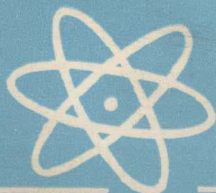


中学物理课程 重点提示与分析

高中二年级用

杨惟文 等编



学苑出版社

中学物理课程 重点提示与分析

高中二年级用

杨惟文

叶九成 编

吴明珍

学苑出版社

中学物理课程重点提示与分析 高中二年级用

学苑出版社 出版

(北京西四颁赏胡同四号)

国防出版社 印刷厂 印刷

新华书店首都发行所 发行

开本: 787×1092 1/32 印张: 5.5 字数: 123千字

1989年4月第1版 1989年4月第1次印刷

印数 1—11,000册

书号: ISBN 7-80060-145-5/G.80 定价: 2.15 元

前 言

为了帮助在校中学生学好各科基础知识，使学生对所学的知识加深理解，启发学生积极思考，我们编写了这一套《中学各科课程重点提示与分析》，它是中学在校学生的一套系列课外读物。

这套课外读物是根据国家教委全日制中学各科教学大纲和人民教育出版社新修订的教材，并参考部分省市的教材而编写的。

本书按照基本课程的顺序，对书中的重点进行了深入的分析，并对疑难点做了针对性的提示，以提示、分析的方法，帮助学生加深对课程的理解，每章之后都有一定数量的思考题和答案。

本书由杨惟文、叶九成、吴明珍编写，王文勋审定。

编 者

1988年12月

目 录

第七章	机械振动和机械波·····	1
第八章	分子运动论 热和功·····	40
第九章	固体和液体的性质·····	54
第十章	气体的性质·····	64
第十一章	电场·····	97
第十二章	稳恒电流·····	138

第七章 机械振动和机械波

重点内容

本章介绍有关机械振动和机械波的知识，共分为三个单元：一、机械振动；二、机械波；三、常见的一种机械波——声波。

本章的重点是：一是振动中最简单的一种形式——简谐振动。典型实例是单摆和弹簧振子的振动；二是简谐波——作简谐振动的波源在弹性媒质中形成的波。

作为力学的最后一章，本章内容综合应用了前面所学的力学知识，同时又为以后学习有关交流电、电磁振荡和电磁波以及有关光的本性等内容作了知识准备。

一、机械振动

(一) 机械振动是物体（或者物体的一部分）在平衡位置（或中心位置）附近来回做的往复运动。简称为振动。

(二) 产生持续振动的必要条件：

1. 每当物体离开平衡位置就会受到回复力的作用。
2. 阻力足够小。

(三) 特点：重复性或周期性。

(四) 表征振动的物理量：

1. 位移——从平衡位置指向振动物体所在位置的有向线段。

2. 振幅——振动物体离开平衡位置的最大距离。

3. 全振动——振动物体由某一位置（或振动状态）经过一次往复运动又恢复到这一位置，且其运动状态与原来相

同的振动过程，叫做完成一次全振动。

4. 周期——完成一次全振动经过的时间。

$$\text{周期} = \frac{\text{经过的时间}}{\text{该时间内完成全振动的次数}}$$

5. 频率——在 1 秒内完成全振动的次数。

$$\text{频率} = \frac{\text{完成全振动的次数}}{\text{完成这些全振动所需的时间}}$$

可知周期与频率互为倒数。

二、简谐振动——最简单、最基本的振动。

(一) 简谐振动是物体在跟对平衡位置的位移成正比而方向相反的回弹力作用下的振动。

$$F_{\text{回}} = -K X \quad (1)$$

这也就是物体作简谐振动的必要条件

(二) 特点和性质

1. 简谐振动是一种变加速运动，振动物体的加速度总跟对平衡位置的位移成正比而方向相反。

$$a = -\frac{k}{m} x \quad (2)$$

2. 简谐振动的周期和频率

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (3)$$

$$f = \frac{1}{2 \pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (4)$$

这是由振动系统本身的特性决定的固有周期（频率）。它跟振动物体的振幅无关。

3. 简谐振动过程中，振动系统的机械能是守恒的。

(三) 典型实例

1. 弹簧振子

(1) 构成——把有孔的小球跟弹簧一端相连，穿在一根固定在支架上的光滑水平杆上，弹簧另一端也固定在支架上，且弹簧的质量与小球的质量相比小得多，可以忽略不计。

(2) 做简谐振动的条件——将小球拉开，使弹簧发生形变，然后放手让小球自由振动，根据胡克定律在振幅不大（即弹簧不超出弹性限度）的情况下，弹簧振子做简谐振动。

这时振动的回复力即弹簧的弹力，在使用公式(1)~(4)时，比例系数 K 代入弹簧的倔强系数。

2. 单摆

(1) 构成——在一根细线的一端拴上一个小球，另一端固定在悬点上。细线不能伸缩，它的质量和小球的质量相比小得多，可以忽略不计。细线的长度和小球的直径相比要长得得多。细线叫摆线，小球叫摆锤。

