

中学生文库

ZHONGXUESHENG WENKU

形形色色的振动



上海教育出版社

G633.7
231

中学生文库



ZHONGXUESHENG WENKU

形形色色的振动

朱 伟

上海教育出版社

责任编辑 高惠龙
封面设计 范一辛

中学生文库 形形色色的振动

朱 伟

上海教育出版社

(上海永福路123号)

上海发行所发行 祝桥新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 2.25 插页 2 字数 47,000

1986年12月第1版 1986年12月第1次印刷

印数 1—10,200本

统一书号: 7150·3543 定价: 0.36元



目录

ZHONG XUE SHENG WENKU

一、我们生活在振动的世界里	1
1. 一种常见的运动	1
2. 生命离不开振动	4
3. 从小粒子到大宇宙	6
4. 更广义的振动	8
想一想	10
二、振动的肖像	11
1. 怎样给振动画像	11
2. 如何辨认振动图线	12
3. 几种振动记录仪	16
想一想	18
三、单摆的故事	19
1. 奇妙的神灯	19
2. 牛顿的结论	20
3. 有趣的单摆	21
4. 旋转着的地球	23
想一想	24
四、圆的妙用	26
1. 难题	26
2. 一场皮影戏	27

3. 请匀速圆周运动来帮忙	28
想一想	32
五、振动图线里的秘密	33
1. 从声音讲起	33
2. 能用声音消灭声音吗?	36
3. 一种奇怪的声音	39
4. 美丽的曲线	41
想一想	43
六、在振动的背后	45
1. 大自然的巧妙安排	45
2. 地道里的自动快车	47
3. 能量守恒吗?	50
4. 能量守恒定律的妙用	52
5. 阻尼的“影子”	54
6. 一个小实验	58
想一想	58
七、多种多样的共振	60
1. 一个有趣的现象	60
2. 共振的故事	61
3. 常见的共振	64
想一想	67
参考解答	69

一、我们生活在振动的世界里

1. 一种常见的运动

当你乘坐公共汽车经过一段坑坑洼洼的泥路时，车身的上下颠簸使你感到难受。这时，你的身体正随着车身在某个位置附近来回反复移动。这种使你感到讨厌的运动就是我们这本书里的主角——振动。

汽车到站了，你走下汽车。这一回，可没有振动来陪伴你了吧？不。因为当你一迈开脚步赶路时，手脚自然要前后摆动，身体的重心也会随着你的步伐忽高忽低地变化，这些又是振动。

如果你仔细观察发生在周围的各种各样运动，可以发现振动是经常出现的：

天平秤上的秤盘和指针，在平衡位置附近上下、左右摆动（图1-1），这是振动；气缸里的活塞，在机器开动时作往复运动（图1-2），这也是振动；U型试管里的液体，可以发生上下振动（图1-3）；钟表里的游丝（图1-4），凹槽里的弹子（图1-5）都能沿着某段弧线发生振动。

