

 以全国课程为标准  内容打破区域限制



高中先修课程

-  解决初高中衔接难题
-  定位高中课程先修问题
-  应对高中自主招生选拔
-  升学考试获取优异成绩

物理

方梦非◎编著



上海交通大学出版社

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

高中先修课程

方梦非◎编著

物理



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书撷取了高中教材主要是高一教材中最能体现物理学习的思维和方法的几个点,编成15讲,从生活中实际的例子出发,以初中学习的知识为基础,用深入浅出的方式,带领即将进入高中的同学,接触更高层次的思维方法,近距离体会从初中到高中的学习知识和能力上的提升,以期达到学会学习的目的。由于本书撷取的点都是高中物理学习中最典型和最基本的知识和方法,适应于高中使用不同版本的物理课程的同学使用。

图书在版编目(CIP)数据

高中先修课程. 物理 / 方梦非编著. —上海: 上海交通大学出版社, 2015
ISBN 978-7-313-13300-7

I. ①高… II. ①方… III. ①中学物理课—高中—教学参考资料 IV. ①G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 143203 号

高中先修课程·物理

编 著: 方梦非

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

出 版 人: 韩建民

印 制: 常熟市文化印刷有限公司

开 本: 787 mm×960 mm 1/16

字 数: 228 千字

版 次: 2015 年 7 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-13300-7/G

定 价: 35.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 13

印 次: 2015 年 7 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 0512-52109025



主观和客观的断隔,使初中课程和高中课程成为两个互不关联的自封闭系统,难以沟通更谈不上共融。学生智能在两个不相关的环境中被动成长,就像先被装在一个小套子里,然后突然再装进一个大套子里,这就带来两个问题:一是初中的部分学科优秀生没有先修高中课程的机会,只能把宝贵的时间用于重复劳动,在初中的教学内容中低层次循环,获得的是越来越熟练的解题技能而失去了智慧;二是进入高中以后的不适应,课程内容的特点、认知能力的层次、学习方式的差异成为众多学生升入高中后面临的巨大挑战,造成一部分学生成绩滑坡,长期遭受难以忍受的身心负担。

有识之士早已关注到这一点,试图用多种方法打通这种壁垒,最常见的就是提供“衔接课程”,但收效甚微,原因恐怕在于定位有问题,“衔接课程”主要解决的是初三与高一之间的对接问题,很像在初中和高中这两个“房间”之间接上了一个“管子”或“通道”,初中生只能从中嗅出飘过来的一丝课程气息或窥视高中课程的一棱一角,无法满足自己的学习需要。要想真正解决问题,可能需要彻底打通这两个“房间”之间的“隔墙”,让学有余力者直达高中课程。至此,有人会说,那干脆把高中教材直接给初中学生好了,问题不就解决了吗?否!因为这对大部分学生要求太高,无法顺利进行学习。这就是说,我们需要开发一种全新的课程,这种课程要从学生的最近发展区出发,把初中课程中的主要内容,小坡度地拓展到高中课程的体系中去,它可能不会帮助读者完全解决高中课程的所有学习问题,但会帮他形成正确的认知观念和学习方法,有效破除整个高中课程中可能要面对的关键障碍,使高中学习从容不迫,学有大成。也就是说这种课程应该是初高中两个课程体系之间的整体“对话”而非两者之间简单的首尾相接。这就是“高中先修课程”的由来。

“高中先修课程”编写理念:

