

高級中学課本物理学第二册

教学参考资料

(第一、二分册)

江苏人民出版社

高級中学課本物理学第二册

教学参考資料

(第一、二分册)

江苏省教育厅教材編輯室主編

无錫市教育局編

*

江苏省书刊出版業許可證出字〇〇一號

江 苏 人 民 出 版 社 出 版

南京湖南路十三号

湖南人民出版社重印

新华书店发行 湖南省新华印刷厂印刷

*

开本 787×1092毫米 1/32

一九六二年八月

一九六三年八月长

印数 1—1—1

統一書號：7100·1

定 价：(6) 二 角

说 明

这册教学参考资料,是在无錫市教育局组织編写的《高級中学二年級物理教材研究函授讲义》的基础上改編而成的。全书分四个分冊出版,供高二上下两学期使用。

改編这册教学参考資料的意图,主要是提供一些資料,帮助教师备课。内容包括“教材研究”、“实验实习”、“参考材料”、“参考題”四部分。教师在使用本书时,可根据教学具体情况,灵活运用,不要受其限制。

由于編者水平有限,編写時間比較匆促,缺点和錯誤在所难免,希望教师們提出意見,以便再版时研究修改。

江苏省教育厅教材編輯室

1962年6月

目 录

第一章	振动和波.....	1
第二章	声学.....	20
第三章	流体力学.....	32
第四章	分子运动论.....	48
第五章	热和功.....	57
第六章	固体和液体的热膨胀.....	64

第一章 振动和波

一 教材研究

(一)教材系統

在运动学和动力学中研究了匀速运动、匀变速运动和加速度的方向改变而大小不变的匀速圆周运动。本章将研究的是加速度的方向总是跟位移的方向相反，而且大小也改变的一个质点或物体的往复运动——振动，和振动在弹性媒质中传播而使很多质点开始于不同时间的集体振动——波动。可见振动和波动是比过去所学的各种运动更为复杂的一种运动。它必须以运动学和动力学的知识为基础，所以本章列在运动学和动力学之后。同时，振动和波的知识也是以后研究声学、分子物理学、电磁振荡和物理光学的基础。

本章内容可分为振动和波两部分。在振动部分，着重研究简谐振动的规律和特性。首先通过实例来建立振动的概念。接着，通过弹簧振子振动的演示和讲解，明确简谐振动的意义和特性，介绍研究振动现象所需的物理量——振幅、周期、频率，并用这几个物理量对单摆振动进行研究和根据实验导出单摆振动的定律。再应用图线法和能量观点去分析振动，使学生对振动过程获得比较全面的理解。然后，从振动物体能量的逐渐减少，振幅的逐渐减小，提出阻尼振动与固有振动以及它们的区别。最后，介绍受迫振动和共振的区别与联系，指出共振在技术上的利

在波动部分，着重研究波的形成和传播。先从振动在物体里的传播引出波的概念。接着，介绍横波、纵波的产生和传播，以及用图线表示波形的方法，阐明振动与波的区别和联系。最后，介绍表示波性质的物理量——波长、频率和波速，并阐明它们之间的关系。

全章授课时数，包括实验、复习在内约11课时。

(二) 教学任务

1. 使学生了解振动与波的概念的区别和联系，明确简谐振动的意义及其规律，掌握单摆振动定律，了解横波和纵波的产生与传播过程。

2. 使学生能用周期、频率、振幅、波长、波速、公式、图线、能量观点去研究振动和波动。能初步了解固有振动、阻尼振动、无阻尼振动、受迫振动、共振、横波、纵波的意义，以及它们之间的区别和联系。

3. 使学生能用公式进行有关计算，并掌握测定重力加速度的方法。

(三) 重点关键

简谐振动是本章的重点，也是全章的中心。它是最简单、最基本的振动，是讲清波动的关键。单摆振动定律是本章第二个重点。这一定律反映了简谐振动的规律性，它应用在时钟的机构和测定重力加速度上均有其实际意义。振动中的能量的转变是讲清振动的基础，它是本章第三个重点。受迫振动是一个难点，学生对受迫振动开始时的复杂性，以及达到稳定后频率与固有频率无关两点很难接受。共振是学习声音共鸣、电谐振的基础，可作为第四个重点。波是学习声学、电磁波、物理光学的基础。