物体沿着直线或弧线，在某一中心位置（平衡位置）附近来回运动，统称为振动，或更确切地称为机械振动。

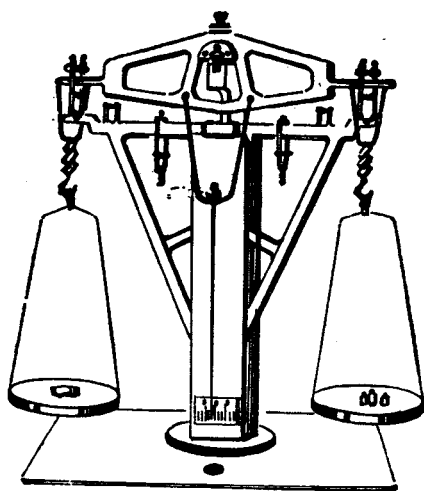


图 1-1

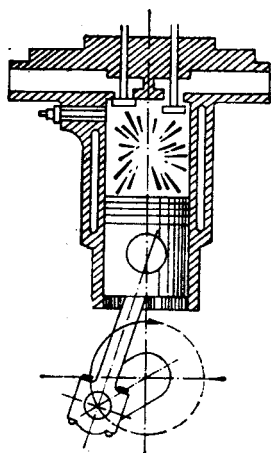


图 1-2

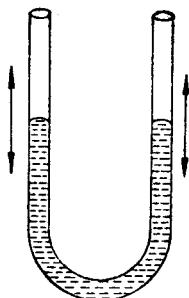


图 1-3

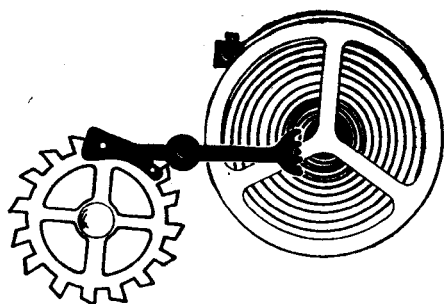


图 1-4

把一根弹簧的一端固定，另一端系在一块小木块上（图 1-6）。如果弹簧的质量同木块的质量相比可以忽略不计，木块同接触表面之间没有摩擦力（这当然是一种理想情况，我们只能近似地做到这一点），那么，你只要把小木块从平衡位置拉开一小段距离，再松开手，木块就会来回振动。我们称这样一种装置为弹簧振子。



图 1-5

弹簧振子是研究实际振动现象时很有用的一个理想模型。例如在工厂里安装精密机床，一般先在地基上铺设具有弹性的垫层，再在上面浇筑

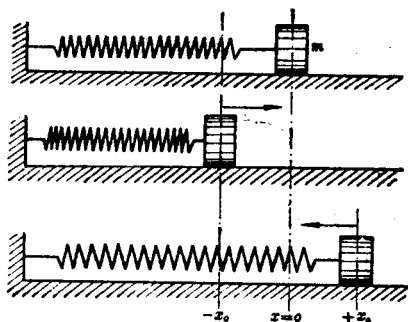


图 1-6

混凝土和架设机床。这样一个系统就可以看作由一只弹簧和连在上面的物体组成的弹簧振子。我们研究这个弹簧振子的振动规律，便能预料机床开动后可能发生的情况。

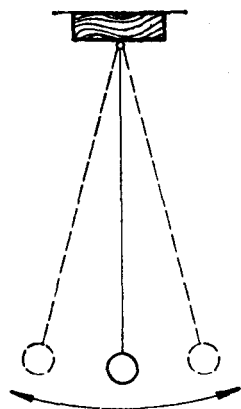


图 1-7

取一个小球拴在一根细长的线上，如果线的质量同小球质量相比可以忽略，小球的直径与线的长度比较起来也是小得很，这样的装置叫单摆。只要先让单摆偏离原来的平衡位置再松手，它便会来回振动起来(图 1-7)。

钟摆、千秋可以近似看作单摆。

弹簧振子和单摆，是研究振动很有用的工具。

2. 生命离不开振动

你可否知道，在人的身体里，也存在着许许多多的振动，而且这些振动同生命是息息相关的呢！

首先来观察心脏的搏动。心脏好象一台血泵，靠心脏肌肉的收缩和舒张（振动），把血液压送到身体的各个部位。在人的的一生中，心脏要振动几十亿次。正常成年人的心脏每分钟振动六十到八十次。令人惊异的是心脏的振动有着非常严格的规律。患有某种心脏病的人，由于他的心脏振动规律受到破坏，而出现心律不齐。