➤ 承继大学先修课程之脉。



➤ 填补初高中结合之空白。

➤ 创设该形态课程之先河。

“高中先修课程”内容特点：

➤ 选题依据全国和上海的课程标准，内容打破区域限制，对所有省市具有广泛适用性。

➤ 选题均从初中课程中生成出来，再融合到高中课程中去，体现现有基础的重要性，使读者学习顺畅，卓有成效。

➤ 选题立足高中课程的核心内容，体现对高中课程的先修，使读者与高中课程零距离，提前适应高中课程，有效化解将来的学习障碍。

➤ 选题适当关注系统性和完备性，体现初高中两大课程体系的共融，使读者的学习实现真正意义上的贯通。

“高中先修课程”读者对象是优秀初中生，其功能定位为：

➤ 解决高中课程先修问题。

➤ 应对高中自主招生选拔。

➤ 升学考试获取优异成绩。

读者们，既然翅膀硬了就该飞翔！但世界上总有太多的人、太多的理由、太多的方式去禁锢你们……我们希望“高中先修课程”能强健你的心智，放飞你的思想！甬说了！飞吧……

张雪明

2014年3月24日



领先一步 步步领先

(代前言)

这是一本为即将进入高中学习的同学们所写的书,也许你曾经在初中物理的学习中取得很好的成绩,正踌躇满志,想在高中保持优势。也许你在初中的物理学习中成绩还不够理想,正满怀期待,要在高中重新开始。无论你属于哪一类同学,这本书都能给你有效的帮助,让你更好地实现自己的梦想。

同学们从初二就开始学习物理了,到了高中,物理也是高中阶段一门重要的课程。

物理学是研究物质的基本结构、相互作用和物质最基本、最普遍的运动形式(机械运动、热运动、电磁运动、微观粒子运动等)及其相互转化规律的科学。

一、有趣的物理现象

图1是套在一起的两个肥皂泡,你小时候是不是也曾吹出这样的肥皂泡,图2是俄罗斯泡泡节上有人吹出的大肥皂泡。你想不想在高中的实验室里吹出与众不同的肥皂泡?

