

18902

物理

第二册

[美] U. 哈伯-沙姆等 著

科学出版社

物 理

(第 二 册)

〔美〕U. 哈伯-沙姆等 著

《物理》翻译组 译

科 学 出 版 社

1 9 8 0

内 容 简 介

本书译自美国物理教学研究会组织编写的中学物理教材《PSSC 物理》一书。中译本分四册出版。第二册主要讲述力学,包括:沿直线路径的运动,矢量,牛顿运动定律,地面上的运动,万有引力和太阳系,动量和动量守恒,动能,势能,热、分子运动和能量守恒等。本书叙述深入浅出,着重于物理概念,并扼要介绍力学在近代物理中的若干应用。

中译本第一版是按原书 1971 年第三版译出的,现按原书 1976 年第四版修订出版。本书由北师大翻译组翻译,北京工学院王学英、查述傅、任光瑞按第四版修订,汪世清校订。

本书可供中学师生和具有中等文化水平的读者阅读。

U. Haber-Schaim, J. B. Cross,
J. H. Dodge, J. A. Walter

PSSC PHYSICS

D. C. Heath. 1976, 4th ed.

物 理

(第 二 册)

[美] U. 哈伯-沙姆等 著

《物理》翻译组 译

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

天津新华印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1978 年 10 月第 一 版 . 开本: 787×1092 1/32

1980 年 10 月第二次印刷 印张: 9 3/4

印数: 850,701—868,800 字数: 222,000

统一书号: 13031·807

本社书号: 1155·13—3

定 价: 0.80 元

目 录

第九章 沿直线路径的运动	(233)
9.1 沿着直线的位置和位移	(233)
9.2 稳恒运动——匀速度	(237)
9.3 瞬时速度	(240)
9.4 从位置-时间图得出速度-时间图	(245)
9.5 从速度-时间图求位移	(247)
9.6 加速度	(252)
9.7 匀加速度: 几个有用的关系式	(256)
第十章 矢量	(267)
10.1 位置和位移	(267)
10.2 位移的加法和减法	(271)
10.3 矢量的分量	(273)
10.4 用标量乘矢量	(275)
10.5 速度变化和匀加速度矢量	(276)
10.6 变加速度	(279)
10.7 向心加速度	(282)
10.8 运动的描述; 参考系	(285)
10.9 运动学和动力学	(288)
10.10 光的速率	(290)
第十一章 牛顿运动定律	(296)
11.1 关于力和运动的概念	(296)
11.2 没有力的运动	(299)
11.3 在恒定力作用下速度的变化	(303)
11.4 加速度与力的大小的关系	(307)
11.5 惯性质量	(309)

11.6	惯性质量和引力质量	(312)
11.7	牛顿定律;力的动力学量度;单位制	(314)
11.8	牛顿定律和运动物体	(315)
11.9	力的合成;净力	(315)
11.10	牛顿定律的矢量性质	(318)
11.11	自然界的力	(318)
第十二章 地面上的运动		(326)
12.1	重量和地球的引力场	(326)
12.2	自由落体	(328)
12.3	抛射体的运动: 牛顿定律的矢量性质	(332)
12.4	抛射体的运动: 路径的确定	(333)
12.5	偏转力和圆运动	(337)
12.6	地球卫星	(342)
12.7	月球运动	(345)
12.8	简谐运动	(345)
12.9	实验参考系	(351)
12.10	加速参考系内的虚拟力	(352)
12.11	牛顿定律和地球的转动	(355)
12.12	牛顿定律和“航行”中的宇宙飞船	(357)
第十三章 万有引力和太阳系		(365)
13.1	早期的行星体系	(367)
13.2	哥白尼行星体系	(370)
13.3	各种反对哥白尼学说的意见	(372)
13.4	第谷·布拉赫	(373)
13.5	开普勒	(375)
13.6	运动学的描述和动力学问题	(381)
13.7	牛顿	(385)
13.8	万有引力	(388)
13.9	牛顿后期的一些成就	(391)
13.10	万有引力定律的实验检验	(392)