心脏的振动是受专门神经系中的电振动控制的，这种电

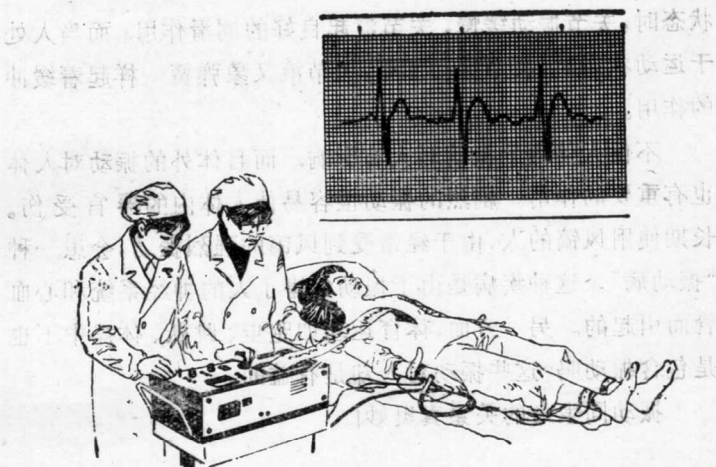


图 1-8

振动传到皮肤上，引起皮肤电位的振动。用非常灵敏的电子仪器放大这种电位振动，再记录在纸带上，就叫作心电图，它是诊断病人病情的重要依据(图 1-8)。

更为神奇的是中医里的切脉。我国传统的中医学把人的脉搏(也是一种振动)分成许多类别。经验丰富的中医师，凭着他手指感受到的脉搏振动情况，可以相当正确地判断病情。

再来看看呼吸时肺的扩张和收缩，消化食物时胃和肠子的蠕动，这些不也是振动吗？

当你讲话时，用手捂着喉部，可以感受到声带引起的振动。每个人的声带振动都有一定的特色，所以您可以通过声音来辨别你所熟悉的人。

在人体的关节之间，有一种特殊的液体——关节液，它的性质随同关节来回活动(振动)的节奏而变化；当人处于休息

状态时,关节振动缓慢,关节液起良好的润滑作用;而当人处于运动状态时,关节振动加剧,关节液又象弹簧一样起着缓冲的作用。

不仅人体内的振动对人有影响,而且体外的振动对人体也有重要的作用。剧烈的振动很容易使人体内的器官受伤。长期使用风镐的人,由于经常受到风镐的强烈振动,会患一种“振动病”。这种疾病是由于振动危害了人的神经系统和心血管而引起的。另一方面,体育运动如跑步、跳跃、体操中不也是包含振动吗?这些振动对人却是有益的。

振动同生命的关系真奥妙!

3. 从小粒子到大宇宙

一杯水,一块铁平平稳稳地摆在桌上,它里面也有振动吗?有。

任何液体或固体都是由许许多多的分子组成的,振动是液体分子和固体分子运动的主要形式。

固体分子振动时,它的平衡位置是固定的,液体分子振动的平衡位置却在不断地变迁。有趣的是这些振动虽然随温度下降而变弱,但是即使温度下降到最低点(所谓的绝对零度),振动也不会消失。用非常精密的仪器可以测量到它们。这种奇怪的振动叫零点振动,它是微观世界的一个重要特征。

更富有戏剧性的是原子核振动的发现。原子核是一个很顽固的“堡垒”,本世纪三十年代,科学家们用中子作为炮弹,轰击铀元素(U^{235})的原子核。他们总以为中子只能使原子核受到一点小损失,可是实验得到的结果同科学家们事先预料

的完全不同。这场探索经历了不少曲折，一直到 1938 年，德国科学家哈恩和斯特拉曼用精确的化学方法断定，铀原子核被中子击碎成两半，科学家们才恍然大悟。原来 U^{235} 的原子核受到中子撞击后发生了振动，振动过程中中间变窄，最后断裂为两半（图 1-9）。据说，当物理学家尼尔斯·玻尔听到哈恩他们的实验结果时，拍了一下自己的前额，大声说：“我们怎么会那么长久没有想到这点呢！”

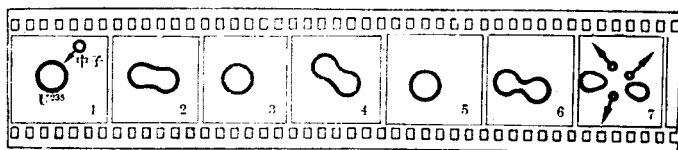


图 1-9

原子核裂变的这个发现确实非同小可，因为它是人类理解原子能释放过程的一个重要环节。关于原子核的振动，今天已成为原子核物理学的常识了。

以上这些不过是振动在微观世界中的几个例子而已。下面不妨再往大的方面去看看。

地震是一种巨大的振动，不少人一提起它便谈虎色变。其实地壳的振动是经常发生的，只是在正常情况下这些振动极其微弱，你没有感觉到它罢了。但是，在任何一次大地震之前，这些小小的地震会产生某种异常的先兆，研究它们的规律可以及时预报大地震。

