

高級中学課本物理学

第二册补充教材

人 民 教 育 出 版 社

高級中学課本物理学

第二册补充教材

北京市书刊出版业营业许可证出字第 095 号

人民教育出版社編輯出版(北京景山东街)

北京出版社重印(北京东单麻线胡同 3 号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 095 号

新华书店发行

北京新华印刷厂印刷

统一书号: K 7012·1004 字数, 38 千

开本: 787×1092 毫米 1/32 印张, 1 号

1960 年第一版

第一版 1960 年 12 月第二次印刷

北京: 22,701—65,700 册

•

定价: 0.11 元

編者的話

由于高中物理課本的知識內容不够丰富，反映最新科学技术成就不够，我們編輯出版了补充教材，供参考选用。

这本补充教材的第1—8节是对个别問題作必要的补充或初步介紹有关的現代科技成就，第9—15节是补充对进一步学习科学技术都很重要的热力学基础知識。第1—8节可放在課本的有关章节之后講授，第9—15节可放在講完高二物理課本之后講授。

本书編入的两个实习是帶有参考性的，各校可根据設備条件选作或改作别的实验实习。由于物理实验在物理教学中十分重要，希望教师尽可能創造条件来安排更多的实验实习。

我們誠懇地希望各地教师对本书提出批評和建議，来信請寄“北京景山东街45号”本社收。

人民教育出版社

1960年5月

目 录

1. 簡諧振动的运动方程 周相	1
2. 同方向簡諧振动的合成	4
3. 复杂的周期振动的分析	8
4. 建筑声学简介	10
5. 超声波的发射和接收	14
6. 超声波的特性和应用	18
7. 門捷列夫-克拉珀龙方程	22
8. 低温物理学简介	24
9. 热力学第一定律	27
10. 理想气体的等值过程和絕热过程	30
11. 循环过程	36
12. 热力学第二定律	39
13. 卡諾定理	43
14. 可逆机的效率 提高真实热机效率的方法	46
15. 热力学第二定律的統計意义 对“热寂說”的批判	49
16. 实习一 測定小河流量	52
17. 实习二 汽車汽油发动机实习	54

1. 簡諧振动的运动方程 周相 所有簡諧振动的图綫都是正弦图綫。因此，可以用正弦函数来表示簡諧振动的位移的变化情况。設 x 代表簡諧振动的位移， A 代表它的振幅，那么位移的变化情况就可以用下面的正弦函数来表示：

$$x = A \sin \alpha. \quad (1)$$

上面的公式就表示振幅的变化情况，当 $\alpha = 0^\circ$ 时，位移 $x = 0$ ； $\alpha = \frac{\pi}{2}$ 时， $x = A$ ； $\alpha = \pi$ 时， $x = 0$ ； $\alpha = \frac{3\pi}{2}$ 时， $x = -A$ ； $\alpha = 2\pi$ 时， $x = 0$ ； α 繼續增大， x 就重复以前的变化。 x 随 α 变化的情况如图 1 所示。

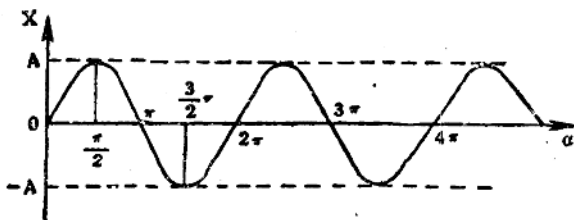


图 1

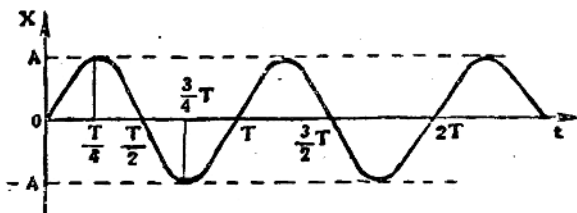


图 2

但是，簡諧振动的位移是随時間而改变的，而(1)式中沒有反映出 α 跟時間的关系，因而根据(1)式不能求出任一时刻的位移，所以还需要进一步寻求角度 α 跟時間 t 之間的关系。