图3是新疆哈密鸣沙山。据考证,这里曾经是汉军与匈奴交锋的古战场。平时常有号角之声从内发生,时断时续,时高时低,忽而声响如万马奔腾、忽而柔细如诉如泣。



图1



图2



图3

其实,能发出各种各样的声音只是一种物理现象。是砂山的石英砂粒通过振动,相互摩擦而发出来的声音。

丰富多彩的自然运动,让牛顿觉得自己就像一个在海边玩耍的孩子,不断捡到精美的贝壳。

二、有用的物理知识

物理学的研究为人类的文明进步作出了巨大的贡献。

以人类测定时间仪器的发展为例,可知物理学的发展极大地促进了科学技术的发展,大幅度地提高了人们的生活质量。

图 4(a)是公元前人们利用太阳投射的影子来测定时刻的装置。每天的误差是 15 分钟。

图 4(b)是宋代所制的铜壶滴漏。一昼夜的误差在 10 分钟左右。

意大利物理学家伽利略发现摆的等时性后,荷兰物理学家惠更斯制成了世界上第一个摆钟,图 4(c)就是摆钟。计时误差减少到了每日几十秒到几分钟。

图 4(d)是 20 世纪 30 年代出现的石英钟,三百年只差一秒。

图 4(e)是国家授时中心的铯原子钟,精度可以达到 600 万年误差在 1 秒内。

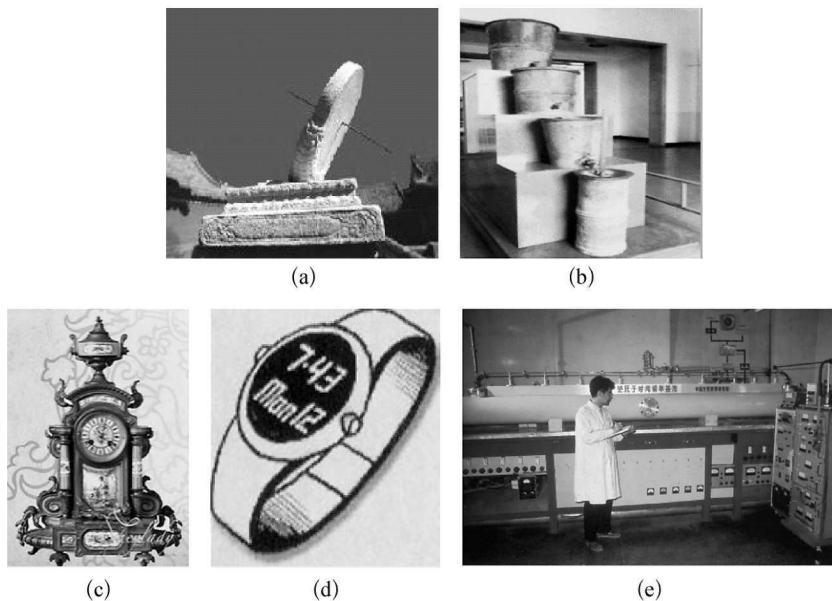


图 4

科学家利用牛顿的万有引力定律和对天王星天体轨道的观测数据,判断在天王星的外侧有一颗行星,计算出了它的轨道并在预期的轨道上发现了新的天体——海王星。应用物理知识,人类对宇宙的视野变得越来越远。

图5是上海的磁悬浮列车,这是世界上第一条也是目前唯一一条正式运营的磁悬浮列车,速度可达423 km/h。

我们今天所享受的科学文明,如照明工具、交通工具、计算机的发展等,都离不开物理学的发展,物理改变了世界。

反过来,科技的发展又为物理学的研究提供了最新的测量手段和仪器,所以物理学和科学技术的发展是相互促进的。

精妙绝伦的物理规律,重要实用的物理知识,应该是每一个现代学生应该掌握的基本科学知识。



图5

三、较高的学习要求

物理学作为一门思维的科学,对同学们的思维要求比较高,从初中到高中,知识容量、思维要求、数学知识应用能力的大幅度提升,使不少同学一下子有点懵了,不能很快适应高中学习的节奏和要求,在学习中遇到了困难,成绩出现较大波动,有的甚至对物理学习产生了畏难情绪。

可以说,高中物理能不能学好,很大程度上取决于同学们能不能顺利踏上高一学习的台阶,适应高中学习的知识和思维的大容量。

四、有效的衔接通道

本书就是帮助将要进入高中学习的同学,在方法、知识等方面与高中学习进行有效对接,为顺利地完成高一第一学期,进而整个高中阶段的物理学习奠定基础。

为了最有效地帮助同学们,本书有以下几个特点。

(一) 对症下药

初高中物理衔接难,是多少年的话题,可见是个顽症。必须诊断出难点之所在,才能对症下药。

初高中衔接主要有以下几个难点:



1. 思想方法衔接难

物体从静态到动态,物体的运动过程从一个过程到几个过程,每章涉及的公式从只有几个公式到一章就出来十几个公式,一下子有些“消化不良”。

另外,初中物理知识内容相对比较少,中考要求也不是很高,这就造成了在平时的学习中很多同学不追究“为什么”,而只记“怎么样”,学习上偏重于死记硬背,不能适应高中物理学习中灵活多变的方法。

初中接触了如等效替代的物理方法,高中的第一章就会涉及理想模型的方法、微元极限的方法、微元累计的方法、忽略次要因素、抓住主要因素的方法等,公式和方法的大量冲击造成了理解和学习的困难。

2. 部分知识不衔接

高中学习涉及的滑轮、斜面等机械及它们的机械效率,在高中老师看来都是初中已经学过并且掌握了,但实际上这些内容现在初中阶段要求很低,因为是非中考内容,有的学校甚至一点不学。还有初中电路学习中涉及串并联电路,混联电路基本没有涉及,但高中教学中涉及混联电路、画等效电路时,老师会认为这些是学生已经知道的。这些情况说到底,就是认为会的知识其实不会,学习中遇到这些知识时就会觉得比较困难。

3. 数学知识不衔接

在物理学习中,数学作为工具学科,会反复用到。但学生学习数学和学习物理常是割裂的,俗称“数学物理两张皮”,如数学中学到的一次函数及图像非常熟练,物理学习中具体到位移-时间、速度-时间图像时却不能有效地联系。再如,在物理学习中大量的计算会用到直角三角函数知识,但有些同学这部分知识不熟练,等等。数学知识滞后于物理教学,造成学生在学习上较大的困难。