基础,是第五个重点,也是本章的难点。学生对波的概念特别是纵波较难理解,对振动与波的区别和联系,也不易掌握。波长、频率、波速及它们间的关系是研究波动的基础,也是一个重点。

本章的关键是做好实验,加强直观性,正确使用运动学、动力学的知识和能量守恒定律来分析振动和波动过程。首先应讲清简谐振动,它是讲解后面各节的基础。

1. 简谐振动 简谐振动是指物体在受到跟它的位移成正比,而且总是指向平衡位置的力的作用下所发生的振动。它是最简单、最基本的振动,任何复杂的振动都可以看作是几个简谐振动合成的。在略去空气等阻力的情况下,弹簧的振动,单摆、复摆和扭摆的微小摆动都是简谐振动(参考索引1)。

简谐振动的教学可通过弹簧振子振动的演示和分析进行。弹簧振子的振动是一种非匀变速运动。重球所受的力,及其加速度、速度和位移的关系,可参考图1-1,列表分析如下页。

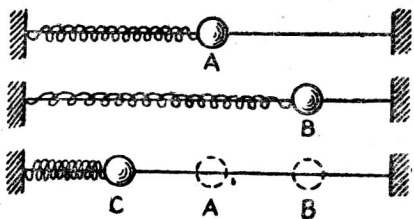


图 1-1

弹簧振子的运动情况,还可以根据胡克定律和牛顿第二定律用数学方法来表示:

$$F = -kx,$$

$$a = -\frac{k}{m}x_0.$$

式中劲度系数 k 和 $\frac{k}{m}$ 总是正值,负号表示重球受到的力和它的加速度都与位移方向相反。

作简谐振动的物体的位移、速度、加速度和时间的关系见资料(1)。

重球的运动	重球的位移	弹簧的形变	重球的受力情况	重球的加速度	重球的速度	重球的运动状态
在B点	最大	伸长形变最大	最大 指向A	最大 指向A	零	静止
从B到A	向A逐渐减小 为零, 向B	伸长形变, 从 最大逐渐减小 为零	从最大逐渐减 小为零, 指向 A	从最大逐渐减 小为零, 指向 A	从零逐渐增大 为最大, 指向 A	加速运动
在A点	零	零	零	零	最大值, 指向C	
从A到C	从零逐渐增为 最大, 向C	压缩形变, 从 零逐渐增为最 大	从零逐渐增为 最大, 指向A	从零逐渐增为 最大, 指向A	从最大逐渐减 小为零, 指向 C	减速运动
在C点	最大	压缩形变最大	最大 指向A	最大 指向A	零	静止
从C到A	从最大逐渐减 小为零, 向C	从最大压缩形 变, 逐渐减小 为零	从最大逐渐减 小为零, 指向 A	从最大逐渐减 小为零, 指向 A	从零逐渐增为 最大, 指向A	加速运动
在A点	零	零	零	零	最大 指向B	
从A到B	从零逐渐增为 最大, 向B	伸长形变, 从 零逐渐增为最 大	从零逐渐增为 最大, 指向A	从零逐渐增为 最大, 指向A	从最大逐渐减 小为零, 指向 B	减速运动

2. 单摆振动定律 单摆系指摆的悬线是既长而又细,并且不会伸长的,其质量与摆球质量以及摆球直径与悬线长度相比都可以略去不计的振动系统。

当摆角很小时(在 5° 以下)单摆的振动是简谐振动,使摆运动的切向力是

$$F = -\frac{mg}{l}x,$$

摆球的切向加速度是

$$a = -\frac{g}{l}x_0.$$

式中 g 在同一地点是恒量, l 也是一个不变量, x 是位移。限于学生的理解水平可不必引出向心力。单摆振动时摆球的向心力参考注释(1)。

单摆振动定律可通过实验来验证,但比例常数 2π 是不能从实验得到的。单摆振动定律的理论推导可参阅资料(2)。

学生对于单摆的周期与振幅和摆球质量没有关系常有疑问。在教学中可作如下简单的分析:

振幅越大,摆球所受的合力也越大,发生的加速度的平均值和速度的平均值都要增大,可见,振幅变化时,路程和速度具有同样倍数的变化,故周期仍然不变。但上述结论只有在摆角小于 5° 的范围内才正确。

单摆的周期与摆球质量无关,但这并不是说单摆周期与有无摆球无关,而是说在摆球质量远大于摆线质量的条件下,才与摆球质量无关。这是由于重力对于不同重量的物体,所引起的加速度是相同的缘故,即

$$ma = -\frac{mg}{l}x, \quad a = -\frac{g}{l}x_0.$$

3. 振动中的能量 物体在振动过程中存在着动能与势能

(弹性势能或重力势能)的相互转变,在沒有摩擦和媒质阻力的条件下,振动物体的总的机械能是守恒的。

单摆摆球(图 1-2)自 B 点或 C 点向 A 点运动时,是势能转变为动能的过程,自 A 点向 B 点或 C 点运动时,是动能转变为势能的过程。

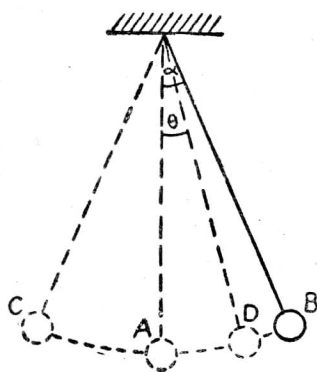


图 1-2

摆球在 B 点或 C 点时动能为零,势能等于总的机械能,若把摆球处在平衡位置时的势能看作零,则在 B 点和 C 点的势能

$$E_{\text{势}(B)} = E_{\text{势}(C)} = mgl(1 - \cos \alpha)。$$

在 A 点时势能为零,总的机械能等于动能。根据机械能守恒定律

$$E_{\text{动}(A)} = \frac{1}{2}mv_A^2 = mgl(1 - \cos \alpha),$$

在 D 点时的势能由图 1-2 可知

$$E_{\text{势}(D)} = mgl(1 - \cos \theta),$$

动能

$$\begin{aligned} E_{\text{动}(D)} &= \frac{1}{2}mv_D^2 = mgl(1 - \cos \alpha) - mgl(1 - \cos \theta) \\ &= mgl(\cos \theta - \cos \alpha)。 \end{aligned}$$

在 D 点的速度

$$v_D = \sqrt{2gl(\cos \theta - \cos \alpha)}。$$

4. 阻尼振动 阻尼振动是指振动能量、振幅随时间而减小的振动。振动能量与振幅的关系见资料(3)。振动能量的消耗的原因,主要有下列两方面:

(1) 由于阻力的存在,振动系统的能量逐渐转变为热。

(2) 激起周围媒质微粒振动,使该振动物体的振动能量逐渐转变为周围媒质微粒振动的能量向周围传播。

阻尼振动不是简谐振动,不仅它的振幅逐渐减小,而且它的

周期也随着阻尼的增大而增长(参考索引2)。

如果根据物体在振动过程中能量消耗的情况给予补充能量,那么物体的振动也可以是无阻尼的。在技术上,有时需要增大阻尼,如精密量度仪器——天平、伏特計、安培計上都有增大阻尼的装置,以便使指針很快停下来,以便正确读出它們的示度;有时需要克服阻尼,給予振动物体补充能量,如时钟上摆的振动。

5. 受迫振动 受迫振动是指在周期性的連續作用的策动力作用下的振动。我們只讨论策动力为 $F = P \sin \omega t$ 作用下的受迫振动,式中 P 是力幅,这与使阻尼振动变为无阻尼振动中补充能量的間歇地作用在振动物体上的作用力不同。

因为振动物体的固有振动周期与策动力的周期不一定一致,作用在振动物体上的策动力和振动系統本身使振动体振动的力有时方向一致,有时方向相反;同时,固有振动又是阻尼的,也得不到补充能量。因此,振动物体的振动在开始时是变化的、复杂的,但过了不久,固有振动很快被阻尼掉,振动体就以策动力的周期振动而达到稳定状态。这时克服各种阻力所消耗的能量正好等于周期性策动力对振动体所作的功。受迫振动的物体达到了稳定状态,振幅不再改变。所以受迫振动达到稳定状态后是无阻尼振动,它的頻率等于策动力的頻率,而与固有頻率无关(参考索引3)。

