



中学数理化读物

物理

复习参考资料

上册

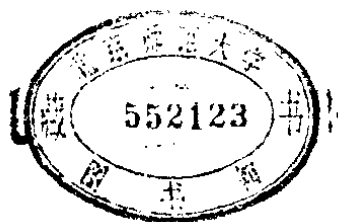
北京人民教育出版社

中学数理化读物

物理复习参考资料

上册

北京师范大学附属实验中学



北京人民教育出版社

中学数理化读物
物理复习参考资料
上、下册
北京师范大学附属实验中学

北京人民教育出版社
北京市新华书店发行
北京印刷一厂印刷

787×1092 毫米 32开本 16.75印张 316,000字
1978年5月第1版 1978年5月第1次印刷
书号：7301·545 定价：1.15元

编辑说明

为了帮助广大青年和在校学生学习中学数理化基础知识，我们编辑了《中学数理化读物》。

这套读物包括供工农兵、青年和学生自学、复习的参考资料，以及习题集等不同种类的数学、物理、化学等方面的书籍。

在编写时，注意从实际出发，参照中学教学大纲，力求比较系统地叙述数理化基础知识。我们希望通过学习这套读物，有助于广大青年进一步学好自然科学基础理论，为向工业、农业、科学技术和国防现代化进军打下一定的基础。

由于我们水平有限，又缺乏编辑这类读物的经验，缺点和错误在所难免，恳切希望广大读者批评指正。

目 录

第一章 力学	1
第一节 直线运动	1
第二节 力、牛顿定律、动量守恒定律	37
第三节 曲线运动	72
第四节 物体的转动和平衡	90
第五节 功和能	115
第六节 流体力学	141
第七节 振动和波	162
第二章 分子物理学和热学	178
第一节 分子物理学	178
第二节 热和功	182
第三节 固体和液体的热膨胀	193
第四节 气体的性质	202
第五节 液体的性质	215
第六节 固体的性质	221
第七节 物态变化	232
第八节 热机	243

第一章 力 学

第一节 直线运动

一、机械运动

物理学中的力学所研究的是物体的机械运动的规律。

机械运动是指一个物体相对于另一个物体的位置的变化。机械运动是各种运动中最简单，却又最基本的运动形式。力学中所讨论的运动都是机械运动，下面简称运动。

要研究一个物体的运动，必须先选择一个标准。这个标准叫做参照物。例如看坐在车上的人的运动，以车为参照物，人是静止的；以地球为参照物，人是随车运动的。又如，相对于车站，甲列火车正停在站上；可是，相对于从旁驶过的乙列火车上的人，甲列火车却是运动的。

自然界的所有物体都在做机械运动；机械运动中的运动和静止都是相对于某一参照物而言的。

二、质点

机械运动有多种形式，而基本形式是两种：平动和转动。车床上车刀的运动是平动；工件的运动是转动。车轮的运动比较复杂，但也可以分成平动和转动。

物体平动时，它上面各点运动的情况完全相同。因此，

只要描述它上面任意一点的运动，就能代表全体。为了简化问题，力学中引用质点的概念，就是：对于作平动的物体来说，可以不考虑它的形状和体积，而认为它的质量都集中在一个点上。这就是质点。

例如，研究地球绕太阳运行的规律时，可以把地球看做质点。但是，研究地球上昼夜的问题，必须考虑由于地球的自转，地球上各点的运动情况就不相同，因而不能再把地球看做质点。

凡是作平动的物体，或者物体的运动虽不是平动，但我们只研究它的平动，而不考虑它的转动，都可以看做是一个质点。

三、质点运动学中的几个物理量

力学，主要分为运动学和动力学。运动学研究物体怎样运动。动力学研究物体为什么这样运动，也就是研究力和运动的关系。

研究运动学，首先要弄清以下几个物理量：

1. 路程：质点运动轨迹的长度叫路程。路程只有数量的大小，而没有方向，是标量（物理学中研究的量分标量和矢量，标量没有方向，矢量有方向）。

2. 位移：一个质点从 A 点出发，经一段时间到达 B 点。 B 点相对于 A 点位置的变化，叫做位移。位移是矢量。位移的大小等于 AB 直线的长度；位移的方向是从 A 点指向 B 点（图 1-1）。很明显，位移是由出发点和终止点决定的，而与运动的轨迹无关。

例如，一个上抛物体，从 A 点出发，上升的最高点 C 距

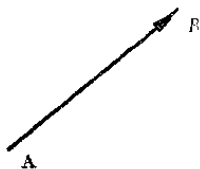


图 1-1



图 1-2

离 A 4 米。物体上升时通过 3 米高的 B 点，下落时又通过 B 点(图 1-2)。两次通过 B 点时的位移都是向上的 3 米。但两次的路程是不同的。上升经过 B 点时走了 3 米路程；下落经过 B 点时已走了 4 米 + 1 米 = 5 米的路程。