我们所处的宇宙，从近代物理学的观点来看，目前正处于不断膨胀的阶段。这种膨胀将来有一天是否会停止，甚至收缩，即是否会发生振动，这是科学家们还在研究的问题。

从本书的第一节到这里，讨论的大多是机械振动。在自

然界里,还存在着更多的非机械性振动,这是我们在下一节要讲的。

4. 更广义的振动

“今天白天最高气温 10°C , 夜里最低气温 4°C , 明天白天最高气温 9°C ……”当你把每天的气温记录下来后, 会发现气温也在某个数值附近来回地变化。

我们不妨把机械振动的定义中有关位移变化的一段话改成“某种物理量的变化”, 把振动定义为: 描写物体状态的某物理量在某个数值附近的来回变化。这里讲的“某物理量”可以是温度、气压、电流强度、电压等等。这样一来, 振动的含义就变得更广泛了。

现在可以讲, 气温也是在振动着。

气象工作者把每天的气温、气压记录下来, 把它们的变化看作是一种振动。这种振动反映了气候变化的某些规律 (图 1-10)。

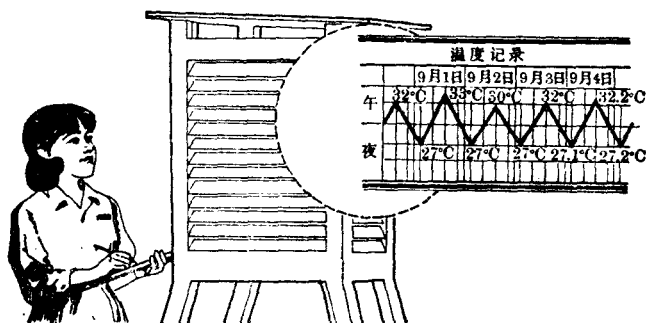


图 1-10

电和磁的振动更是大家熟悉的。例如交流电可以通过变压器方便地提高电压或降低电压。交流电之所以具有这种优点,正是因为这种电流的强度是在不断地振动。

在我们的周围充满着电磁波,电磁波就是振动(振荡)着的电磁场。下面不妨让我们来想象一下此时此刻我们周围空间里电磁场的振动:

首先,照明电线里振动着的电流所产生的磁场,以每秒

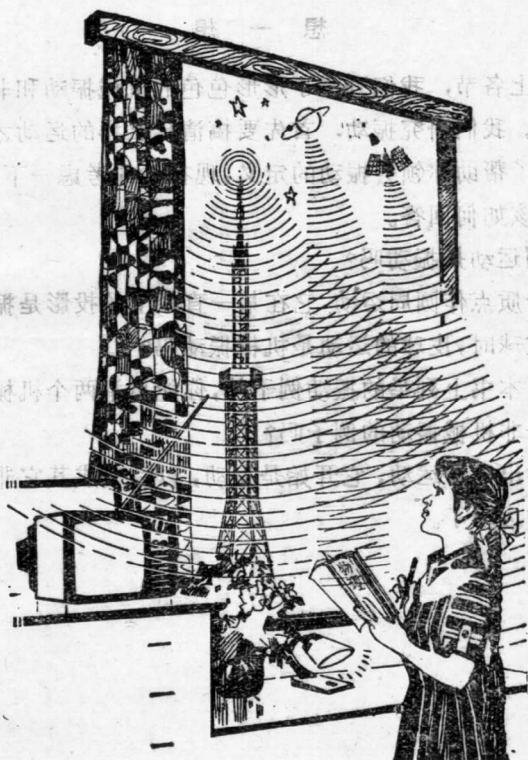


图 1-11

50 赫的频率变化着。同时，微微振动着的光从窗口射进来，以每秒 30 万公里的巨大速率奔跑……发自广播电台和电视台的电磁波，此时正以特殊的方式振动着、飞奔着，等候我们去接收。另一种微弱的振动是来自几百公里外人造卫星的密码讯号，只有专门的仪器才能接收到它(图 1-11)。