(二) 方法优先

本书作为初中升高中学生的高中预科作业,颠覆了把高一第一学期物理整体下移的习惯做法,以同学们感兴趣的现象为例,从方法入手,强化了一部分高中会用到但初中非常弱的知识,初步涉及高中一些常用和重要的思想方法,让学生读了以后对高中物理学习有一定的思想准备和方法准备。

(三) 篇幅安排

本书共 15 讲,以讲课的方式娓娓道来,每讲包含“旧知回顾”、“为你导航”、“新知盘点”、“探索实践”和“雏鹰学飞”四部分,“旧知回顾”是与这一讲知识所关联的初中或前面所学过的知识,温故知新,有利于新知识的学习。“为你导航”就是在此基础上伸向高中学习的枝蔓,通过在实际情景下提出一个个问题,一步步为同学们解决学习中的困惑。“新知盘点”及时对新学的知识进行梳理,加深同学们的印象。

“探索实践”就是把学到的知识通过典型的例子深化理解。“雏鹰学飞”当然就是同学们尝试着用新学的知识来解决一些问题。每讲篇幅在 10 页左右,所以内容不多,都从熟悉的知识着手。例如“从杠杆平衡到力矩平衡”,就是把初中学过的二力杠杆,延伸到三力、四力,等等,学起来也比较轻松。但是 15 讲学完后,回头望望,你会发现自己的物理知识和思想方法都已经不知不觉提高了一大步。

方法领先一小步,学习前进一大步。祝同学们在高中学习取得更好的成绩。本书编写中得到了徐成华、张士兰、朱惠顺等多位老师的支持,特此感谢。



目录

第 1 讲	从匀速运动到变速运动	/001
第 2 讲	从一般变速到均匀变速	/015
第 3 讲	从文字描述到图像描述	/026
第 4 讲	从单个物体到追赶问题	/038
第 5 讲	从力的基础到力的合成	/047
第 6 讲	从二力平衡到多力平衡	/061
第 7 讲	从杠杆平衡到力矩平衡	/072
第 8 讲	从汽车起动到火箭升天	/083
第 9 讲	从直线运动到圆周运动	/099
第 10 讲	从单一物体到多个物体	/113
第 11 讲	从简单运算到数理结合	/122
第 12 讲	从恒力做功到变力做功	/135
第 13 讲	从直接测量到间接测量	/146
第 14 讲	从实际问题到物理模型	/157
第 15 讲	从测量数据到物理规律	/170
参考答案		/184

第1讲 从匀速运动到变速运动

同学,你用过百度导航吗,是不是很方便?
运动中物体的位置如何确定? 如何描述?

百舸争流谁为先,运动快慢如何比较?

人类对运动的研究,总是从最简单的运动开始,再逐步深入。匀速直线运动就是所有运动中最简单的。



先来回顾一下初中已经学过哪些直线运动的知识。



1. 如何描述运动

在物理学中,把一个物体相对于另一个物体的位置改变称为机械运动,简称运动。事先选定的标准物体,叫做参照物。

2. 如何描述匀速直线运动

(1) 匀速直线运动定义:物体在单位时间内通过的路程叫速度,运动速度不变的直线运动称为匀速直线运动。

(2) 匀速直线运动速度公式 $v = \frac{s}{t}$,

匀速直线运动路程公式 $s = vt$

(3) 匀速直线运动的图像:

图 1-1 是速度-时间图像,匀速运动的速度不随时间变化;图 1-2 是路程-时间图像, $s = vt$, v 不变,所以路程和时间成正比;图 1-3 是数学中的直线图像,把路程图像和直线图像对照,可以看出, $s-t$ 图中的斜率就是匀速运动的速度。

