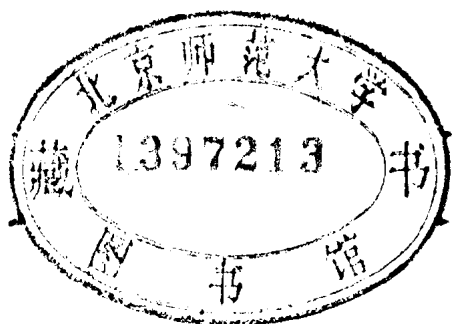


怎样学好物理定律

崔大祥



电子工业出版社

内 容 简 介

本书介绍了学好物理定律的方法和途径，从分类、结构、数学描述、思想方法和适用范围等方面分析了物理定律，以帮助青年读者加深对物理定律的理解和更好地掌握物理定律的全貌。该书着眼培养读者分析和解决问题的能力，讨论中突出了认识、思维和发展规律；同时，运用教育心理学理论，分析了青年读者学习物理过程中经常发生的失误，指出了失误的主要原因，并努力变失误为学习中的借鉴。

本书内容丰富，叙述深入浅出，例题分析讲求方法，有利于开拓思维。它可用于指导读者平时学习物理和总复习，也是中学生一本有益的课外读物。

怎样学好物理定律

崔大祥 编

责任编辑 龚兰方

★

电子工业出版社出版（北京市万寿路）

北京通县宏飞印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

★

开本：787×1092 1/32 印张：10.25 字数：232千字

1986年3月第1版 1986年5月第1次印刷

印数：100 000册 定价：2.25元

统一书号：13290·139

前 言

这是一本为具有中学文化程度的知识青年所写的书。

希望读者通过阅读此书能够认识到，物理学是一门科学，它反映了自然规律；同样，怎样学习物理学也是一门科学，它反映了思维、认识的发展规律。本书的目的就是向读者介绍学好物理定律的方法和途径，探讨学好物理定律的规律。

参加本书编写的还有亦然等几位同志。

目 录

引言	(1)
第一章 弄清物理定律的基本特征	(3)
第一节 物理定律的分类	(3)
一、关于独立状态的定律.....	(7)
二、关于状态变化过程的定律.....	(16)
三、关于不同状态之间关系的定律.....	(22)
四、关于宏观个体的定律.....	(28)
五、关于宏观系统的定律.....	(33)
六、关于微观粒子和微观粒子系统的定律.....	(36)
七、关于大量微观粒子集体的定律.....	(41)
八、场的定律.....	(46)
第二节 物理定律的结构	(49)
一、物理定律的条件、对象和结果.....	(49)
二、物理定律中各概念的联合方式.....	(53)
三、物理定律中的重要常数.....	(56)
第二章 掌握物理学的基本原理	(58)
第一节 相对性原理	(58)
一、相对性原理的意义.....	(58)
二、怎样学好相对性原理.....	(60)
第二节 独立性原理	(74)
一、独立性原理的意义.....	(74)

二、怎样正确地运用独立性原理·····	(76)
第三节 守恒原理 ·····	(107)
一、守恒原理的基本特征·····	(107)
二、明确应用条件, 正确运用守恒原理·····	(116)
第四节 连续化原理 ·····	(149)
一、连续化原理的基本特征·····	(149)
二、连续化原理的运用·····	(154)
第五节 量子化原理 ·····	(162)
一、量子化原理的本质·····	(162)
二、量子化的成果—卢瑟福与玻尔的原子模型 ·····	(166)
第三章 学会科学的思想方法 ·····	(175)
第一节 了解人们认识物理规律的过程 ·····	(176)
一、留心观察, 不断积累, 才能有所发现·····	(176)
二、勤于动手, 敢于探索, 才能加强认识·····	(178)
三、深入思考, 大胆想象, 才能产生认识的飞跃·····	(181)
第二节 物理定律和理想化方法 ·····	(184)
一、理想模型·····	(184)
二、理想实验·····	(188)
第三节 掌握逻辑方法 ·····	(190)
一、比较·····	(190)
二、类比·····	(192)
三、分析和综合·····	(195)
第四节 从物理学发展史中吸取营养 ·····	(197)
一、知识就是力量·····	(197)
二、可贵的启迪·····	(198)
三、锲而不舍的精神·····	(201)

第四章 努力用数学方法描述物理规律	(203)
第一节 关于物理图象	(204)
一、物理图象的实质	(205)
二、物理图象的特性	(207)
三、物理图象的用途	(210)
第二节 关于物理图形	(233)
一、物理图形的实质	(233)
二、物理图形的用途	(235)
第五章 运用反馈作用，从失误中提高认识	(239)
第一节 学习中反馈作用的意义	(239)
第二节 怎样才能减少失误	(240)
一、准确而牢固的记忆	(241)
二、思维要条理化	(245)
第三节 尽早发现失误，迅速纠正失误	(252)
一、产生失误的主要原因	(252)
二、失误类型分析	(262)
附录 物理公式 定律 (部分)	(317)
参考文献	(322)