(2) 做简谐振动的条件——将小球拉开偏离平衡位置，然后放手让小球自由振动，当摆线和竖直方向的夹角（即摆角）很小（不超过 5° ）时，单摆做简谐振动。这时振动的回复力是小球所受重力的一个分力。在使用公式(1)~(4)时，比例系数

$$K = \frac{mg}{l} \quad (5)$$

其中 l 为摆长，它等于悬点到摆锤质心之间的距离。此处它等于摆线长和摆锤半径之和。

(3) 单摆振动定律：

在摆角很小（不超过 5° ）的情况下，单摆振动的周期跟

摆长的平方根成正比,跟该地的重力加速度的平方根成反比,而跟摆锤的质量、振幅无关。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (6)$$

(四) 简谐振动的图象

1. 意义——振动物体的位移随时间变化的规律,它是一条正弦(余弦)曲线。

2. 应用——从振动的图象中可以了解到振动的周期、频率、振幅、位移随时间变化的规律以及某一时刻振动物体振动的方向等。

三、受迫振动

(一) 受迫振动是物体在周期地变化的外力(即策动力)作用下的振动。

(二) 特点——物体作受迫振动的频率等于策动力的频率,而跟物体的固有频率无关。

(三) 共振——受迫振动的特例。

1. 发生条件——策动力的频率跟物体的固有频率相等。

2. 特点——受迫振动的振幅最大。

四、机械波

(一) 机械波是机械振动在弹性媒质中的传播过程。

(二) 产生的必要条件:

1. 要有波源,即振源。我们只讨论波源作简谐振动的情况。

2. 要有能够传播这种机械振动的弹性媒质。

(三) 特点——媒质中质点运动的时间和空间的周期性。

1. 单个质点的运动随时间变化具有时间的周期性。
2. 不同质点之间的运动关系具有空间的周期性。

(四) 实质:

1. 机械波向外传播的只是运动形式——机械振动, 媒质本身并不随波迁移, 媒质质点只是各以其平衡位置为中心作振动, 并且在波的传播方向上, 后一质点开始振动的时刻总是落后于前一质点。

2. 机械波是传递能量的一种方式——波传播的是波源振动的能量。

(五) 分类:

1. 横波——媒质质点的振动方向与波传播方向垂直的波。

横波的传播是由于媒质内部发生剪切形变 (即是媒质各层之间发生平行于这些层的相对移动), 并产生使其恢复原状的剪切弹性力而实现的。一般说来只有固体能够传播横波。

2. 纵波——媒质质点的振动方向与波传播方向平行或在同一直线上的波。

纵波的传播是由于媒质内部发生拉伸和压缩形变, 并产生使其恢复原状的纵向弹性力而实现的。一般的固体、液体、气体都能够传播纵波。

(六) 表征波动的物理量

1. 波长——在振动过程中对平衡位置的位移总是相等的两个相邻质点间的距离。通常用 λ 表示。

这是描述波动空间的周期性的物理量, 它决定于波源振动的情况和传播波的媒质的性质。

2. 周期——波动传播一个波长的距离所需要的时间。

通常用 T 表示。

3. 频率——在 1 秒内波动传播距离中所包含的完整的波长的数目。通常用 f 表示。

显然周期和频率互为倒数。

波动的周期（或频率）是描述波动时间的周期性的物理量，它就等于波源振动的周期（或频率），而且仅由波源决定，与传播波的媒质无关。

4. 波速——波在媒质中传播的速度。一般用 V 表示。

机械波的传播速度决定于媒质的性质。波在均匀媒质中是匀速传播的。某一频率的波在不同媒质中传播速度不同，波长也不同，但是频率是不变的。

（七）波长、周期（或频率）和波速之间的关系：

由于振动一个周期在媒质中传播的距离等于一个波长，因此可以得出波的传播速度为

$$U = \frac{\lambda}{T} = \lambda f \quad (7)$$

这是波长、周期（或频率）和波速之间的基本关系式，它不仅适用于机械波，也适用于电磁波、光波等其他形式的波。

（八）波的图象

1. 意义——波动过程中，某一时刻媒质中各个质点的位移随质点的平衡位置与波源的距离变化的图象。

这是波动的空间周期性和时间周期性的体现。

当波源作简谐振动时，它在媒质中形成的是简谐波，图象是一条正弦（或余弦）曲线。

2. 应用——从波的图象中可以了解到质点振动的振幅、振动方向、波的波长、波速方向等。

五、波的干涉和衍射——波的重要特性

(一) 波的叠加原理 (或波的独立传播原理)