3. 如何计算变速运动的平均速度

(1) 速度变化的直线运动称为变速直线运动。

(2) 用平均速度粗略描述变速直线运动的快慢:把变速直线运动等效为匀速

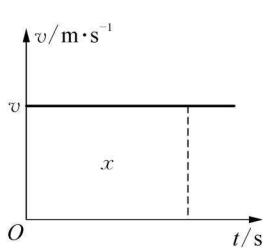


图 1-1

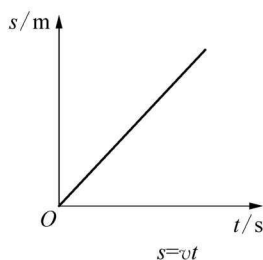


图 1-2

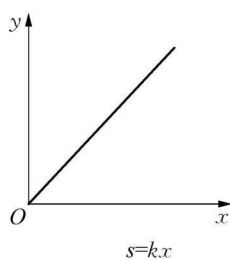


图 1-3

直线运动,其等效速度 $\bar{v} = \frac{s}{t}$ 。



情景

右侧两组报道放在一起看很有意思,不过新闻中都提到了一个共同的事情,物体的定位。



问题一 那么如何在一个平面上定位呢?

答案 如图 1-4 所示,用一个直角坐标就可以定位平面上点的位置。如位置 1 就可以用 (x_1, y_1) 确定。

问题二 图 1-4 中从位置 1 到位置 2,如果有如图所示三条路径到达,如何来描述位置的改变呢?

答案 从初中描述的方法来看,这三条路径的路程各不相同,但是位置的改变是一样的,所以单纯用路程不能很好地描述位置的改变。

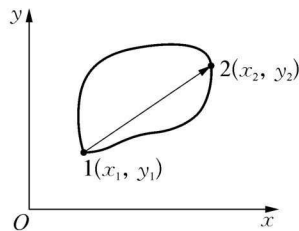


图 1-4

但不管路径千变万化,都可以用图 1-4 中从起始位置到终点位置的一根带箭头的有向线段来表示。这根线段所表示的就是物体位置的改变,称为位移,它的大小反映位置改变的多少,方向反映位置改变的方向。像初中所学的力那样有大小、方向的物理量称为矢量。而这几条路径的实际长度就是曾经学过的路程,路程只有大小,这样的物理量称为标量。高中阶段我们所学的所有物理量都要关注是矢量还是标量。

如果研究的运动在一条直线上,用一根坐标就可以定位了。

问题三 物体在一条直线上运动,路程就和位移相等了,对吗?

答案 不对,如果物体做直线运动从A点出发运动10 m到达B点,又回头沿直线回到了A点,则显而易见,此过程路程是20 m,而位移却是零。

如果物体作单向的直线运动,从A点出发运动10 m到达B点,此时路程是10 m,位移大小也是10 m,现在能不能说位移等于路程了呢,还是不能,因为路程是标量,反映这段路径的长度大小,但不能确定是从A到B还是B到A,而位移是矢量,不仅有大小,还有方向。

现在你知道描述位置改变应该用位移了吗?知道路程和位移这两个物理量的不同了吗?知道物理量有矢量和标量之分了吗?这是我们比初中学习拓展的一个地方。

情景 图1-5所示是某次短跑比赛中运动员精彩的冲刺画面,我们可以知道运动员跑完100 m各自所用的时间,从而知道运动员的名次。



图1-5

问题四 如何知道运动员的冲刺速度呢?

答案 运动员在比赛过程中显然不是匀速运动,作为一个变速运动,初中时已经学会了用平均速度粗略地描述运动的快慢。

这是某同学在平直道路上跑1 500 m时,跑步情况如表1-1所示。

表1-1

时 间	前1 min	中间3 min	最后1 min
路程/m	400	800	300

问 (1) 该同学前1 min的平均速度是多少?

(2) 该同学中间3 min的平均速度是多少?

(3) 该同学最后1 min的平均速度是多少?

(4) 该同学最后整个过程的平均速度是多少?