引 言

物理学中的公式、定理、定律、原理和法则等，都可以统称为物理定律。

人类在长期的实践中，发现和总结了许多重要的物理定律。这些物理定律对生产技术起了重大的指导作用。

我们知道，物质结构和物质运动的每一个层次上，都有一系列反映这个层次状况的物理定律。如概括低速领域内机械运动规律的是牛顿力学的定律；把电现象和磁现象统一起来的是电磁学的定律，反映高速世界运动规律的是狭义相对论的定律（这些定律是对电磁学和力学理论的自然推广）；能够解释原子尺度世界内的物理现象和物理过程的是量子力学的定律。

虽然，在物质结构和物质运动的各个层次上，物理现象是复杂多变的，但是，反映这些现象的本质和内在联系的物理定律，却是稳定的。所以，抓住了物理定律，对于认识自然界具有重要的意义。也就是说，掌握了物理定律，抓住了物理规律，也就能掌握和了解自然界。

此外，每一条物理定律都不是抽象的真理，它总是具体的、历史的。如，在某些条件下起作用的定律，在另外的一些条件下，就表现出明显的局限性，以至被另外一些物理定律所代替。从这个意义上说，我们在学习物理定律本身的同

时，这还受到辩证法认识论的教育和启迪，从而提高我们科学地分析问题的能力。

总之，学好物理定律的意义，在于认识整个物理世界；在于掌握认识整个物理世界的强大的思想武器——科学的认识论和方法论；在于发挥物理理论对于实践的指导作用，即通过我们的头脑和双手，运用所学物理定律，有效地解决实际物理问题，使物理学理论转化为物质力量。

那么，怎样才能学好物理定律呢？这一直是广大的青年读者和教学工作者积极探求的课题。现在，我们准备从学生学习的角度出发，和广大的读者共同来讨论这个问题。

第一章 弄清物理定律的基本特征

物理学中的许多定律，在中学物理课程里几乎都详略不同地涉及到了。面对这样繁多的物理定律，如果抓不住它们的基本特征，认不清它们之间的相互联系和相互区别，就会被它们搞得眼花缭乱，也记不牢，当然也就不会用。就是记住了一些物理定律的表述词句，也不会运用这些物理定律去分析和解决具体问题。因此，弄清物理定律的基本特征，是学好物理定律的重要环节。

第一节 物理定律的分类

随着时间的推移，我们所学习的物理知识会越来越多。如果对这些知识不进行整理、分类，它就会象丛生的杂草、散乱的绳子那样没有头绪，就更谈不上运用它来指导实践。然而，如果把我们所学习过的物理知识加以整理、分类，使之条理化、系统化，形成一个严密的体系，我们头脑里积累的物理知识，就会象一张鱼网一样，打得开，收得拢，井然有序，记着容易，用着方便，有一位学者曾经说过：“善于按照一定的科学系统分类，正是一种重要的治学品质”。

对于物理定律来说，如果按照物理运动本身或知识的内容来分类，有力学定律 电磁学定律、热学定律、光学定律、

原子物理学定律等。例如，牛顿第一定律、第二定律、第三定律反映了力学现象的规律，所以，它们属于力学定律；例如，关于电荷间相互作用的库仑定律、关于导体上所加电压和导体中电流强度关系的欧姆定律以及判断感生电流方向的楞次定律，它们反映了电磁现象的规律，所以，它们属于电磁学定律；等等。

从宏观到微观，从尺度大到尺度小，从平均能量低到平均能量高，从机械运动到分子热运动……，这些都反映了物质结构及其运动的层次性。而人类对物质世界的认识，总是由浅层到深层。按物理运动本身或所反映的知识内容对物理定律进行分类的方法，体现了人类对物质世界认识的层次性与物质世界本身所固有的层次的一致性。因此，按物理运动本身或所反映的知识内容对物理定律进行分类，对于学好物理定律，特别是对于初学物理知识的中学生来说，是十分必要的。通过对物理定律的这种分类，能够使我们对物质世界中不同层次上的运动特点，得到系统而有重点的了解。

按物理运动本身或所反映的知识内容对物理定律进行分类的情况，如表1·1所示：

表1·1

物理定律	{	力学定律，例：牛顿运动定律
		分子物理学和热学定律，例：气态方程
		电磁学定律，例：楞次定律
		光学定律，例：反射定律
		原子物理学定律，例：解释氢光谱规律的玻尔理论
		核子物理学定律，例：爱因斯坦质能方程

为了更有效地培养我们创造性思维的能力，必须提高我

们“自此思彼”的思维能力和“辩证分析能力”。“自此思彼”思维活动的重要表现，就是“发现一种现象后，便联想到与此相似、相关的事物”。“辩证分析”思维活动的重要表现，就是概括整理、综合分析、把握材料的个性特点，然后从这些特点中概括出规律性的结论。特别是在我们学习了较多的物理定律之后，非常需要我们对所学习的物理定律，进行自此思彼和辩证的分析。只有这样，才能使我们对各个物理定律之间的内在联系和本质区别，有更为深刻的了解。

例如，我们发现牛顿第二定律所描述的物理对象是质点，我们不禁会联想到：还有哪些物理定律描述的对象也是质点呢？

又例如，我们发现动量守恒定律所描述的对象是质点系，我们不禁会联想到：还有哪些物理定律描述的对象也是质点系呢？

.....