此外还有一种更神秘的电磁场振动，那是发源于几十亿光年以外，从极遥远的星系送来的。

想 一 想

以上各节，我们列举了形形色色的机械振动和非机械振动现象。我们研究振动，首先要搞清什么样的运动才算是振动。为了帮助你领会振动的定义，现在请你考虑一下，下面的问题应该如何回答。

1. 圆周运动是振动吗？
2. 一个质点作圆周运动，它在某一直径上的投影是振动吗？
3. 拍皮球时，皮球的运动是机械振动吗？
4. 除了本书上列举的振动例子外，你能再举两个机械振动和两个非机械振动的例子吗？
5. 请举出一种运动，它开始是振动，以后变成其它非振动形式的运动了。

二、振动的肖像

1. 怎样给振动画像

一个人正在剧烈跳动(振动),你能拍一张照片把他的运动过程记录下来吗?

很难。因为在照相机曝光的那段时间里,那个人在底片上留下了一系列振动动作的潜影,等到相片洗出来,瞧!上面尽是模模糊糊重叠在一块的图象,什么细节也看不清楚。

振动是一种变化迅速的运动,而且有些振动的动作非常复杂,要研究振动的规律,一定要把它的运动情况记录下来。这好比一个医生,只有根据望、闻、问、切、叩等各种方法了解病情,然后才能对症下药。

有什么办法能真实地记录振动的全过程呢?我们不妨在弹簧振子上固定一枝铅笔,让笔尖触及一张纸,用笔和纸把振动过程记录下来。振子振动了,可是笔尖反复划着同一根直线,什么名堂也看不出来。

这时候,只要慢慢地拉动纸张,铅笔便会画出一条大家熟悉的曲线,我们称它为振动图线。图 2-1 就是一架根据这个原理制造的记录弹簧振子振动的装置。你别小看它模样简陋,它的用处可真不小。

振动图线就是振动的肖像,它提供了振动过程中的许多

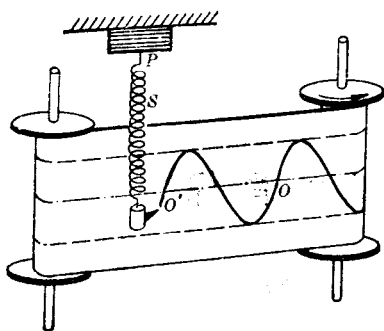


图 2-1

细节。为什么这样讲呢？请看下面的解释。

先让振子保持在平衡位置不动，纸张移动时，图 2-1 的装置记录下来的是一根直线 OO' 。这根直线是各个时刻平衡位置留下来的轨迹，我们用它表示时间轴。

用数轴表示时间轴，这个办法你在从前的课程中已经学过了。现在把单位时间（例如 1 秒钟）里笔墨划出的线段长度当作单位时间。记录纸是匀速移动的，所以，时间轴上的时间是等分的。

现在，让弹簧振子发生振动，并匀速地拉动记录纸，振子的振动就通过墨笔的振动把轨迹展开在记录纸上，振动图线清楚地表示出每一个时刻振子的位置。

2. 如何辨认振动图线

图 2-2 是同一振动的两幅不同的肖像。图中 t 轴是时间轴，与时间轴垂直的 x 轴称为位移轴，它表示振动质点离开平衡位置的位移。你能说出这两幅图象为什么如此不同吗？

原来，制作第二幅振动图线时，记录纸的移动速度降低了一半。结果它的时间轴上表示单位时间的线段比第一幅图缩短了一半。所以，看振动图线时，先要观察一下时间轴和位移