



课外 物理

陆婉珍 李 士 主编

高中二年级

辽宁人民出版社



《课外物理》编委会

顾 问 周光召

主 编 陆婉珍 李 士

执行主编 母庚才 杨秀雯 刘冉冉

编 委 (排名不分先后)

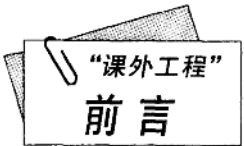
周光召	陆婉珍	李 士	母庚才	杨秀雯
刘冉冉	赵 炬	张 放	王瑛玮	崔东升
姚 雪	王连笑	李果民	谷明杰	黄儒兰
王永惠	王 丽	臧 嵘	周兴旺	郭为民
邵二湘	郭菊英	张敬武	王方薇	刘金英
王合义	王洪智	王海英	王 浩	王灼坤
杨笑岩	韩 冰	吕学林	袁 爽	任子平
韩宏璋	张春秋	王秀娟	王 萍	张 维
肖 芳	杨 玲	侯立瑛	张 明	董 莉
徐秀清	王世瑩	郝昌盛	孙 力	邵德彪
沈 凯	梁振义	刘安利	史 渊	张世云
何慕彬	苏长质	李 颖	左 红	殷 悦
沃忠明	李 盈	武培荣	郑源洁	聂光杰
王 萍	赵 颖	刘 刚	宫晓华	王瑞芝
李 馨	赵玉良	于振丽	李思惠	李伯生
窦云胜	林静虹	黄庭柏	王金茹	励凌泉

闫班	宝龙	武志	民香	管建	新璧	唐云	汉京	李新	黔仁
冯燕	康瑛	刘玲	跃茂	柯育	薇华	孙王	新芳	李李	李华
刘莉	波莉	邓跃	建学	王龚	宝华	李云	春华	李素	艳秋
聂黄	湄良	陈李	晓辉	么惠	敏旭	吴春	卫国	赵京	通敏
王继	芳军	唐孟	胜修	管石	梅春	严张	素娟	李博	敏明
夏慧	梅玲	安林	迎华	唐桂	文信	全曹	斌立	李雪	松成
李金	连秀	崔保	静霞	芮王	齐利	李铭	逸威	胡成	栋芳
王秀	建平	王彩	杰雷	王玉	春宾	夏海	平丽	吴铭	军冬
李秀	明江	李李	雷静	张程	燕君	贾白	俊祥	刘李	李元
杨爱	江秋	王范	桂英	王明	贵范	李李	李李	李李	李李
周雷	锦秋	余余	敏敏	范范	范范	范范	范范	范范	范范

责任编辑：赵 炬 王瑛玮 张 放

编 务：姚 雪 崔东升

版式设计：王珏菲



“课外工程”

前言

今天的中小學生，進入了一個更注重素質提升和能力的培養的時期。一個人，在步入社會前的綜合素質狀況，差不多決定了他的未來前程。素質教育實際是一項系統工程，單靠學校的教育是難以實現的，而要靠整個社會的力量來共同建造。這套被稱之為“課外工程”的書，就是由當今中國最具聲望的專家學者們親自參加建造的。他們關心著中小學生的健康成長，為“減負”後的中小學生建造了這座陶冶素質、鍛造能力的“課外學堂”。

在中國的出版史上，可能還沒有過這樣的場面——集如此眾多並如此拔尖、極富聲望的專家學者來為中小學生建造如此規模的“課外工程”。我們不妨來看看這項工程的構建：

著名作家王蒙、劉心武——主編《課外語文》（從小學一年級到高中三年級，每年級一冊，共十二冊），主編《課外作文》（小學、初中、高中各一冊，共三冊）

著名英語教育家薄冰——主編《課外英語》（從初中一年級到高中三年級，每年級一冊，共六冊）；

著名社會學家費孝通——主編《課外歷史》（從初中一年級到高中三年級，每年級一冊，共六冊），主編

《课外地理》(初中二册、高中三册,共五册);