把图 1 所示的簡諧振动，改画成位移随时间变化的图綫，就得到图 2 所示的正弦图綫。比較图 1 和图 2，可以知道：

$$\alpha : t = \frac{\pi}{2} : \frac{T}{4} = \pi : \frac{T}{2} = \frac{3}{2}\pi : \frac{3}{4}T = 2\pi : T = \dots\dots,$$

所以
$$\alpha = \frac{2\pi}{T}t. \quad (2)$$

把(2)式代入(1)式，得到

$$x = A \sin \frac{2\pi}{T}t. \quad (3)$$

(3)式表示振幅是 A 、周期是 T 、从平衡位置开始計算时间的簡諧振动的运动情况；只要知道时间 t 就可以求出該时刻的位移的大小和方向。

为了使(3)式簡化，通常用 ω 来代替式中的 $\frac{2\pi}{T}$ ， ω 称为圆频率。这样，(3)式就变为

$$x = A \sin \omega t \quad (4)$$

如果不是从平衡位置开始計算时间，即 $t=0$ 时， $x \neq 0$ ，那么研究这样的簡諧振动时，就必须把(4)式改写为

$$x = A \sin (\omega t + \phi). \quad (5)$$

当 $t=0$ 时， $x' = A \sin \phi$ ， x' 就是开始計算时间的时刻作簡諧振动的物体的初位移。

(5)式就叫做簡諧振动的运动方程。式中的 $(\omega t + \phi)$ 叫做振动的周相，它决定了振动质点在任一时刻的位移的大小和方向。 ϕ 是 $t=0$ 时的周相，叫做初相，它的大小决定于开始計算时间的时刻，由它可以知道振动质点的初位移的大小和方向。

两个周期相同的简谐振动，它们的初相可能不同。例如取两个相同的单摆 A 、 B ，使它们偏离平衡位置；先放开 B 摆，当 B 摆由左向右到达平衡位置时 ($x=0$) 再放开 A 摆，同时开始计算时间，两摆的振动图线就如图 3 所示。很明显 B 摆的初相是 0， A 摆的初相是 $\frac{\pi}{2}$ ，两摆的周相差是 $\frac{\pi}{2}$ 。

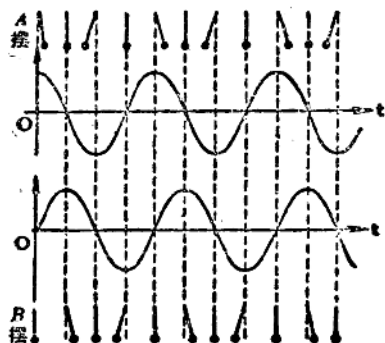


图 3

如果当 B 摆通过平衡位置达到相反方向的最大位移时 ($x=-A$)，放开 A 摆，同时开始计算时间， B 摆的初相就是 $-\frac{\pi}{2}$ ， A 摆的初相是 $\frac{\pi}{2}$ ，两摆的周相差是 π 。

从图 3 和图 4 中的振动图线可以看出存在着周相差的两个周期相同的简谐振动，一个的运动变化情况比另一个落后了一段时间。在图 3 里 B 摆的运动变化情况比 A 摆落后了 $\frac{1}{4}$ 周期；在图 4 里 B 摆比 A 摆落后了 $\frac{1}{2}$ 周期。

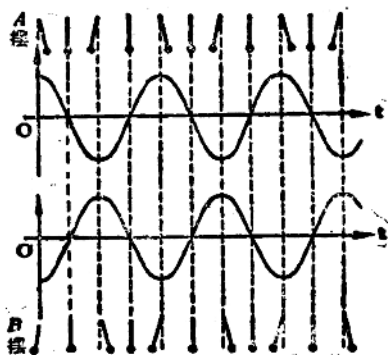


图 4

因此,两个周期相同的簡諧振动的周相差,表示它們的运动变化情况在時間上的差別。

如果两个周期相同的簡諧振动,它們的运动变化情况,在時間上沒有落后的現象,我們就說它們是同相;如果一个比另一个落后了 $\frac{1}{2}$ 周期(如图4),我們就說它們是反相。

2. 同方向簡諧振动的合成 有时我們会遇到这样一种运动,在这种运动中,質点同时参与两个同方向的振动。例如,由同一方向的两个音叉发出的声音傳到我們的耳膜时,耳膜上的質点就同时参与两个同方向的振动。这时質点实际所做的运动就是两个振动的合成。現在研究两个同方向同周期的簡諧振动的合成,和两个同方向不同周期的簡諧振动的合成。