共振是指在周期性策动力作用下振幅达到最大的受迫振动。共振时振幅能达到最大,其原因可从下列两方面来说明:

(1) 任何跟振动物体运动方向相反的推动力,都会使振幅减小;任何跟振动物体运动方向相同的推动力,都会使振幅增大。在策动力的頻率跟物体的固有頻率越接近时,显然使物体振幅增大的推动的次数就越多,当策动力的頻率跟物体的固有頻率相等时,它的每一次作用都使振动的振幅增大,所以物体的

振幅就要达到最大。

经詳細研究知道，共振频率(共振时的频率)和共振时的振幅还与阻尼因素有关。阻尼越大，共振频率越小于固有频率，共振振幅也越小；阻尼越小，共振频率越接近固有频率，共振振幅也越大；当阻尼趋向于零时，共振频率越趋于固有频率，共振振幅趋向无限大。如图 1-3 所示，图中 $A_{\text{静}}$ 是在常力作用下物体

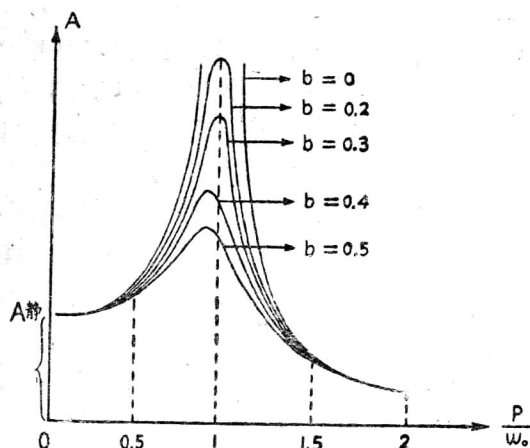


图 1-3

对平衡位置的偏离，称为静偏离。 P 是策动力的频率， ω_0 是固有频率， b 是与介质阻尼因素有关的量，詳細材料参考索引 4。限于学生的理解水平，关于有阻尼时的共振不宜提出。

(2) 就能量

观点来分析，当策动力的方向跟物体振动方向一致时，外力对振动物体作正功，供给振动物体能量；当外力方向跟振动物体运动方向相反时，外力对振动物体作负功，使振动物体能量减少。只有外力和振动物体“合拍”，也就是两者频率相等时(在不考虑阻尼的情况下)，外力在整个周期中才能跟物体振动方向一致，在整个周期中，外力才能对振动物体作正功，振动物体获得的能量最大，振幅就能达到最大值。

共振现象具有普遍性和重要性，在声学、光学、无线电、原子物理、原子核物理和各种工程技术领域中，都会遇到各种各样的。

共振现象。許多仪器的装置的原理，也基于各种各样的共振现象，如超声波发生器、无线电接收机、交流电的频率計等。在某些情况下，共振现象可以引起损坏。

6. 波 如果物体(或媒质)的某一部分(或某一点)受到外力的激发而振动，由于它和周围其他部分存在着相互作用的弹力，就要牽連周围各部分也随着振动起来。被牽連各部分开始振动的时刻，必然落后于原来的振动部分。同样地，周围各部分的振动又使較远的各部分随着振动。这样，振动就在物体里传播开去。振动在物体里的传播称作波动。机械波的产生首先要有作机械振动的物体作波源，其次要有能够传播这种机械振动的媒质。

振动是指单个质点呈现的现象；波动是指物体內依次振动着的許多质点的集体所呈现的现象。振动是波动的成因，波动是振动的延扩。形成波的各个质点始終只是通过其平衡位置作振动，在一个周期內它們各自的合位移总是等于零的。波动过程中传播的只是振动的状态和振动的能量，物质并没有随波迁移，并且质点的振动方向和波的传播方向也不一定是相同的。