又如一个物体做圆周运动，走完一周路程是 $2\pi r$ ，而位移是零。

路程表示运动的物体共走了多少路。位移表示运动的物体在一段时间的末了到达的位置，相对于它开始时所在位置的距离和方向。

3. 速度

(1) 平均速度：物体在一段时间 Δt 内移动一段路程 ΔS ， ΔS 与 Δt 之比叫做这段时间内或这段路程上的平均速度，

$$\bar{v} = \frac{\Delta S}{\Delta t}.$$

(2) 如物体做匀速直线运动，物体在任何相等的时间内通过的路程都相等。那么，无论选择哪一段时间、哪一段路程去求它的平均速度都是一样的。这个比值就是匀速直线运

动的速度。速度是矢量，它表明物体运动的快慢和方向。速度的大小

$$V = \frac{S}{t}$$

速度的方向就是运动的方向。

(3) 对于变速运动，平均速度不能全面地描述物体运动的快慢和运动的方向。于是，运动学中引入了即时速度的概念。

即时速度是，当时间 Δt 趋近于零时平均速度的极限值，

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t}.$$

即时速度是矢量，它表示物体在某一时刻运动的快慢和运动的方向。

4. 加速度 加速度也是矢量，它表示物体运动速度变化的快慢和速度变化的方向。在一段时间 Δt 内速度改变 ΔV ， ΔV 和 Δt 的比值叫平均加速度，

$$\bar{a} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

当 Δt 趋近于零时，平均加速度的极限值，

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

叫即时加速度。

四、匀速直线运动

1. 匀速直线运动的特点

(1) 物体运动的轨迹是直线；

(2) 物体在任何相等的时间内总是通过相等的路程。
 所以, 对任何匀速直线运动来说, 都有它的一定的即时速度
 (大小和方向都不改变), 因而加速度为零。

2. 匀速直线运动的路程公式:

$$S = Vt$$

其中, V 是常量, 因此路程是时间的一次函数, 即路程和时间成正比。

3. 速度图线

作图, 以纵轴为速度轴, 横轴为时间轴。那么, 这张表示速度与时间的对应关系的图线, 叫做速度图线。

对于匀速直线运动, 由于在任何时间 t , 速度 V 都不变, 因此它的速度图线是一条平行于时间轴的直线(图 1-3)。

从图(1-3), 可以看出矩形 $OABt$ 的面积 ($AO \times Ot$) 在数值上等于时间 t 内物体通过的路程 ($S = V \times t$)。

对于变速运动, 速度图线是斜线或曲线(图 1-4)。可以证明: $OABt$ 的面积在数值上也等于时间 t 内的物体通过的路程(下面推导匀变速直线运动路程公式时要用这一关系)。

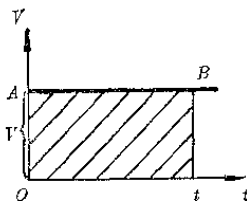


图 1-3

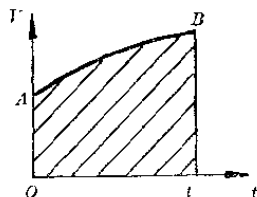


图 1-4

思考题 (1) 汽车 1 小时前进 20 公里, 前后两个半小时各走了 10 公里。这汽车的运动是不是匀速运动?

(2) 物体运动经过时间越长, 走的路程越远, 能不能就说路程和时间成正比? 什么叫路程和时间成正比?

(3) 两个物体甲和乙都做匀速直线运动, $V_{\text{甲}} > V_{\text{乙}}$ 。它们的速度图线有什么区别?

4. 匀速直线运动的路程图线

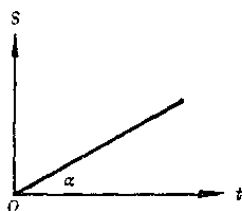


图 1-5

作图, 以纵轴表示路程, 横轴表示时间, 那么, 这张表示路程与时间的对应关系的图线, 叫做路程图线。匀速直线运动的速度 V 是定值, $S = Vt$, 路程图线是通过原点的直线 (图 1-5), 直线的斜率 $\tan \alpha = V$ 。

思考题 两个物体甲和乙都做匀速直线运动, $V_{\text{甲}} > V_{\text{乙}}$ 。它们的路程图线有什么区别?