几列波同时在同一媒质中传播, 当这几列波在某点处相遇时:

1. 它们能够保持各自的状态 (频率、波长、振动方向等) 而不互相干扰。互相穿过后, 仍保持各自的状态继续传播, 就象没跟另一列波相遇一样。

2. 在它们重叠区域里任何一点的总位移, 都等于每列波分别引起的位移的矢量和。

(二) 波的干涉

1. 频率相同的两列波叠加, 使某些区域的振动加强, 某些区域的振动减弱, 并且振动加强和振动减弱的区域互相间隔, 这种现象叫做波的干涉。

2. 两列振动状态 (频率、波长、振动方向等) 完全一样的波发生干涉时, 将出现稳定的互相间隔的振动最强的区域和振动最弱的区域。

(1) 振动最强的点到两个波源距离之差, 等于波长的整数倍。即

$$\Delta l = n\lambda \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

(2) 振动最弱的点到两个波源距离之差, 等于半波长的奇数倍。即

$$\Delta l = (2n+1) \frac{\lambda}{2}$$

$$(n=0, 1, 2, \dots)$$

(三) 波的衍射

1. 波绕过障碍物偏离直线传播的现象, 叫做波的衍射, 有的书上也常称为绕射。

2. 能够发生显著的衍射现象的条件是：障碍物或孔的尺寸比波长小，或者跟波长相差不多。

(四) 一切波都能发生干涉和衍射，干涉和衍射是波特有的现象。

六、声波

(一) 声源——各种振动着的发声物体。

(二) 声波

1. 声波是在弹性媒质中传播的能使人产生听觉的机械波。

2. 频率范围：约20~20000赫兹。

3. 种类：纵波。

4. 传播：

(1) 声波必须依靠媒质加以传播，真空不能传播声波。

(2) 传声媒质可以是固体、液体、气体。但是，在不同的媒质中，声波的传播速度不同。

(三) 某些声音传播的现象

1. 声波的反射

(1) 声波的反射是声波遇到障碍物，被反射回来的现象。

(2) 人耳的听觉暂留——两个声波在相差不到0.1秒的时间内传到耳，人耳不能将这两个声波区分开来的现象。

(3) 回声——人发出的声波碰到障碍物被反射回来，反射回来的声波传到耳朵里就是回声。要使人耳能区别出回声时，至少必须使反射回来的声波与发出的声波相差0.1秒传入耳内，因此障碍物到人的最短距离约为17米。

2. 声波的衍射——声波绕过障碍物而传播的现象。

3. 声波的干涉——两个振动状态完全相同的声源发出的声波相互叠加，出现相间的加强区和减弱区的现象。

4. 声音的共鸣——声音的共振现象。

(四) 乐音

1. 声音的分类

(1) 乐音——由周期性振动的声源发出的悦耳动听的声音。

(2) 噪声——由无规则的非周期性振动的声源发出的嘈杂刺耳的声音。

2. 乐音的特性

(1) 音调——乐音的高低叫音调。它决定于声源的振动频率。频率高音调就高，频率低音调就低。

(2) 声强和响度

声强是描述声音强弱的物理量，它的大小等于每秒钟通过垂直于声波传播方向的单位面积上的能量。

响度是人耳感觉到的声音的强弱。它与声强和声音的频率有关。

(3) 音品——声音的特质叫音品或音色。

音品由声源所发出的泛音数目以及各泛音的频率和振幅所决定。

提示及分析

一、关于“平衡位置”

(一) 从运动学的角度看，所谓“平衡位置”（或“中心位置”）是振动物体相对于悬点所在的参照系处于静止时的位置，或物体不振动时所在的位置。如：竖直弹簧振子静止时，弹簧被拉长产生的弹力与物体所受重力平衡时的位置

即平衡位置。当向下稍稍拉一下物体，使之振动起来以后，平衡位置就是往复运动的中心，因此也称之为“中心位置”。但它不一定是运动轨迹（直线或弧线）的中点。如一个单摆，在悬点正下方不远处钉一个钉子，把摆锤从平衡位置拉开振动起来后，平衡位置就不是振动弧线的中点。