如果质点的振动方向和波动传播方向相同，这种波称为纵波；如果质点的振动方向和波动传播方向垂直，这种波称为横波。横波只能发生于固体中，这是因为横波传播时一层媒质相对于另一层媒质平移而产生切变，固体中会产生恢复这一切变的弹性力，而使质点在平衡位置附近振动起来。液体和气体不能产生这种切变弹性力，因此就不能传播横波。纵波則在气体、液体、固体中均能传播。但应该知道水面波是一种比較复杂的波。当水面波发生时，水的质点一般都沿椭圆軌道运动，使它們回到平衡位置的力不是一般的弹力，而是重力和表面张力。

横波和纵波的教学可按課本叙述进行。为了进一步弄清振动与波的区别和联系，必須讲清振动图线与波形图线的区别。振

振动图线是表示一个振动质点的位移与时间的关系的曲线，在图中应标明横轴是时间 t 轴，纵轴是振幅 S 轴。质点作简谐振动时，其振动图线是一正弦（或余弦）曲线。波形图线则是表示同一时刻形成波动的各振动质点的位移与质点和波源间距离的关系的曲线。横波和纵波的波形图线也是正弦（或余弦）曲线。但纵波的波形图线中各质点的位移，是质点实际位移绕平衡位置以逆时针方向转过 90° （即向右的位移转向纵轴上方，向左的位移转向纵轴下方）而成的。为了便于比较质点的振动和波动的区别和联系，在作波形图线时可参考图 1-4 和 1-5，把最初振动的质点的振动图线也同时画出来。

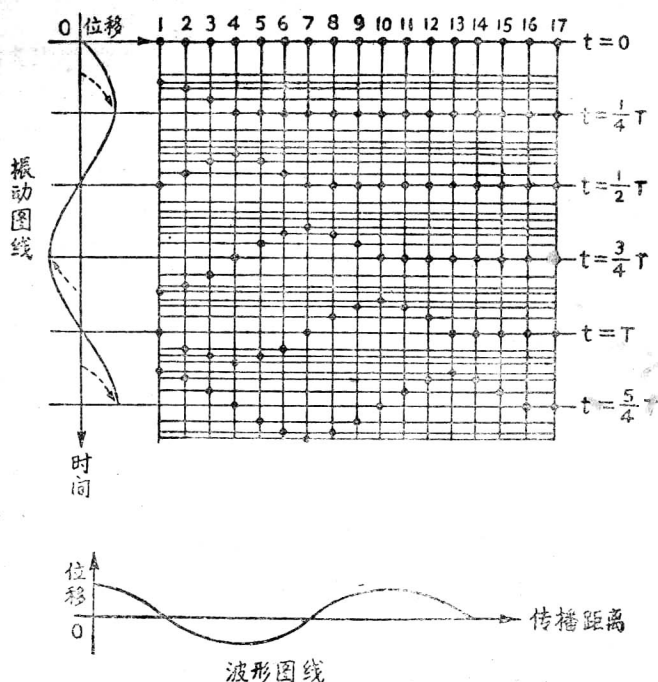


图 1-4

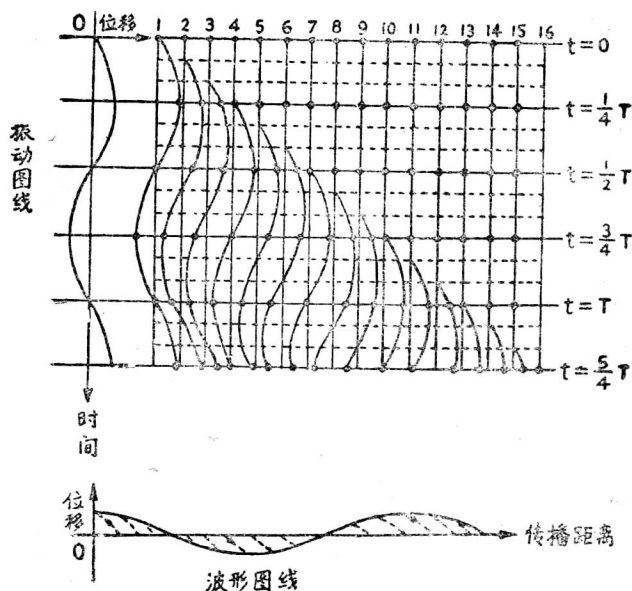


图 1-5

7. 波长、频率和波速的关系 振动在一周期中传播的距离叫波长。因为相隔一周期后振动状态复原，所以相隔一波长的两质点的振动状态是相同的，即相位相同。因此波长也就是两个相邻的振动相位相同的点之间的距离。由此可见，沿波的传播方向每隔一个波长的距离就出现振动相位相同的点，因此，波长描述了波在空间的周期性。