著名科学家中国科学院院士周光召、陆婉珍——顾问和主编《课外数学》(从小学一年级到高中三年级,每年级一册,共十二册),《课外物理》(初中二册,高中三册,共五册),《课外化学》(初中一册,高中三册,共四册),《课外生物》(初中二册,高中二册,共四册);

著名学者季羨林——主编《课外知识》(上、下二册);

著名心理学家林崇德——主编《课外心理》(小学三册,初中一册、高中一册,通用本一册,共六册)。

在这些极富声望的专家学者的旗帜下,聚集了一群十分优秀的作者。“课外工程”各书的编写者,大都是中国著名的特级教师,如**王连笑老师**是“苏步青教育奖”的获得者,**黄儒兰老师**是国家有突出贡献的教育专家。首都师范大学出版社编审**母庚才先生**、天津大学出版社编审**杨秀雯女士**、科学普及出版社社长**李士先生**、中央教育科学研究所心理研究室主任**俞国良教授**、人民教育出版社编审、历史学家**臧嵘先生**、辽宁社会科学院研究员**李兴武先生**和**魏建勋先生**、首都师范大学历史系副教授**周兴旺先生**、北京21世纪小学数学教材主编**郭为民老师**、天津市南开中学特级教师**谷明杰老师**、北京八中特级教师**王永惠老师**、天津市教育教学地理教研室主任特级教师**王丽老师**、天津市数学普及教育委员会副

主任李果民老师、等等，也都参加了编写工作。所有参加编写的人，都对“课外工程”不去通过教育系统的行政的指令性的发行，而是通过新华书店任学生自愿选择而感到无比的欣慰，编写起来也更为认真、更加负责。

“课外工程”成功地跳出了“课内学习”的框子和局限，有效地拓宽了学生的知识视野，起到了与“课内教学”相辅相成、相互补充的作用。“课内教学”担负了对学生的基础教育，“课外工程”则让学生运用所学到的课内基础知识来拓宽文化视野，用课外充实课内，拓展和深化课内，使课内与课外相映成趣，相得益彰，从而使学生有效地掌握科学的学习方法和学习各种不同学科的思维方式，以切实提高学生的各科学成绩，促进课内学习产生质的飞跃。这就是说，“课外工程”紧紧抓住了学生最关心的提高自身素质的大问题。

在“课外工程”的专家鉴定会上，专家们颇为感慨地调侃道：“课外工程”与“课内教程”相结合，向人们揭示出这样的道理——全面提高学生素质必须要两手抓，一手抓“课内”，一手抓“课外”，两手都要硬。

学生的课外生活应该是丰富多彩的，阅读课外的书籍是学生课外生活的选择之一。“课外工程”永远是学生课外生活的快乐选择，它拒绝对此没有兴趣的人，只青睐于喜欢它的人。



编者的话

《课外物理》的编写既突出了课外知识，又贴近了教材内容，既反映了物理学科的知识体系和培养目标，又不拘泥于课本内容进行了有效拓展。用课外学习来充实和深化课内学习，从而使学生有效地掌握科学的学习方法和思维方式，促进课内学习产生质的飞跃。本书共设以下栏目：