（二）从动力学的角度看，振动过程中振动物体经过平衡位置时，物体所受回复力一定等于零，但是在此位置物体所受合外力不一定就等于零。例如：单摆振动经过平衡位置时，物体所受合外力就不等于零，合外力方向指向悬点，大小等于

$$\Sigma F = T - mg = m \frac{v^2}{l}$$

其中 l 是摆长， v 是摆锤经过平衡位置时的速度。

总之，平衡位置（或中心位置）是振动的中心，是回复力等于零的位置。

二、关于“回复力”

所谓“回复力”是根据力的效果命名的，它的方向总是使振动物体回到平衡位置。回复力可能是弹力，可能是重力，也可能是摩擦力等其他力，还可能是它们中某个力的分力或是它们中某些力的合力，而不是一个单独存在的客观实际力。

例如：水平弹簧振子振动的回复力是弹簧的弹力。

竖直弹簧振子振动的回复力是弹簧的弹力和物体所受重力的合力。

单摆振动的回复力是重力的分力，而不是摆线的拉力和物体所受重力的合力。这一点需要特别注意。

浮在水面上的小木块，若将它轻轻按入水中少许后释放，

它振动的回复力是木块所受浮力和重力的合力。

在两个中心轴彼此平行、以相反方向匀速定轴转动的轮子上，水平放置的木板振动的回复力则是摩擦力。

总之，回复力是方向总指向平衡位置的力的总称。它的作用是使振动物体回到平衡位置。哪些力是回复力，要针对具体的问题进行具体的受力分析。

三、振动物体作简谐振动的判断

(一) 判断的依据

判断一个物体的运动形式可以从运动的规律，运动的特点，或从运动的条件来判断。

所谓运动规律主要就是指位移或路程随时间变化的规律。例如课本中说到匀速直线运动时，就是用运动规律来说明的：物体在一条直线上运动，如果在相等的时间里的位移相等，这种运动就叫做匀速直线运动。

所谓运动特点则是指运动中位移对时间的变化率（即速度）或速度对时间的变化率（即加速度）的性质。例如课本中说到匀变速直线运动时，就是用运动特点来说明的：在一条直线上运动的物体，如果在相等的时间里速度的变化相等，物体的运动就叫做匀变速直线运动。

根据物体的运动规律或特点来描述和判断物体的运动性质是常用的方法，特别是在实验中。但是对于轨迹复杂、变化复杂的运动，往往由运动条件来判断物体运动的性质。

决定物体运动的基本条件有二：一是物体所受合外力的情况；二是物体的初始运动状态（即初速度）。由于物体受力和初速度都是矢量，它们的不同的大小、方向和变化规律以及相互间的复杂关系成为物体做形形色色运动的条件。前面已经学过的各种形式的运动，都是由这两个基本条件决

定的。

课本上对简谐振动的描述就是利用运动条件做出的：在跟对平衡位置的位移成正比，且总是指向平衡位置的力（回复力）作用下的振动，叫做简谐振动。对比简谐振动的规律：位移随时间作正弦（或余弦）变化，显然利用作简谐振动的条件来判断振动的性质要方便得多。

此条件中并未包括初运动状态。实际上这只是作简谐振动的必要条件，但对于判断振动性质已经足够了。

（二）判断的具体步骤

下面我们来证明：竖直悬挂的弹簧振子在弹性限度以内的振动是简谐振动，并以此为例说明判断的具体步骤。

例 1 用一根轻弹簧悬挂一个重物，重物的质量比弹簧质量大得多，以至于弹簧的质量可以忽略不计。重物作振动时，弹簧所受拉力在弹簧的弹性限度之内。证明：重物作简谐振动。

证：（1）平衡位置的确定

设：弹簧原长为 L_0 ，倔强系数为 K 。振动物体的质量为 m 。当弹簧振子处于静止时，弹簧长为 L ，则此处即平衡位置 O 。如图 7-1。

$$\text{则 } \Sigma F = F_0 - mg = 0$$

$$\therefore F_0 = K(L - L_0)$$

$$\therefore mg = K(L - L_0) \quad ①$$

（2）回复力的确定

将重物从平衡位置 O 向下拉到位置 A ，仍在弹簧弹性限度之内放手使物体振动起来。设经过某一位置 B 时，位移为

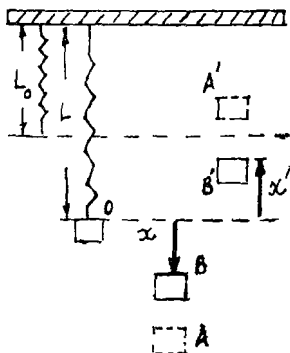


图 7-1