的运动,而这些质点本身并没有向绳子波传播的方向迁移。所以,波在介质中的传播,不是传播的介质中的质点,而是传播的振动这种运动的形式,传播的是人的手在抖动绳子的時候消耗的能量。

2. 横波和纵波 当有波在介质中传播时,其中的质点就会振动,这些质点的运动方向可能与波的传播方向垂直,也可能与波的传播方向平行。如果质点的振动方向跟波的传播方向垂直,这样的波就叫横波;如果质点的振动方向跟波的传播方向平行,这样的波就叫纵波。前面所说的绳子波就是横波。

如图 1-2 所示,上面是一根轻质的弹簧,右端固定在墙

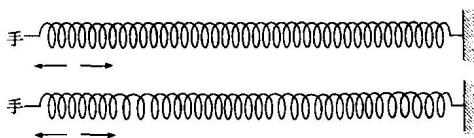


图 1-2 弹簧中传播的纵波

上,现在用手水平方向拨动一下弹簧的左端,就会在弹簧中形成疏密程度不一的一些小段,它们也会沿着弹簧向右传播。这是由于弹簧的左端在手的拨动下,左右振动,从而带动了相邻的其他质点也左右振动,形成了沿着弹簧传播的机械波(如图中下面的弹簧所示),弹簧中的质点振动的方向跟波的传播方向平行,这里的波就是纵波。横波和纵波是最简单的两种

形式的机械波。

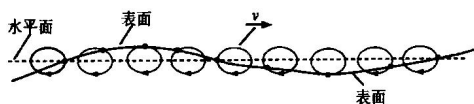
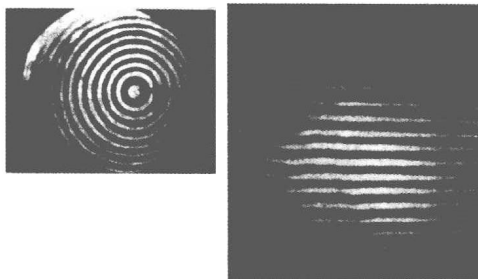


图 1-3

在介质中传播的机械波,除上述两种外,还有很多。地层深处的地震波既有横波,也有纵波,而且它们以不同的传播速度(横波传播慢,纵波传播快)传到地面。沿着地面传播的地震波,是更加复杂形式的波。水面波也是一种复杂的机械波,它既不是横波,也不是纵波。当水面波产生时,水中的各质点



甲

乙

图 1-4

都沿着椭圆轨道运动(如图 1-3 所示)。这是因为水面上各质点所受的力是它们的重力和水的表面张力。如果水面上某个质点受到外力的作用而下降,形成水窝。在重力和表面张力的作用下,周围的质点开始向下降处流动,填充水窝的凹部,并在其四周形成圆形凹槽。这个凹槽周围的质点,继续向

低处汇流,这样圆槽的直径就会不断增大。在圆槽里面的水的质点,将向上“浮出”形成凸峰。当这部分质点再次下降时,凸峰将以圆圈状向外传播开去,形成圆形水波(如图 1-4 甲)。水中的质点(图 1-3 中的小黑点,是图示时刻水面上质点的位置,下一时刻,它们的位置就会变化)在下降时,除了向下运动外,还会向后(指向波源方向)运动;而上升时,除了向上运动外,还会向前(背离波源方向)运动。这样它们实际上就是沿着椭圆轨道作上下前后的周期性运动。同理,当一条直线上的质点向下降时,就会形成直线形的水波(如乙)。

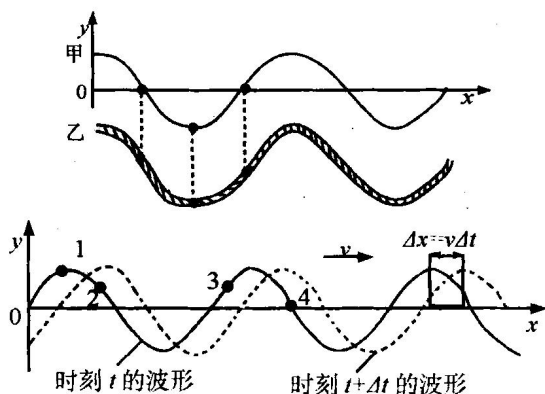


图 1-5

3. 波形图 如果我们如实拍摄下机械波传播过程中的某个时刻的照片,便能得到波形图像。正如绳子波在图 1-1 中一样,照片跟我们在下面画的示意图形状一样;如果我们把水面波沿着圆形波的一条半径(或者直径)切开,看到的切面