分析 (1) 由表1-1数据可知,该同学前1 min位移 $s_1 = 400$ m,时间 $t_1 = 60$ s,

根据平均速度的公式求得 $\bar{v}_1 = \frac{s_1}{t_1} = \frac{400}{60} = 6.67$ m/s。

(2) 该同学中间3 min位移 $s_2 = 800$ m,时间 $t_2 = 180$ s,

$$\text{平均速度 } \bar{v}_2 = \frac{s_2}{t_2} = \frac{800}{180} = 4.44 \text{ m/s.}$$

(3) 该同学最后 1 min 位移 $s_3 = 300 \text{ m}$, 时间 $t_3 = 60 \text{ s}$,

$$\text{平均速度 } \bar{v}_3 = \frac{s_3}{t_3} = \frac{300}{60} = 5 \text{ m/s.}$$

(4) 该同学整个过程位移 $s = 1500 \text{ m}$, 时间 $t = 300 \text{ s}$,

$$\text{平均速度 } \bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{1500}{300} = 5 \text{ m/s.}$$

由上述运算可见, 物体在做变速直线运动时, 不同时间段的平均速度是不同的, 用平均速度来描述运动太粗略了, 我们无法知道运动 1 min、2 min 时物体的速度是多少。

要想精确地描述物体运动的快慢, 就要知道物体在任一时刻(经过任一位置)时的速度, 我们把运动物体在某一时刻或经过某一位置时的速度, 叫做瞬时速度。

图 1-6 是物体做直线运动时的位移-时间图像。

从 t_1 时刻到 t_4 时刻, 所经历的时间为 $t = t_4 - t_1$, 从图 1-6 中可以看出, 物体离开坐标原点的位置从 x_1 变为 x_4 , 完成的位移是 $s = x_4 - x_1$, 所以这段时间的平均速度为

$$\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{x_4 - x_1}{t_4 - t_1}, \text{ 此即图线中割线 } AB \text{ 的斜率,}$$

如果用这个速度当做 t_1 时刻的瞬时速度, 显然差距很大。

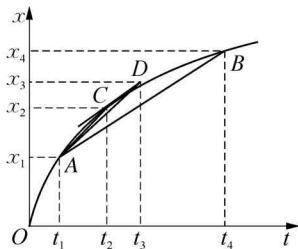


图 1-6

研究从 t_1 时刻到 t_3 时刻, 所经历的时间为 $t' = t_3 - t_1$, 从图 1-6 中可以看出, 物体离开坐标原点的位置从 x_1 变为 x_3 , 完成的位移是 $s' = x_3 - x_1$, 所以这段时间的平均速度为

$$\bar{v}' = \frac{s'}{t'} = \frac{x_3 - x_1}{t_3 - t_1}, \text{ 此即图线中割线 } AD \text{ 的斜率, 用这段时间的平均}$$

速度代替 t_1 时刻的瞬时速度, 虽然还是有很大差距, 但和用 t_1-t_4 这段时间相比, 时间更短, 结果更接近 t_1 时刻的瞬时速度。

受此启发, 如果我们取更短的时间段呢?

同理, 取 t_1-t_2 这段更短的时间, 那么平均速度就是图中割线 AC 的斜率, 现在用这个平均速度来代替 t_1 时刻的瞬时速度, 会比前面两个时间段的平均速度更接近 t_1 时刻的瞬时速度。

如果从 t_1 时刻起, 所取的时间间隔越来越小, 该时间段内算平均速度所用到的

割线越来越接近过 A 点的切线,平均速度越来越接近 t_1 时刻的瞬时速度,当所以时间 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,平均速度就趋向于瞬时速度了。

归纳上面的分析,我们得到了这样的结论:

(1) $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, 瞬时速度是 $\Delta t \rightarrow 0$ 时的结果。