单位时间内振动所传播的距离称作波速。波速实际上就是一定的振动相位(一定的振动状态)的传播速度。因此，波速又称相速。由于波长 λ 是波在一周期中一定相位传播的距离，所以波速

$$v = \frac{\lambda}{T},$$

或

$$v = \lambda \cdot f。$$

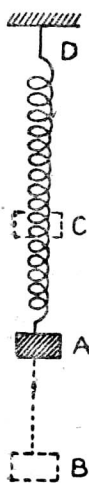
前面说过波长表示波的空間的周期性，而頻率則表示波的时间的周期性，是单位時間內波动前进距离中完整波的数目，或单位時間內通过波上某点的完整波的数目。波的空間的周期性和时间的周期性就以上述关系式联系起来。

波由一个媒质进入另一媒质时，波长和波速是要改变的，但頻率是始終不变的。

二 实验实习

(一)簡諧振动的演示

課本(图 1)所示的簡諧振动不易做成。演示时可参考图1-6装置进行。图中A是重物在受力平衡(受到的重力和弹力相平衡)时的平衡位置，重力(恒力)对重物的振动不起作用，使重物产生振动的力是弹力，但弹簧的原长应该是在重物的重力作用



下的长度，即把AD看作弹簧的原长。位移 x 是以重物平衡位置A为参考点的(詳細內容参考索引5)。

(二)振动图线的演示

在作課本(图 5)的振动图线演示时，建议作下列改进：

1. 把单悬漏斗改装成双悬漏斗，这样可避免单摆成为圓錐摆。

2. 为了让砂粒順利流出，漏斗的孔要大些，同时要选用干淨的大小均匀的小一些的砂粒。

3. 为了减少砂粒流出(重心下移)对周期的影响，漏斗的质量要大些。

图 1-6

4. 为了保证“零线” OO_1 始终在漏斗平衡位置下方通过，可在玻璃板两旁各设置两根光滑的档棒。见图1-7。

5. 为了能把玻璃板竖起来，让学生看到振动图线而不让砂粒滑掉，可先在玻璃板上涂一薄层胶水。

此外，为了尽量使玻璃板能匀速运动，教师需事先多作几次练习。

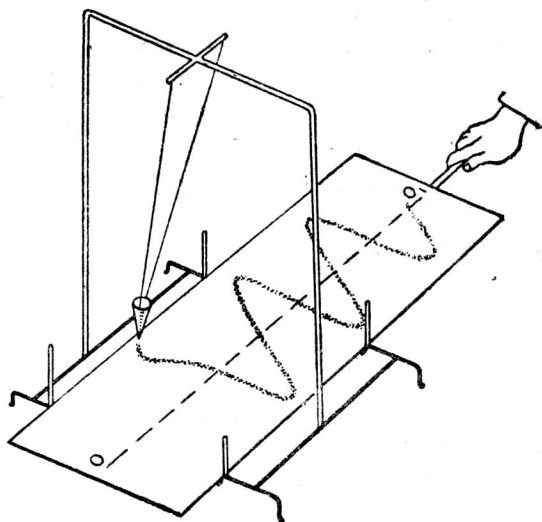


图 1-7

(三)单摆振动定律的演示

在验证周期与摆长平方根成正比时，可选取 l ， $\frac{l}{4}$ ， $\frac{l}{16}$ 等的摆长，这样，相应的周期就是 T ， $\frac{T}{2}$ ， $\frac{T}{4}$ 等。

在定性的验证单摆周期与重力加速度的平方根成反比时，可在铁制的摆球下面放一磁铁，比较摆球下面有磁铁和没有磁铁（前者摆球向下的加速度大，后者向下的加速度小）时单摆的周期，就可看到摆球向下的加速度大时，周期短，向下的加速度小时，周期长。