[要点聚焦]——展示各章知识结构，概括内容精要。

[模拟信箱]——以师生之间对话的形式，辨析学生学习中疑难及学习中应注意的问题。

[学法探究]——通过对典型题目的分析，以求达到总结学习方法，发展学生思维，提高能力之目的。

[创新拓展]——联系实际问题进行深层剖析，结合研究方法进行有效拓展，题目难度较大，更适于有能力

的学生研究。

[立竿见影]——相当于一个单元之后的反馈检测。

[物理博览]——在这个栏目中，结合全章内容向同学展示物理世界的精彩片段，既有物理学史、科学家趣闻，又有科学小实验，既有物理学最新成果，又有科学研究前沿。

为适应高、中考需要，我们又设定了走近高(中)考，没有像一般教辅读物那样，只是帮助同学复习学习内容而更注重了能力和方法的提高。为此

设定两个栏目：走出题海——方法篇

名师论坛——专题篇

参加本书编写的共有7名特级教师，2名国家级青年学科带头人，2名市级教研员，作者队伍空前强大。



目 录

“课外工程”前言

编者的话

第十章	机械波	(1)
第十一章	分子热运动 能量守恒	(26)
第一单元	分子动理论基础	(28)
第二单元	热和功 能量守恒定律	(35)
第十二章	固体和液体	(46)
第一单元	固体	(48)
第二单元	液体和液晶	(51)
第十三章	气体	(57)
第一单元	描述气体状态的参量 及气体分子运动的特征	(60)
第二单元	气体实验定律	(73)
第三单元	理想气体状态方程及其应用	(83)
第十四章	电场	(101)
第一单元	静电场的两个基本定律	(102)



第二单元	静电场的两个基本性质	(110)
第三单元	电场中的导体与电容	(118)
第四单元	匀强电场中带电粒子的运动	(128)
第十五章	恒定电流	(140)
第一单元	电路中的基本参量	(141)
第二单元	分压原理与分流原理	(147)
第三单元	闭合电路的欧姆定律	(155)
第四单元	电路中的能量转化	(164)
第五单元	电阻的测量	(172)
第十六章	磁场	(185)
第一单元	磁场、磁感应强度、磁通量	(186)
第二单元	安培力及其应用	(195)
第三单元	洛仑兹力及其应用	(203)
第十七章	电磁感应	(222)
第一单元	电磁感应现象及楞次定律	(223)
第二单元	法拉第电磁感应定律及应用	(234)
第三单元	自感现象及应用	(251)
第十八章	交变电流 电磁波	(272)
第一单元	正弦交流电	(276)
第二单元	变压器和电能输送	(286)
第三单元	电磁振荡 电磁波	(296)

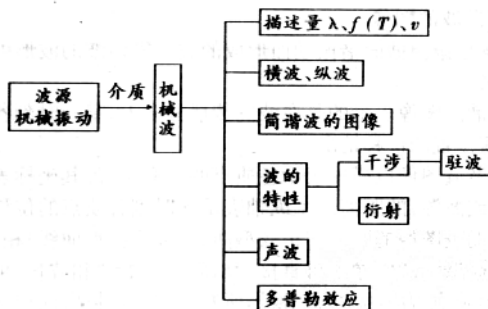


第十章 机械波



重点知识

一、本章的知识结构



二、主要的知识内容

1. 机械波的描述量

(1) 波长 λ : 两个相邻的, 在振动过程中对各自平衡位置的位移总是相同的质点间的距离。

对横波来讲, 波长等于相邻的两个波峰(或波谷)中央之间的距离。

对纵波来讲, 波长等于相邻的两个密部(或疏部)中央之间的距离。

波长的大小也等于波在一个周期内传播的距离。

(2) 频率 f 和周期 T : 对一个周期性变化的物理过程。这两个



描述量是必不可少的。

机械波的频率 f 与波源的振动频率相同。一列机械波在不同介质中传播时频率保持不变。

周期是机械波传播一个波长的距离所需要的时间。它等于振源的振动周期。

很明显, $T = \frac{1}{f}$ 。

(3) 波速 v , 单位时间内波在介质中传播的距离。波速的大小与介质有关。

(4) 波长、波速、频率(周期)的关系;

$$v = \lambda f \quad \text{或} \quad v = \frac{\lambda}{T}$$

2. 简谐波的图像

简谐波是振源做简谐振动而形成的波。简谐波的波形可用图像描绘出来。

(1) 简谐波图像表示的是在波的传播方向上, 某一时刻各质点对自己平衡位置的位移情况。

(2) 简谐波图像以横轴表示各质点的平衡位置。其坐标表示质点与原点(或波源)的距离。用纵轴表示该时刻各质点的位移。

(3) 简谐波图像的形状与正弦型曲线(或余弦型曲线)相似。

(4) 从简谐波的图像上可直接读出质点的振幅和波长; 可以找到该时刻各质点对应的位移。根据所知的波的传播方向或某质点的振动方向来判断质点的振动方向或波的传播方向。