13.11	一个微小的差异	(395)
第十四章	动量和动量守恒	(401)
14.1	冲量	(401)
14.2	动量	(405)
14.3	二物体相互作用时的动量变化	(407)
14.4	动量守恒定律	(413)
14.5	火箭	(417)
14.6	质心	(418)
14.7	质心参考系	(420)
14.8	动量守恒和牛顿第三定律	(423)
14.9	光和动量守恒	(424)
第十五章	动能	(434)
15.1	功和动能	(434)
15.2	功的推广	(435)
15.3	动能从一个物体传递到另一个物体	(437)
15.4	简单碰撞的另一解释法	(440)
15.5	动能和质心	(443)
15.6	在弹性相互作用中的动能守恒	(444)
15.7	动能守恒和动量守恒	(447)
15.8	中子的发现	(450)
15.9	在有摩擦的相互作用中动能的损失	(452)
第十六章	势能	(459)
16.1	弹簧	(459)
16.2	在简谐运动中的能量	(464)
16.3	相互作用的两个物体的势能	(466)
16.4	邻近地球表面的引力势能	(470)
16.5	一般情况下的引力势能	(477)
16.6	逸出能和结合能	(479)
16.7	总机械能	(483)
第十七章	热,分子运动和能量守恒	(493)

17.1	气体,分子和玻耳兹曼常数.....	(493)
17.2	气体的动力学	(501)
17.3	速度分布的影响	(505)
17.4	温度和分子运动论;内能.....	(507)
17.5	双原子气体的内能	(510)
17.6	固体的内能: 能量守恒	(511)
附录一	带十号习题的答案	(518)
附录二	带*号习题的答案	(532)

目 录

第十八章 有关电学现象的若干定性论述	(547)
18.1 带电物体	(547)
18.2 用验电器做的一些实验	(549)
18.3 静电感应	(552)
18.4 电荷模型	(557)
18.5 电池组	(559)
18.6 气体的导电性; 电离	(560)
18.7 溶液的导电性	(562)
18.8 金属中的电子	(563)
18.9 电子枪和示波管	(566)
第十九章 库仑定律与基本电荷	(572)
19.1 力与距离的关系	(572)
19.2 电荷与电力	(573)
19.3 电场	(576)
19.4 电势	(579)
19.5 微小电力的测量	(583)
19.6 基本电荷	(588)
19.7 大型电秤	(590)
19.8 库仑定律中的常数	(592)
19.9 电荷守恒	(596)
19.10 电子电荷与其他物质粒子的电荷	(597)
第二十章 电荷在电场中的能量和运动	(606)
20.1 电子与质子质量的确定	(606)
20.2 电流	(612)
20.3 电流的电解测量	(615)
20.4 关于能量转换、电力与基本电荷的实验验证	(619)

20.5	电动势和电池供给的能量	(620)
20.6	电池、伏特和安培	(624)
20.7	小结	(627)
第二十一章 电路		(633)
21.1	导体、电池与电势差	(633)
21.2	电势差测量	(638)
21.3	电势差与能量的进一步验证	(639)
21.4	电流与电势差的关系	(640)
21.5	电路的整体分析	(645)
第二十二章 磁场		(657)
22.1	磁针	(657)
22.2	磁铁的磁场与电流的磁场	(658)
22.3	磁场的矢量合成	(663)
22.4	电流在磁场中所受的力——磁场强度单位	(666)
22.5	电流计和电动机	(670)
22.6	磁场作用于运动带电粒子上的力	(672)
22.7	利用磁场测量带电粒子的质量	(676)
22.8	α 粒子	(681)
22.9	载电流长直导线附近的磁场	(683)
22.10	磁环流	(684)
22.11	均匀磁场	(686)
第二十三章 电磁感应和电磁波		(698)
23.1	感生电流	(698)
23.2	相对运动	(700)
23.3	磁通变化	(701)
23.4	感应电动势	(707)
23.5	感应电动势的方向	(709)
23.6	变化磁通周围的电场	(709)
23.7	变化电通量周围的磁场	(713)
23.8	电磁辐射	(717)