假如質点同时参与两个同方向同周期的簡諧振动,这两个簡諧振动的振幅和初相都不相同,分別为 A_1 、 A_2 、和 ϕ_1 、 ϕ_2 ,那么在任意时刻 t ,質点参与每个振动时的位移就分別为:

$$x_1 = A_1 \sin(\omega t + \phi_1),$$

$$x_2 = A_2 \sin(\omega t + \phi_2).$$

既然这两个振动是同方向的, x_1 和 x_2 就在同一直綫上。質点同时参与这两个振动,它的位移就等于 x_1 和 x_2 的代数和。

$$x = x_1 + x_2 = A_1 \sin(\omega t + \phi_1) + A_2 \sin(\omega t + \phi_2).$$

根据三角公式,上式可化为

$$x = A \sin(\omega t + \phi), \quad (1)$$

式中 A 和 ϕ 分別表示合振动的振幅和初相,它們的数值由下面两式决定

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\phi_1 - \phi_2)} \quad (2)$$

$$\tan\phi = \frac{A_1 \sin\phi_1 + A_2 \sin\phi_2}{A_1 \cos\phi_1 + A_2 \cos\phi_2} \quad (3)$$

上面的三个公式说明，两个同方向同周期的简谐运动的合运动也是简谐运动，它的周期等于原来的振动周期，振幅决定于原来两个振动的振幅和初相。

如果这两个振动是同相，那么

$$\cos(\phi_1 - \phi_2) = 1,$$

从(2)式得

$$A = A_1 + A_2.$$

就是说，在同相时，合振动的振幅最大，等于分振动振幅的和。若 $A_1 = A_2$ ，在这种情况下，合振动的振幅就是分振动振幅的 2 倍。

如果这两个振动是反相，那么

$$\cos(\phi_1 - \phi_2) = -1,$$

从(2)式得

$$A = A_1 - A_2.$$

在反相时，合振动的振幅最小，等于分振动的振幅的差。如果两个分振动的振幅相等，那么 $A=0$ ，也就是质点静止不动。

上面所讲的是用数学方法来求合振动，如果用图解法，也可以得到同样的结果。

画出两个分振动的图线，从图线上求出各个时刻每个分振动的位移，它们的代数和就是合振动的位移，连接各个表示合振动位移的点所得到的图线就是合振动的振动图线。

图 5 中的正弦图线 1 和 2 是两个同方向同周期而振幅和初相不同的简谐振动的图线，正弦图线 3 是它们的合振动的图线。如果这两个分振动的振幅和周相也相同，用图解法求得的合振

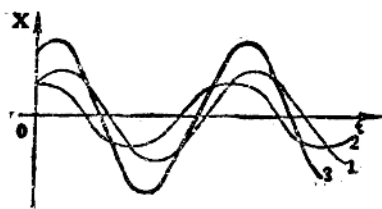


图 5

动的图线就如图 6 中的正弦图线 3; 合振动的振幅是分振动振幅的 2 倍。如果两个分振动的振幅相同, 周相差是 π (也就是反相), 用图解法合成的结果, 合振动的图线 3 是一