例题 有甲乙两车, 向同一方向做匀速运动, $V_{\text{甲}} = 5$ 米/秒, $V_{\text{乙}} = 10$ 米/秒。开始时, 甲在乙前方 20 米, 用路程图线求经过多少时间乙车能追上甲车, 并与公式计算进行比较。

解法 1 注意, 把甲乙两车的路程图线画在同一坐标系上, 先要确定, 原点 ($t=0$, $S=0$) 代表哪一个车在 $t=0$ 时, $S=0$ 或者说纵坐标 S 所表示的是以哪一点做为参照物的路程。

现以乙车在 $t=0$ 时的位置为标准。乙车的速度图线通过原点。甲车在时间 $t=0$ 时在乙的前方 20 米，所以它的路程图线通过 $t=0$ 、 $S=20$ 米的一点。再分别根据两车的速度求出另一时刻的路程，描点，画出两车的路程图线(图 1-6)。

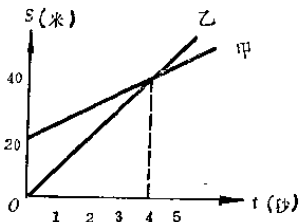


图 1-6

乙车“追上”甲车，就是两车同一时刻位于同一地点。在图线上的反映，就是两条路程图线的交点。这样求出答案：经过 4 秒，乙车追上甲车。

解法 2 用公式计算：

$$S_Z = V_Z t, S_{\text{甲}} = V_{\text{甲}} t$$

根据题意， $S_Z = S_{\text{甲}} + 20$ 米

$$\therefore 10 \text{ 米/秒} \times t = 5 \text{ 米/秒} \times t + 20 \text{ 米}$$

$$t = \frac{20 \text{ 米}}{(10-5) \text{ 米/秒}} = 4 \text{ 秒}.$$

两种解法所得的答案相同。

五、匀变速直线运动

1. 匀变速直线运动的特点

- (1) 运动的轨迹是直线；
- (2) 在任何相等的时间内，速度的变化都相等。

2. 加速度

(1) 在匀变速直线运动中, 加速度所表示的, 是速度大小变化的快慢和变化的方向。设 $t=0$ 时速度是 V_0 , 经时间 t , 速度变为 V_t , 速度的变化 ΔV 是 V_t 和 V_0 的矢量差,

$$\Delta V = V_t - V_0$$

加速度 a 等于速度的变化与发生这一变化所用时间的比值, 方向与 ΔV 的方向一致(图 1-7)。

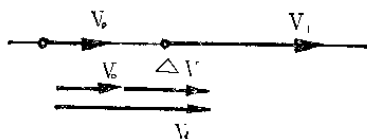


图 1-7

$$\text{所以加速度的大小, } a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_t - V_0}{t} \quad (1)$$

(2) 关于加速度的方向, 分两种情况讨论:

如果运动速度是增加的, $V_t > V_0$, $\Delta V > 0$, 就表示 ΔV 的方向和初速度 V_0 的方向相同, 因此加速度 a 的方向就是初速度 V_0 的方向。公式(1)里 a 的值是正的(图 1-7)。

如果运动速度是减少的, $V_t < V_0$, $\Delta V < 0$, 就表示 ΔV 的方向同初速度 V_0 的方向相反, 因此加速度 a 的方向和初速度 V_0 的方向相反(图 1-8)。公式(1)里 a 的值是负的, 即 $a < 0$ 。

(3) 匀变速直线运动的加速度是不随时间改变的常量。

3. 速度公式和速度图线

从公式(1), 可得出速度公式:

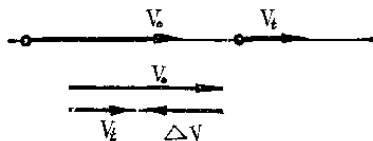


图 1-8

$$V_t = V_0 + at \quad (2)$$

式中初速度 V_0 ，加速度 a 都是定量，表明速度是时间的一次函数。这种函数关系可用图线表示(见图 1-9)：

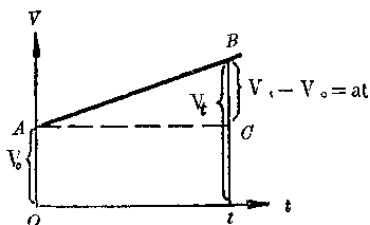


图 1-9

4. 路程公式

图 1-9 速度图线中梯形 $OABt$ 的面积在数值上等于时间 t 内通过的路程。 $OABt$ 面积 = $OACt$ 面积 + ABC 面积。而 $OACt$ 面积 = $V_0 t$ ，线段 BC 代表 $V_t - V_0 = at$ ，所以

$$S = V_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (3)$$

这就是路程公式，表示匀变速直线运动的路程是时间的二次

函数。

公式(2)(3)是匀变速直线运动的两个基本公式。在这两个公式中,包括 V_0 , V_t , a , t 和 S 五个量,只要知道其中三个量,就可求出另两个量。

例题 一个物体做匀变速直线运动,某一时刻速度是 2 米/秒,走了 7 米路程,速度增为 5 米/秒。求它的加速度。

解: $V_0=2$ 米/秒, $S=7$ 米, $V_t=5$ 米/秒。

由速度公式解出 t

$$t = \frac{V_t - V_0}{a}$$

代入路程公式:

$$S = V_0 \frac{V_t - V_0}{a} + \frac{1}{2} a \left(\frac{V_t - V_0}{a} \right)^2$$