3. 波的特性——干涉和衍射

(1) 波的干涉:

① 波传播的独立性与波的叠加。

几列波在传播过程中相遇时, 每列波都能够不受其波的干扰而独立继续传播下去。在波的重叠区域里, 质点的总位移等于几列波各自引起的质点位移的矢量和。

② 波的干涉: 两列频率相同的波叠加时发生的现象。

形成稳定干涉的条件: 两列波的频率相同。

干涉产生的现象: 某些区域的质点振动始终加强; 某些区域的质点振动始终减弱, 并且振动的加强区域和减弱区域互相间隔。



两振动相同的波源到振动加强区域的中心的距离之差

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

两振动相同的波源到振动减弱区域中心的距离之差应满足

$$\Delta S = (n + 1) \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

③驻波:驻波是由频率相同,振幅相同,传播方向相反的两列波发生叠加形成的。是一种特殊的干涉现象。

驻波的波形随时间变化,但不移动。

驻波中振幅最大的地方叫波腹,振幅始终等于零的地方叫波节。相邻的两个波节(或波腹)间的距离等于 $\frac{\lambda}{2}$ 。

④波的衍射:波能绕过障碍物继续传播的现象。

产生明显衍射现象的条件是:障碍物或孔的尺度比波长小或与波长相差不多。

一般情况下,声波的波长较长,其传播中很容易观察到它的衍射现象。

4. 声波:声波的频率在 $20 \sim 2 \times 10^4 \text{ Hz}$ 之间的声波能引起人的听觉;声波是纵波;声波在空气中的传播速度与温度有关,常温下约为 340 m/s 。

5. 多普勒效应:当振源(或观察者)在相对介质运动时,观察者感觉到的波的频率 f' 与振源的振动频率 f 不同,这种现象叫多普勒效应。

当振源与观察者的距离减小时,观察者感觉波的频率升高;距离增大时,感觉波的频率降低。



当堂探究

【例1】如图10-1所示为一简谐波某时刻的波形图。已知该时刻P点的振动方向向下,波速为 2.4 m/s 时,那么再经过 $t = \frac{9}{8} \text{ s}$ 时。

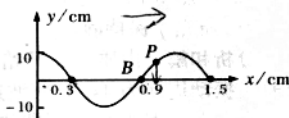


图 10-1



(1) B 点的位移为多少? 通过的路程为多少?

(2) 这列波继续向前传播了多大距离?

分析和解 (1) 由所给的图线可知该波的波长 $\lambda = 1.2\text{m}$ 。由此时 P 点的振动方向向下可断定波是向右传播的。且此时 B 点也向下振动。

$$\text{由 } T = \frac{\lambda}{v} \text{ 得 周期 } T = \frac{1.2}{2.4} = 0.5\text{s}$$

$$\therefore t = \frac{9}{8}\text{s} = 2\frac{1}{4}T$$

这样, 可得再经过 $\frac{9}{8}\text{s}$, 质点 B 应处于波谷位置, $\therefore$ 其位移 $y = -10\text{cm}$, 这段时间内质点 B 通过的路程为 $S = 9A = 9 \times 10 = 90\text{cm}$ (A 为振幅)。

(2) 由 $S = vt$

$$\text{可得波向前传播的距离, } S = vt = 2.4 \times \frac{9}{8} = 2.7\text{m}.$$

说明: 本题中判定 B 点的振动方向是确定它经过 $\frac{9}{8}\text{s}$ 后位移的关键。 P 点的振动方向向下, 说明波峰已经经过了 P 点。所以波是向右传播的。图中的波谷也应向右传播, 所以质点 B 经过一段时间后应到达波谷, B 的振动方向向下。