条沿着时间轴线的直线(图 7), 表示在任何时刻质点都不发生位移, 也就是质点静止不动。

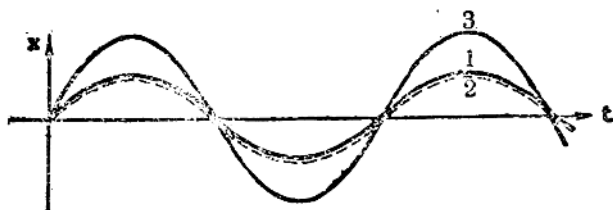


图 6

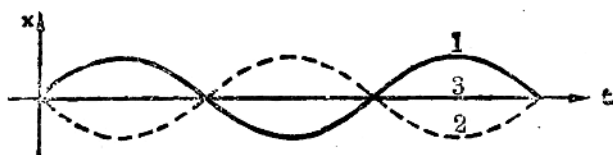


图 7

同方向不同周期的两个简谐振动的合成, 也可以采用图解法求得合振动的运动情况。

用图解法时, 可以象图 5 那样把两个分振动的图线画在同

一个时间轴上。为了清楚起见也可以象图 8 那样，把两个分振动的图线分开来画，再在它们下面画一条时间轴，然后作一系列跟一定时刻相对应的竖直线，求得每个分振动在各时刻的位移 x_1 和 x_2 ，再在每一条竖直线上自合振动的的时间轴截取一段线段，使它等于 x_1 与 x_2 的代数和，这段线段就表示在这条竖直线对应的时刻，合振动的位移。连接表示合振动位移的线段的端点所得的图线，就是合振动的图线。显然，两个同方向不同周期的简谐振动的合振动，不再是简谐振动了。

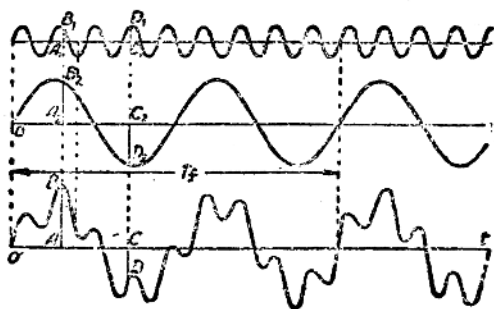


图 8

振动的合成知识，对于学习波动、声学和无綫电原理都是很重要的。

习 题

1. 两个同方向、同振幅的简谐振动，初相都是零，而频率不同，一个的频率是 20 赫兹，另一个的频率是 22 赫兹。用图解法求出这两个简谐振动的合振动的图线。

2. 用数学方法求出上题中合振动的运动方程。

3. 两个音叉，如果频率很接近，当它们同时发声时，我们就会听到强弱相间的声音。试以频率为 20 赫兹和 22 赫兹的两个音叉为例来解释这种现象。

3. 复杂的周期振动的分析 我们已经知道，两个简谐振动合成的结果，会形成一个复杂的周期性振动。显然，更多的简谐振动的合振动，必然会更为复杂。从这里很自然地会想到：一个很复杂的振动是不是可以分解为许多简谐振动呢？这个问题已经被法国数学家傅立叶(1768—1830)解决了。他证明了任何一个复杂的周期性振

动都可以分解为一系列简谐振动，这些简谐振动的圆频率是复杂振动的圆频率 ω 的整数倍，即为 $\omega, 2\omega, 3\omega, \dots$ 。从下面所举的例子可以了解这个论断的正确性。

设振动物体的振动图线如图 9 中的最上图所示，是三角形的折线，它的振幅等于 10 毫米，周期等于 0.1 秒，即圆频率 $\omega = \frac{2\pi}{0.1} = 20\pi$ 。根据傅

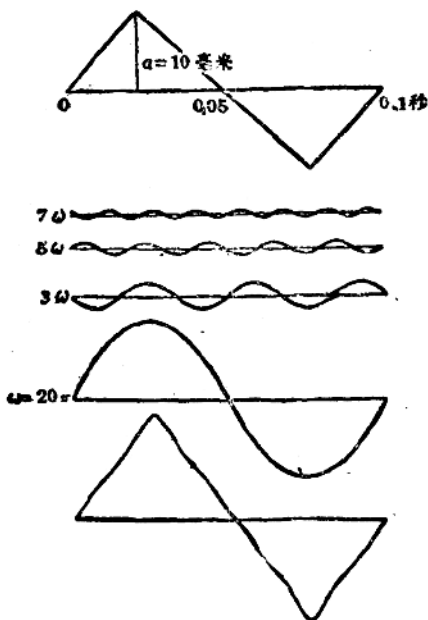


图 9

立叶所給的公式来計算(这个計算需要用到积分学知識,所以这里不講),可以得到:

$$x = 10 \sin 20\pi t - 1.5 \sin 3 \cdot 20\pi t + 0.6 \sin 5 \cdot 20\pi t - 0.3 \sin 7 \cdot 20\pi t.$$

图 9 中画出了这四个分振动的图綫, 图的最下面还画出了它們的合振动的图綫。比較最上和最下的两个图綫, 就可以知道, 复杂的周期性振动是一系列簡諧振动合成的結果。