(2) 在 $s-t$ 图像中,瞬时速度就是图线上对应时刻的切线的斜率。

情景 在 2008 年 8 月 16 日,牙买加选手博尔特在国家体育场“鸟巢”进行的北京奥运会男子 100 米决赛中以 9.69 s 的成绩夺得金牌并打破 9.72 s 的世界纪录。图 1-7 是一摄影记者用照相机拍摄下的博尔特到达比赛的终点冲刺时的情景。设博尔特高度为 H ,已知摄影记者使用的照相机的光圈(控制进光量的多少)是 16,快门(曝光时间)是 $1/60$ s,得到照片后测得照片中人的高度为 h ,胸前号码布上模糊部分的宽度是 ΔL 。求博尔特的冲刺速度。



图 1-7

答案 解析 照片中模糊部分的宽度就是最后冲刺时的 $1/60$ s 运动员号码布对应的运动位移,由放大比例关系可知其大小 $\Delta x = \frac{H}{h} \Delta L$,因为 $\Delta t = 1/60$ s,时间极短,所以可以把这极短时间的平均速度当做冲刺时运动员的瞬时速度, $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{H \cdot \Delta L}{h \cdot 1/60} = \frac{60H\Delta L}{h}$ 。

说明 求瞬时速度的方法其实是物理研究和学习中非常常用而且特别重要的一种思想方法:微元极限方法。

微元是为了解决变化的问题,本来是变速直线运动的物体,当我们把时间取得极短的时候,就可以认为是速度不变的匀速运动,就可以用我们学过的简单的匀速运动的公式来解决问题。

取极限是因为只有时间取到无限短,用匀速代替变速才会准确。

到高中学习时,这种解决问题的方法还会遇到很多,比如测瞬时速度的光电门传感器就是用极短时间内的平均速度来测出瞬时速度的。再如当力变化时,要求变力所做的功,也是通过取极短的位移,在这段位移内,可以认为力是不变的,算出这极短位移内的功,然后在把所有极短位移内的功全部累计起来,这是微元累计的方法。诸如此类的还有很多。当我们进入高中学习的时候,一定会有很多次用到

今天学习的方法。

情景 图 1-8 是长 1 453 m 的钱江大桥,图中下层有一列长 100 m 的火车正以 20 m/s 的速度匀速过桥,同时上层有一辆小轿车和火车头以相同的速度过桥。



图 1-8

问题五 火车和小轿车过桥的时间一样吗?

答案 我们计算一下车过桥的时间,就可以知道问题的答案了。

从车头开始进入桥到车尾离开桥,总位移 $s = 1\,553\text{ m}$,过桥时间为

$$t_1 = \frac{s_1}{v} = \frac{1\,553}{30} = 51.8\text{ s}$$

小轿车的长度设为 4 m,若忽略不计,过桥时间为

$$t_2 = \frac{s_2}{v} = \frac{1\,453}{30} = 48.4\text{ s}$$

若计车长,过桥时间为

$$t_3 = \frac{s_3}{v} = \frac{1\,457}{30} = 48.6\text{ s}$$

比较三组数据可知,火车长度不能忽略,否则误差就比较大,而小轿车长度与桥长相比,即使忽略,引起的误差也很小。

物理问题研究中经常会碰到这样的情况,有的问题中,形状和大小相对于运动的距离来说微不足道,其影响完全可以忽略,这时候,就可以忽略物体的形状和大小,把物体看成一个具有质量的点,称为质点。

问题六 实际问题中,只要是体积小的物体可以看成质点,体积大的物体就不能看成质点,比如地球不能看成质点,乒乓球可以看成质点,这句话对吗?

答案 这样的观点是不对的,能否看成质点不在于物体本身的大小,关键是在研究的问题中物体的形状和大小的影响是否不可忽略。虽然地球非常巨大,但在研究地球围绕太阳公转时,其大小对问题影响很小,因为地球的半径 $R = 6.4 \times 10^6\text{ m}$,而日地距离 $s = 1.5 \times 10^{11}\text{ m}$,是地球半径的 2.3×10^4 倍,即 2 万多倍,完全可以忽略不计;但如果研究地球的自转,地球的大小就不能忽略而看成质点了。乒乓球虽小,可来回地旋转等是打球的最关键处,能决定胜负,而球的旋转与板作用