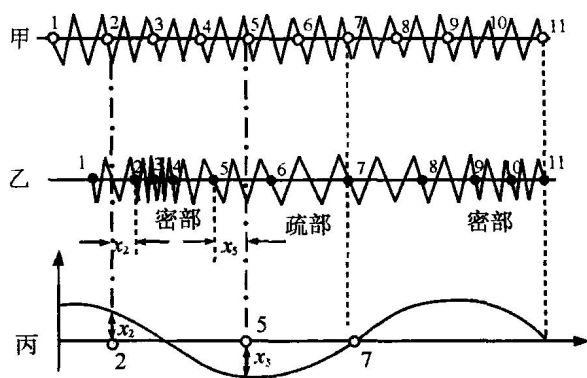


图 1-6

图会跟图 1-1 中相似的波形,直线水波沿着垂直于波纹的方向切开来,看到的结果一样。我们把用来表示波在某个时刻的波形的示意图,叫做波形图像。如图 1-5 为横波的波形图像。它也可以用来表示纵波某个时刻的波形。如图 1-6 为纵波的波形图像。

在此,我们想提请读者注意的是,不要把波形图像跟振动图像混为一团。如前所述,振动图像是描述的一个质点在一段时间内的振动情况的图像,它不会随着时间的变化而变化,只会随着时间的延长而延伸;而波形图像是描述的大量质点在某一个时刻,在介质中的相对位置(相对于它们的平衡位置的位置)的图像。如果时间变化,其图像是会随着时间变化的。

那么,我们如何定量地来描述机械波呢?下一节我们来讨论这个问题。

二、波动的描述

波动既然是一种运动形式,要想描述它,我们自然会想到用描述一般机械运动的方法来对它进行描述。

1. 质点简谐运动速度、周期、频率 我们首先想到的是介质中的每个质点简谐运动的情况怎么描述。质点都是在它们的平衡位置附近振动,我们必须引入振动速度的概念,用来描述质点简谐运动情况。显然,振动的速度是随着质点离开平衡位置的位移而变化的。它同时应该是跟时间有关的函数,会随时间作周期性的变化。当质点在平衡位置时,速度最大;当质点在波峰或者波谷时,质点的速度为零。质点在从平衡位置向波峰(或者波谷)运动时,运动速度会逐渐变小;而当它们从波峰(或者波谷)向平衡位置运动时,它们的速度就会逐渐变大。其原因其实是很简单的,这是由于质点离开平衡位置后,会受到跟它的运动方向相反的弹力的作用,因而产生了与其速度方向相反(从平衡位置向波峰或者波谷运动时)或者相同(从波峰或者波谷回到平衡位置时)的加速度。当然,这个加速度也是变化的,在平衡位置时,加速度为零;在波峰或者波谷时,加速度则最大。当质点既不在波峰,又不在波谷的时候,其加速度会随着它离开平衡位置的位移的增大而增大。这是由弹性介质的形变所决定的(关于这个问题,在稍后关于机械波的能量问题中,我们将进一步加以说明)。

此外,我们还应该从质点完成一次全振动的时间上来对它们的运动快慢给以描述,我们就引入了周期的概念,用 T 来表示,它表示质点完成一次全振动所需要的时间。而每秒钟完成全振动的次数,则用频率来描述,用 f 来表示。周期和频率的关系,跟我们在《机械振动》中所见到的一样 $T = 1/f$ 。

2. 波长 由于波在介质中传播时,有大量的质点都在振动。那么,它们在振动的时候,大家是齐步走呢,还是各走各的,互不相干,亦或其中有规律可循呢? 细致的研究表明,它们并不是齐步走,而是各个质点的振动情况从振动的步调上来看,并不完全一样,但是,是有规律可循的。

(1) 波长 当波在某一种给定的介质中传播时,我们从波源向波传播的方向看,每隔一定的距离,就有至少两个质点的振动步调是一致的。或者间隔该距离的整数倍的质点的振动步调都是一致的。为了描述介质中质点振动步调上的这种特点,我们引入波长的概念。我们把沿着波的传播方向,相距最近振动步调始终相同的两个相邻质点之间的距离,叫做波长。用 λ 来表示。前面提到的两个相邻的波峰(或者相邻的波谷)之间的距离就等于一个波长。也就是说,相距一个波长(或者一个波长的整数倍)的两个质点的振动步调总是相同的。所不同的是,从最初开始振动的先后次序上来看,处于波的传播方向上游(我们姑且把离波源近的质点看成是它处于波传播方向的上游,而把离波源远的质点看成是处于下游。正如我们说河水的上游、下游一样。)的质点比起其下游的质点来,要早一个周期(或者一个周期的整数倍)的时间开始振动。另外