复杂振动的各个分振动的情况, 可以用所謂振譜表示出来。图 10 就是上面所研究的振动的振譜。横坐标表示分振动的頻率, 纵坐标表示它們的振幅。頻率最小的分振动叫基振动, 其他分振动叫泛振动。

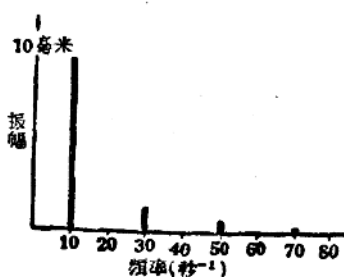


图 10

乐器发声部分的振动都不是簡諧振动, 而是一系列簡諧振动合成的复杂振动。两种乐器发出的音調、响度都相同的两个声音, 我們能够区分它們, 这說明声音除了音調、响度这两个特性, 还有第三个特性——音品。音品是由发声体的泛振动的多少、泛振动的頻率和振幅所决定的。

发声体的振譜, 叫做声譜。高中物理第二册中的图 29 和图 30 是頻率为 100 赫茲的鋼琴声和黑管声的声譜。

习 題

求出下列六个簡諧振动的合振动图綫, 并画出这个合振动

的振譜:

$$\sin \omega t; \quad \frac{1}{3} \sin 3\omega t; \quad \frac{1}{5} \sin 5\omega t; \quad \frac{1}{7} \sin 7\omega t; \\ \frac{1}{9} \sin 9\omega t; \quad \frac{1}{11} \sin 11\omega t.$$

4. 建筑声学简介 在設計一个建筑物 (例如礼堂和剧院) 时, 我們不仅要考虑結構上的坚固和美观, 而且需要考虑它内部的声音效果, 使听到的声音清晰、优美和减弱噪声。要解决这些问题, 就需要利用建筑声学的知識。

在建筑物里要获得清晰、优美而又有足够响度的声音, 建筑物必须有适当的交混回响时间, 而改变牆壁、天花板和地板表面敷盖的材料就可以改变建筑物的交混回响时间。关于这方面的知識在課本中“声波的反射”一节里已經有了。

在礼堂、剧院、音乐厅等建筑物中, 只有合适的交混回响时间还不够, 还必须使室内声能的分布相当均匀, 不然就会有一些座位获得的声能很多, 听到的声音很响, 而另外一些座位获得的声能很少, 听到的声音很弱。

声能的分布情况跟建筑物内部天花板、牆壁等的形状有关系。从图 11 所示的例子就可以了解这个问题。

在天花板为凹面的情形中, 如图 11 所示, 可以看出它对声波的反射与凹面鏡对光的反射一样, 能把声波聚集起来。在焦点上, 强度几乎和在声源 S 旁边差不多, 过了焦点以后声音又扩散, 强度也再减小。声音的焦聚现象是不良的听音条件, 因为在焦点处的听众因从焦点处来的声音比从 S 来的直达声强得多, 就会感到声音是从头上来的; 而其他地点的听众又会因为接收

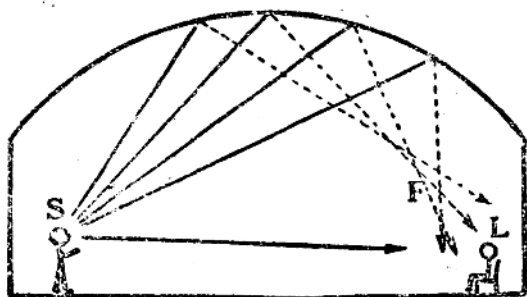


图 11

的声能太少而感到声音太弱。当墙壁，特别是后墙，是凹面时，也会发生声音的集聚现象，而使各处声能的分布相差悬殊。因此，剧院和礼堂一般不采用凹面形的后墙，而代之以斜板式或阶梯式的后墙(图 12)，天花板通常也不采用凹面形的，在必须采用凹面形的天花板时，也要使天花板的曲率半径远小于或远大