23.9 电磁辐射的证据;电磁波谱	(724)
第二十四章 卢瑟福原子	(734)
24.1 α 粒子的偏转和卢瑟福原子模型	(735)
24.2 α 粒子在原子核电场中的轨道	(739)
24.3 散射的角分布	(742)
24.4 由散射得到的其他知识	(748)
第二十五章 光子	(757)
25.1 光的粒子性	(757)
25.2 光电效应	(761)
25.3 爱因斯坦对光电效应的解释	(765)
25.4 光子的动量	(770)
25.5 几率事件的规律性	(772)
25.6 粒子性和干涉	(774)
25.7 光子和电磁波	(776)
第二十六章 原子和光谱	(784)
26.1 原子的稳定性	(784)
26.2 弗兰克和赫兹的实验;原子能级	(787)
26.3 原子光谱的剖析;激发和发光	(791)
26.4 吸收光谱	(796)
26.5 氢原子的能级	(799)
第二十七章 物质波	(806)
27.1 物质波的证据	(807)
27.2 物质的波动性在什么情况下是重要的?	(812)
27.3 光和物质	(815)
27.4 波到底是什么?	(817)
27.5 驻波	(818)
27.6 “箱”中的粒子	(821)
27.7 氢原子的驻波模型	(823)
附录一 带†号习题解答	(831)
附录二 带*号习题答案	(840)

第九章 沿直线路径的运动

一列货车以每小时 40 英里的速率沿着铁路行驶. 在它后面一英里远处, 从雾中出现了一列快车, 以每小时 70 英里的速率行驶在同一条铁路上. 快车司机使劲合上制动器. 在制动器合上后, 火车还必须滑行二英里才能停下来. 这会发生一场撞车事故吗? 这里要求回答的是, 预计这两列火车在以后各个时刻达到什么地点, 特别是必须求出它们是否会在相同时刻到达相同地点. 在更普遍的意义上, 我们要探讨速率、位置和时间之间的关系.

探讨关于这样一些关系的一般学科叫做运动学. 在研究运动学时, 我们并不涉及这样的问题: “为什么快车需要滑行二英里才能停止下来?” 回答这种问题必须详细研究制动器怎样使火车慢下来. 这一类问题将在后面几章讨论. 这里只考虑运动的描述. 我们首先讨论沿直线路径的运动. 然后在下一章把讨论扩展到描述更一般的运动.

在这两章里, 我们将致力于量度时间和位置, 因为一切运动都是随着时间的推移而发生的位置变化. 通常我们并不是有意识地去考虑时间和位置的量度, 但是没有这些量度, 我们所谈论的实际上便没有什么意义了.

9.1 沿着直线的位置和位移

研究运动的第一步是描述运动物体的位置. 设在东西向延伸的笔直公路上有一辆汽车. 要回答“汽车在哪儿?” 的问

题,我们必须指出它相对于某一特定地点的位置.任何我们熟悉的路标都可用来作为我们的参考点,也就是作为我们测量位置的原点.路标的选择可以是任意的,只要把它说清楚,人人能理解就行.然后我们说明汽车离该路标多远;是向哪个方向,向东还是向西.这样,位置的描述便完全了.例如,我们可以说汽车是在市区中心西面 5 英里处,也可以说它在某大桥东面 3 英里处.如果只说“离市区中心 5 英里”,是不够的,那会弄不清楚到底是在东面 5 英里处,还是在西面 5 英里处.