化简得

$$S = \frac{V_t^2 - V_0^2}{2a},$$

$$\text{或} \quad V_t^2 = V_0^2 + 2aS \quad (4)$$

代入已知数,求 a

$$a = \frac{V_t^2 - V_0^2}{2S} = \frac{(5 \text{ 米/秒})^2 - (2 \text{ 米/秒})^2}{2 \times 7 \text{ 米}} = 1.5 \text{ 米/秒}^2.$$

注意:在有些匀变速直线运动的问题中,如果时间既不是已知量,也不是要你去求的未知量,那么,用公式(4)解题,一般比较简便。

5. 平均速度:物体做匀变速运动时,平均速度

$$\bar{V} = \frac{S}{t} = \frac{V_0 t + \frac{1}{2} a t^2}{t} = V_0 + \frac{1}{2} a t$$

将 $a = \frac{V_t - V_0}{t}$ 代入上式

$$\bar{V} = V_0 + \frac{1}{2} \frac{V_t - V_0}{t} t = V_0 + \frac{V_t - V_0}{2}$$

所以,
$$\bar{V} = \frac{V_0 + V_t}{2} \quad (5)$$

(5)式表明, 匀变速直线运动的平均速度等于初速度和末速度的算术平均值。

思考题: (1) 有人说关于匀变速直线运动有4个公式[公式(2)一(5)], 所以在 V_0, a, t, V_t, S 中有4个量未知, 也能求解。这种说法对不对? 说明理由。

(2) 有人说只要知道物体是在做匀变速直线运动, 就可以肯定它的速度正比于时间, 路程正比于时间的平方。这种说法对不对? (考虑什么情况下对, 什么情况下不对)。

6. 物体从静止开始, 做匀加速直线运动, $V_0 = 0$,
所以 $V_t = at$, $S = \frac{1}{2} at^2$, $V_t^2 = 2 aS$ ($V_t \propto t$, $S \propto t^2$)

例题: 证明初速为零的匀加速直线运动, 第1秒、第2秒、第3秒……内通过的路程是等差级数。根据 $S = \frac{1}{2} at^2$, 先求1秒、2秒、3秒……内通过的路程 $S_1, S_2, S_3, \dots$

$$S_1 = \frac{1}{2} a \times 1^2, \quad S_2 = \frac{1}{2} a \times 2^2, \quad S_3 = \frac{1}{2} a \times 3^2, \dots$$

再求第1秒、第2秒、第3秒……内通过的路程 $S_I, S_{II}, S_{III}, \dots$

$$S_1 = \frac{1}{2} a \times 1^2$$

$$S_2 = S_2 - S_1 = \frac{1}{2} a \times 2^2 - \frac{1}{2} a \times 1^2 = 3 \times \frac{1}{2} a \times 1^2 = 3 S_1$$

$$S_3 = S_3 - S_2 = \frac{1}{2} a \times 3^2 - \frac{1}{2} a \times 2^2 = 5 \times \frac{1}{2} a \times 1^2 = 5 S_1$$

$$\text{一般来说, } S_{第t} = S_t - S_{t-1} = \frac{1}{2} a \times t^2 - \frac{1}{2} a \times (t-1)^2$$

$$= (2t-1) S_1 \quad t=1, 2, 3, \dots \text{秒}$$

$$\text{而 } [2(t+1)-1] S_1 - (2t-1) S_1 = 2 S_1$$

说明第 $t+1$ 秒内比第 t 秒内多走 $2 S_1$ 的路程, 所以 $S_1, S_2, S_3, S_4, \dots$ 是等差级数。

六、重力加速度

1. 物体在重力作用下获得的加速度叫重力加速度, 用 g 表示。

在同一地区, g 一定, 与物体的质量和重量无关; 在不同地区, g 不同。一般来说, 海拔越高的地方, g 越小; 纬度越高的地方, g 越大(联系万有引力定律来理解)。在海平面上, 其近似值为

$$g = 9.8 \text{ 米/秒}^2.$$

2. 自由落体运动: 物体只受重力的作用, 由静止开始的运动叫自由落体运动。

$$V_0 \approx 0, \quad a = g$$

$$\text{下落速度 } V_t = gt$$

$$\text{下落高度 } h = \frac{1}{2} gt^2$$