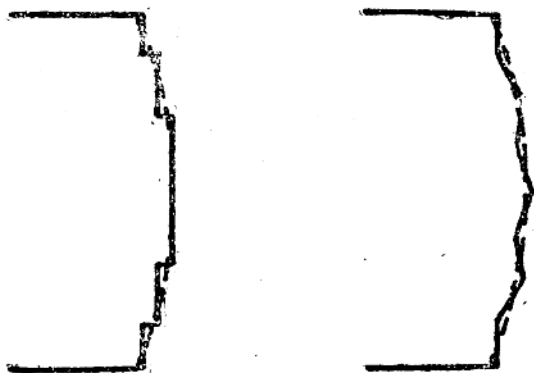


图 12 改变弯曲后墙以避免聚焦反射

于天花板最高处至地面的距离，从图 13 所示的三种情形，就会了解这样做的原因。

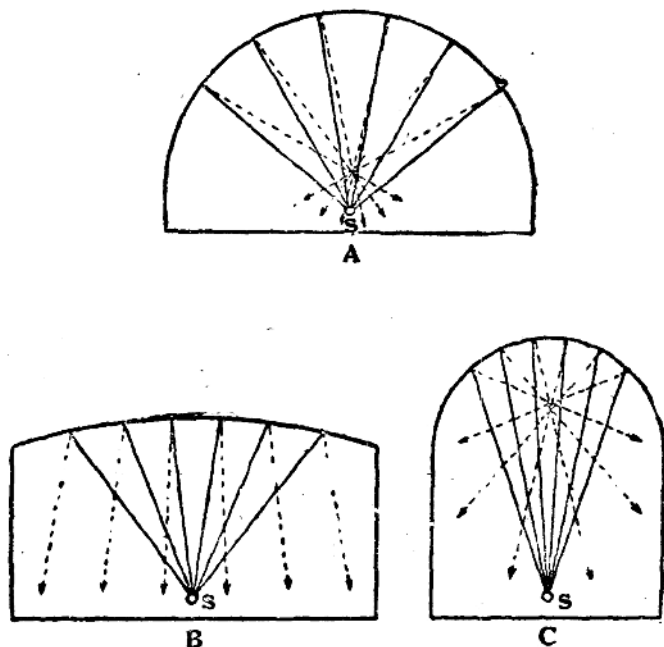


图 13 凹面天花板的反射

A——曲率中心贴近地板；B——曲率半径大于天花板高度的二倍；C——曲率半径小于天花板高度的一半。

建筑物中要得到好的声音效果，还必须防止过大的噪声干扰，即必须设法减弱噪声。

建筑声学中的噪声概念，不仅包括声源无规则振动而产生的常引起不愉快感觉的声音，而且包括我们所不需要的乐音。例

如，我們睡覺時或聽報告時，從室外或隔壁傳來的音樂聲，是我們所不需要的，也屬於噪聲。

對來自建築物外（或隔壁）的噪聲，可以利用好的隔聲材料來使它減弱。

對來自室內的噪聲，需要設法減弱噪聲源。例如在禮堂、醫院等建築物的走廊里可以鋪上一層毛氈以減弱因走路而發生的噪聲；室內的機器設備可以加橡皮、軟木彈性板等減振材料作的村墊來減弱機器的機械振動，從而減弱噪聲。

某些室內噪聲很強而又不需要長的交混回響時間的建築物中，除了減弱噪聲源外，還可以利用吸聲材料縮短交混回響時間，來減弱噪聲的响度。

建築聲學是聲學的一個分支，是聲學在建築上的具體運用。我國古代的勞動人民具有極豐富的聲學知識，北京天壇中一些建築物的奇妙的聲學現象就是我國勞動人民巧妙地運用了聲學知識的結果。人民大會堂是我國勞動人民在大躍進中，在黨的領導下所建成的偉大建築物之一，它不僅建築速度快、堅固、壯觀，而且在建築聲學方面也有很大的成就，它有三個聲學系統：（1）報告用的分散聲系統，有九千個小揚聲器，幾乎每個坐位前都有一個。在聽報告時，就能聽到直达聲，所以很清晰。（2）演出用的立體聲系統，在此系統中有左中右三個通路，經過放大再進入揚聲器，這不但聽不到回聲而且还增加了聲音的優美感和立體感。（3）同聲傳譯系統，用耳機可以聽各種語言。

天壇中的迴音壁、三音石、圓丘都有巧妙的聲音現象。下面簡單介紹一下迴音壁和三音石。

迴音壁是一個圓形的圍牆，南面有個門，里面有三座建築，如圖 14 所