同样,如果要描述一条直线上一个点的位置,那就必须指定某一个点为原点,并且说出离开原点的距离和方向.但是这一次方向不能说成向东或向西了,因为这条直线可以不是东西走向的.你也许试着用“右边和左边”来说明,但是站在这条线另一侧的人将会怎样来理解这两个方向呢?为了描述沿着这条线的方向,我们大家可以约定,把在 origin 一侧的线定为正,而在另一侧的线定为负;然后用一个正的或负的数来说明线上的位置,这种正的或负的数就表示那个点离开原点的距离(采用方便的单位)和方向.我们将把这种带有符号和单位的数看作是点的坐标.如果我们把这条直线叫做 x 坐标线,那么我们将把这些坐标记作 $x_1, x_2, x_3, \dots$ 等等(图 9.1)

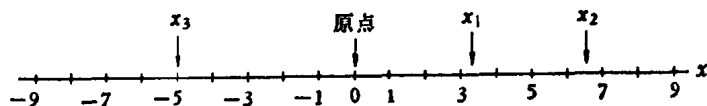


图 9.1 x 坐标线

在我们研究运动时,我们往往要涉及位置的变化,我们将给它一个专门的名称,叫做位移.如果一个物体从位置 x_1 移动到位置 x_2 ,那么位移就是 $x_2 - x_1$,即后一位置的坐标减去前

一位置的坐标. 位移可以是正的,也可以是负的(当 x_2 大于 x_1 时是正的,当 x_2 小于 x_1 时是负的). 位移的正或负只与运动的方向有关,而不管位移发生在 x 坐标线上的什么地方. 图 9.2 (a)中的两个位移是正的,并且彼此相等. 图 9.2 (b)中的两个位移是负的,也彼此相等.

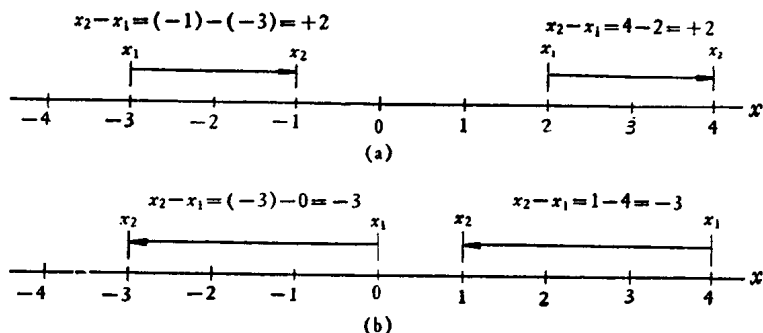


图 9.2 两个相等的位移: (a) 正的; (b) 负的.

位移也与坐标线上选作原点的点无关. 图 9.3 表示的各点和图 9.2 里各点的位置相同, 而它们的原点则位于坐标线上的不同地方; 这些位置坐标是不相同的, 但作为位置坐标之差的位移却都相同.

在科学和数学上, 经常出现差值或变化量, 以致要用一种专门的符号来表示它们. 通常采用希腊字母 Δ (希腊字母中的大写 D , 读音近于“得耳塔”) 来表示“差值”、“间隔”、“变化量”或“增量”. 例如 Δa 就是“ a 的变化量”或“ a 的增量”. 把 Δ 和 a 分离开来是没有意义的. 整个符号 Δa 有特定的意义: a 的变化或者 a 的一个间隔. 它的意思不是 Δ 乘 a .

要描述一个物体沿坐标线的运动, 画出位置-时间图常常是方便的. 在这样的图里, 我们通常以水平轴表示时间, 以竖直轴表示位置. 图 9.4 就是这种图的一个例子. 有许多关