【例 2】 如图 10-2 所示, 沿波的传播方向上有间距均为 1m 的六个质点 a, b, c, d, e, f , 均静止在各自的平衡位置。一列横波以 1m/s 的速度水平向右传播, $t=0$ 时刻到达质点 a , 质点 a 开始由平衡位置向上运动。 $t=1$ 秒时, 质点 a 第一次到达最高点, 则在 $4\text{s} < t < 5\text{s}$ 秒这段时间内:

- 质点 c 的加速度逐渐增大
- 质点 a 的速度逐渐增大
- 质点 d 向下运动
- 质点 f 保持静止

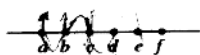


图 10-2

分析和解 由质点 a 开始向上振动至达最高点用时 1 秒钟。可知其振动周期为 4s , 且其波速为 1m/s , 所以在 $4 \sim 5\text{s}$ 这段时间内质点 a 已开始第二个周期的振动, 而与其相距 5m 的 f 质点尚未开始振动。质点 a 是向上振动的, 即由平衡位置向最大位移处

运动,其速度是逐渐减小的。而这段时间内,质点 c 已振动了半个周期,正由平衡位置向下振动,其加速度逐渐增大。质点 d 已振动 1 秒,由平衡位置上方的最高点向下振动。

所以,答案 A、C、D 正确

说明: 本题把质点的简谐振动和波的传播结合在一个问题中。应当清楚波在向右传播时,介质中各质点(例如: a 、 b 、 c ……)都在自己的平衡位置附近上、下振动,而没有随波向右移动。

对做简谐振动的质点,其加速度,速度的大小与位移的关系正确的认识也是本题要考查的内容。

【例 3】 图 10-3 所示为一列简谐波在两个不同时刻的波形,虚线为实线所示的横波在 $\Delta t = 0.5\text{s}$ 后的波形图像:

(1) 若质点的振动周期 T 与 Δt 的关系为 $T < \Delta t < 3T$, 求在 Δt 时间内波向前传播的距离。

(2) 若波速为 $v = 1.8\text{m/s}$, 则波向哪个方向传播? 为什么?

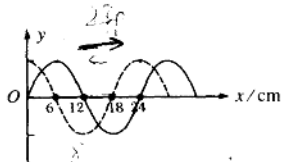


图 10-3

分析和解 由于不知波的传播方向, 所以应当注意有两种可能, 即可能有两个解。

(1) 若波向右传播, 在 Δt 内波传播的最短距离为 18cm, [可由实线的最左边的波峰与其右侧虚线的第一个波峰间距离 (24-6) cm 求得] 再考虑到波的周期性, Δt 内波传播的距离可能为 $S = n\lambda + 18\text{cm}$, ($n = 0, 1, 2, \dots$)

$$\because T < \Delta t < 3T \quad \therefore n \text{ 只能取 } 1, 2,$$

$$\therefore S_1 = \lambda + 18 = 24 + 18 = 42\text{cm} \quad \text{或}$$

$$S_2 = 2\lambda + 18 = 2 \times 24 + 18 = 66\text{cm}$$

若波向左传播, Δt 内波传播的距离最短为 6cm, [可由实线波形的最右边波峰与其左侧虚线波形的第一个波峰间的距离 (24-18)cm 求得] 所以 Δt 内波传播的可能距离为 $S = n\lambda + 6\text{cm}$

$$\because T < \Delta t < 3T \quad \therefore n \text{ 只能取 } 1, 2,$$

$$\therefore S_1 = \lambda + 6 = 24 + 6 = 30\text{cm} \quad \text{或}$$

$$S_2 = 2\lambda + 6 = 2 \times 24 + 6 = 54\text{cm}$$

(2) 若波速为 $v = 1.8\text{m/s}$, 其在 $\Delta t = 0.5\text{s}$ 内波传播的距离为



$S = v \cdot \Delta t = 1.8 \times 0.5 = 0.9 \text{ m} = 90 \text{ cm}$ (将其代入 $S = n\lambda + 18$ 及 $S = n\lambda + 6$ 中那个式子中能解得 n 为正整数即可判断波的传播方向)

$$\therefore 90 = 24n + 18 \quad \text{时} \quad n = 3$$

$$90 = 24n + 6 \quad \text{时} \quad n = 3.5$$

$\therefore$ 当 $v = 1.8 \text{ m/s}$ 时, 波是向右传播的。

说明: 由于波的周期性, 因而波的传播问题有多解性, 解题中要注意, 以免漏解。

波的问题的多解性主要有以下几种情况:

1. 不知波的传播方向, 应考虑两个方向的可能。
2. 知道波的传播所用时间 Δt , 但不明确 Δt 与周期的关系, 由于 Δt 可能等于 $nT + \Delta t'$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) 而引起多解。
3. 知道波传播的距离 Δs , 但不明确 Δs 与 λ 的关系, 由于 Δs 可能等于 $n\lambda + \Delta s'$ 也可出现多解情况。

【例 4】 如图 10-4 所示, 在直线 PQ 的垂线 OM 上有 A 、 B 两个声源, A 、 B 分别距 O 点 6 m 和 1 m , 两个声源同时不断地向外发出波长都为 2 m 的完全相同的波, 在直线 PQ 上从 $-\infty$ 到 $+\infty$ 范围内听不到声音的小区域共有:

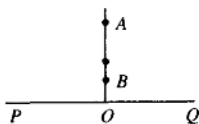


图 10-4

- A 无穷多个
B 5 个
C 4 个
D 3 个

分析和解 在 PQ 线上听不到声音的位置一定是因为 A 、 B 两声源发出的完全相同的波发生干涉且振动减弱的区域。其满足的条件是从 A 到该区域中心的距离与 B 到该区域中心的距离之差为声波波长的 $\frac{1}{2}$ 的奇数倍。即: 如图 10-5 所示 $AC - BC =$

$$\frac{2n+1}{2}\lambda = (2n+1)m \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

由数学知识得知 $AC - BC \leq AB = 5$

$$\therefore 2n+1 \leq 5$$

$\therefore n$ 只能取 $0, 1, 2$, 即除 O 点外, 在其

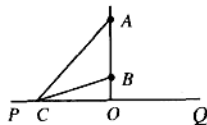


图 10-5



左、右两边各有两处听不到声音的位置。

∴答案 B 正确。

【例 5】 两列简谐波同振幅、同波长，同速率，相向传播。某时刻两列波图像如图 10-6 所示。实线表示的波向左传播，虚线表示的波向右传播。关于图中介质质点 A 正确的认识是：

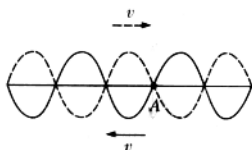


图 10-6

A. A 振动始终加强

B. 由图示时刻开始，再经 $\frac{1}{4}$ 周期，A 将位于波峰

C. A 振幅为零

D. 由图示时刻开始，再经 $\frac{1}{4}$ 周期，A 将处于波谷

分析与解 A 质点的振动情况由相向传播的两列波互相叠加后共同决定。

由波传播的独立性，对实线波来讲，它向左传播，此时 A 将向上振动；对虚线波来讲，它向右传播，此时 A 也将向上振动。所以 A 质点是振动加强位置。过 $\frac{1}{4}$ 周期后 A 将达到上方最大位移处。

∴A、B 两答案正确

说明：干涉现象中，振动加强的点并不是始终处于最大位移处，它也是在做振动的，只是振幅比单独一列波经过时的幅度要大。另外两列波都使该质点向同一方向振动，因而使其振动加强。



模拟信箱

学生：简谐振动图像和简谐横波的图像都是正弦形（或余弦形）图线，它们有什么区别呢？

教师：这个问题提得很好。简谐振动图像和简谐横波的图像形状相同，但却表明了不同的物理含义。用图像表示物理规律只是利用了数学的方法或工具，目的是把物理量之间的关系直观、形象地