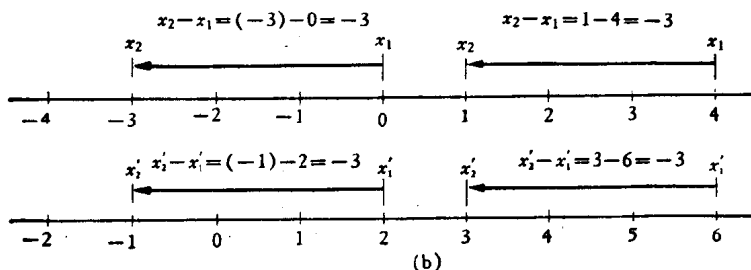
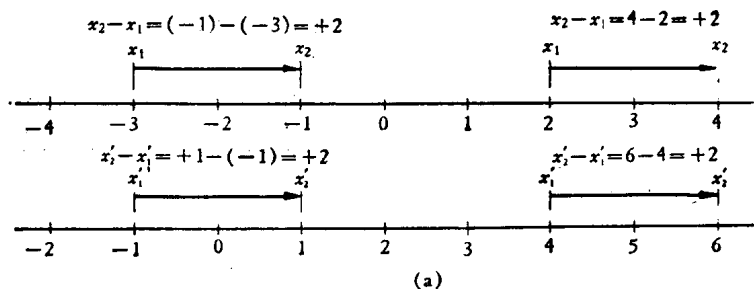


图 9.3 在图(a)的上方示出和图 9.2(a)里相同的两个位移; 下方的两个位移则参照于具有不同原点的坐标轴。在图(b)里, 把图 9.2(b)的两个位移参照于不同的原点表示出来。

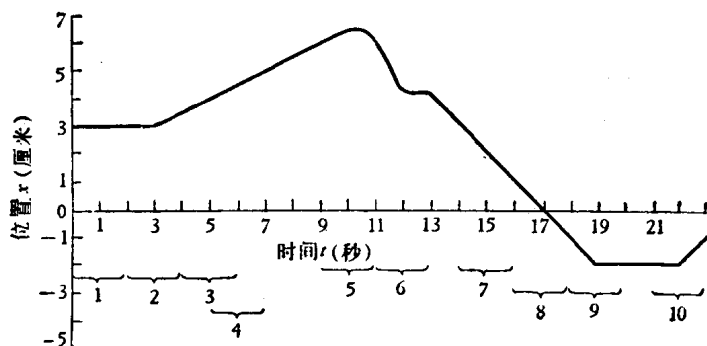


图 9.4 位置-时间图

于运动的特征,能够从这种图上立即定性地知道。

在选定的时间为零的时刻,物体在 $x = 3.0$ 厘米的位置上。它在那里一直停留到 $t = 3.0$ 秒。在这一时刻,它开始离开原点,它的最远位置是 $x = 6.5$ 厘米,是在 $t = 10.2$ 秒到达那里的。然后,它反转方向,穿过原点,并在 $x = -2.0$ 厘米处,再次停止运动,等等。

9.2 稳恒运动——匀速度

运动的快和慢是每个人都很熟悉的用语,但是你可能还没有注意到有两种不同的(虽然是有联系的)方法来定量地表示这个区别。在运动会上,如果运动员 a 比运动员 b 在较短时间内跑完相同的距离,那么我们就说 a 比 b 跑得快。在公路上开车时,我们说在高速公路上你能开得更快些,因为能让你在一小时内比在沙土路上多走几英里。

我们能够用图来表示位置是时间的函数(图 9.4),以求出物体在什么时候运动得快或慢。为此,我们将使用上述的第二种方法,即比较相等时间间隔内的位移。既然时间间隔是两个时间坐标 t_1 和 t_2 之差,所以用 Δt 表示差值 $t_2 - t_1$ 是合适的。

举例来说,让我们来比较图 9.4 所描述的物体,从不同时刻开始,在时间间隔 $\Delta t = 2$ 秒内的位移(表 1)。

表 1 告诉我们,在编号为 6、7 和 8 的三个时间间隔内,物体运动得最快,并向左运动(在这三个间隔里, Δx 的数值最大,而且是负的)。

在编号为 1 和 5 的两个时间间隔里,位移是零。这是否意味着物体在这两个时间间隔里是静止的呢?单从这张表是不足以解决这个问题的。回到图 9.4,你会看出在间隔 1 里(即在 $t = 0$ 秒和 $t = 2$ 秒之间)的任何时刻,物体是在 $x = 3.0$

表 1

间隔编号	t_1 (秒)	x_1 (厘米)	t_2 (秒)	x_2 (厘米)	Δt (秒)	Δx (厘米)
1	0	3.0	2.0	3.0	2.0	0
2	2.0	3.0	4.0	3.5	2.0	0.5
3	4.0	3.5	6.0	4.5	2.0	1.0
4	5.0	4.0	7.0	5.0	2.0	1.0
5	9.0	6.0	11.0	6.0	2.0	0
6	11.0	6.0	13.0	4.0	2.0	-2.0
7	14.0	3.0	16.0	1.0	2.0	-2.0
8	16.0	1.0	18.0	-1.0	2.0	-2.0
9	18.0	-1.0	20.0	-2.0	2.0	-1.0
10	21.0	-2.0	23.0	-1.0	2.0	1.0

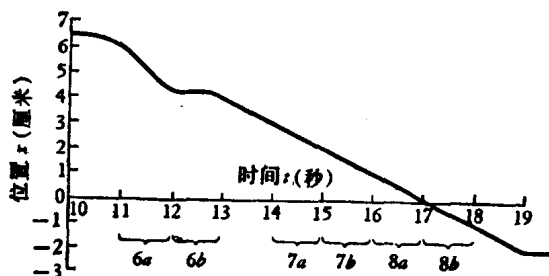


图 9.5 用放大的尺度画出图9.4的一部分

厘米处静止着。然而，在间隔 5 里（即在 $t = 9.0$ 秒和 $t = 11.0$ 秒之间），物体先是向右运动（按 x 坐标是向上），然后向左运动（按 x 坐标为向下）。只不过是物体在这段时间间隔的终了和开始碰巧正好在相同的位置。

现在让我们考察在间隔 6、7 和 8 里的运动；在这三个间隔里，位移都是 -2.0 厘米。在这三个间隔里运动都是相同的吗？为了回答这个问题，我们再用较大的尺度来画出图 9.4，把每个时间间隔都分成相等的二部分，并求出相应的位移（图

表 2

间隔编号	t_1 (秒)	x_1 (厘米)	t_2 (秒)	x_2 (厘米)	Δt (秒)	Δx (厘米)
6 a	11.0	6.0	12.0	4.2	1.0	-1.8
6 b	12.0	4.2	13.0	4.0	1.0	-0.2
7 a	14.0	3.0	15.0	2.0	1.0	-1.0
7 b	15.0	2.0	16.0	1.0	1.0	-1.0
8 a	16.0	1.0	17.0	0	1.0	-1.0
8 b	17.0	0	18.0	-1.0	1.0	-1.0

9.5)。这些结果列在表 2。

从表 2 看出,间隔 6 的再分割表明,两部分的位移并不相等;但是间隔 7 和 8 的再分割却表明,在图的读数准确度内位移是相等的。间隔 7 和 8 的进一步再分割表明,对于任何相等的时间间隔,这些更小的位移还是相等的。这种情况的运动叫做稳恒运动。在一张位置-时间图上,相应于稳恒运动的部分必定是直线线段,因为只有直线才能做到沿着一个轴的相等变化对应于沿着另一个轴的相等变化。

我们能够用另一种方法来考察在间隔 7 和 8 里的稳恒运动。在每一秒钟内,位移都是 1.0 厘米;在 2.0 秒钟内,位移增大到二倍即 2.0 厘米;在 3.0 秒钟内,位移增大到三倍即 3.0 厘米,等等,只要运动是稳恒的,就会这样下去。我们能够推广这个结果如下:如果任何相等的时间间隔里的位移都相等,那么位移就和时间间隔成比例:

$$\Delta x = v \Delta t.$$

这里比例常数 v 就是速度。因为 Δx 的量纲是长度, Δt 的量纲是时间,所以 v 的量纲为长度除以时间。 v 的单位取决于