显然，这种联想和分析，实际上是对物理定律进行了另外一种分类，即按所描述的物理对象及其运动状态或运动过程对物理定律进行分类。

按物理运动本身或所反映的知识内容对物理定律进行分类时，着重于讨论物质世界不同层次运动的不同点；按所描述的物理对象及其运动状态或运动过程对物理定律进行分类时，则是着重研究物质世界不同层次上的物理定律的共同之处。

如果按物理定律所描述的物理对象来分类，物理定律可分为：

关于个体（包括宏观个体和微观个体）的定律；

关于系统（包括宏观系统和微观系统）的定律；
关于大量粒子集体的定律。

如果按物理定律所描述的运动状态或运动过程来分类，
物理定律可分为：

- 关于独立状态的定律；
- 关于状态变化过程的定律；
- 关于不同状态之间关系的定律。

为了清楚起见，我们把对物理定律的第二种分类情况列
于表1·2中。

表1·2

		按描述的物理对象分类	按描述的状态及其变化情况分类
物理定律	实 物	关于个体的定律 例：阿基米德定律	关于独立状态的定律 例：牛顿运动定律
		关于系统的定律 例：动量守恒定律	关于状态变化过程的定律 例：动量定理
		关于大量微观粒子集体的定律 例：麦克斯韦气体分子 速率分布定律	关于不同状态之间关系的定律 例：玻意耳-马略特定律
	场	场的定律 例：法拉第电磁感应定律	

现在，我们如果把按物理定律所反映的知识内容的分类，
说成是对物理定律的横向分类，而把按物理定律所描述的物

理对象及其运动状态或运动过程的分类，说成是对物理定律的纵向分类。那么，把对物理定律的横、纵两种分类结合起来，就会在我们的头脑中形成物理知识的网络，如图 1-1 所示。这样，就能使我们所学过的每一条物理定律，都和我们头脑里知识库中的特定“坐标”相对应。一旦实际需要，我们就能把有关的物理定律，从我们头脑的知识库中迅速地提取出来，作为我们分析和解决具体物理问题的工具和依据。

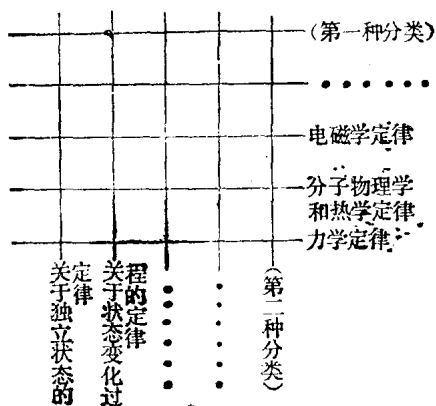


图 1-1

对物理定律的第一种分类，读者都比较熟悉，这里就不多讲了。现在，我们着重来讨论关于物理定律的第二种分类，也就是按物理定律所描述的对象及其运动状态或运动过程的分类方法。

一、关于独立状态的定律

所谓状态是指物体或物质所处的状况。物体或物质（还

有系统)的状态可由一组物理量(参量)来表征。例如,气体的状态就可以用温度、体积和压强等物理量来表示。

我们这里所说的关于独立状态的物理定律有以下两个特点:

(1) 它描述了宏观物体或微观粒子在某一时刻所呈现的状态,也就是说,这种物理定律实质上反映了宏观物体或微观粒子的即时状态。

(2) 随着时间推移,在描述物体或物质(还有系统)状态的有关参量(一个或几个或全组)发生变化时,运用关于独立状态的物理定律就可以得到物体或物质(还有系统)在不同时刻对应的不同的状态,这些不同时刻的状态之间没有直接的相互影响、没有相互依存关系,它们各自保持相对独立。现在我们先举一个数学上的例子,来帮助我们体会一下这种相对独立的特性。

比如,在数学中,圆的周长 y 是半径 x 的函数,即有 $y=f(x)$ 。把不同的圆的半径数值 x_1, x_2, \dots 代入函数 $f(x)$ 中,将得到不同的圆周长的数值 y_1, y_2, \dots 很明显, y_1, y_2, \dots 各自表示着大小不等的圆,它们之间并没有什么直接的相互影响和相互依存关系。我们看,没有 y_1 ,照样可以有 y_2 ,没有 y_2 ,照样可以有 y_1 。这些不同数据 y_1, y_2, \dots 之间的关系,就是相对独立的关系。

同样,在物理学中我们可以根据公式 $a = \frac{F}{M}$ 计算出某一物体 m 在不同的力 F_1, F_2, \dots 分别作用下所产生的不同的加速度 a_1, a_2, \dots 。在这里,加速度 a_1, a_2, \dots 之间并没有什么直接的相互影响。也就是说, a_1 的存在与否,不会影响 a_2 的大小、方向或存在与否, a_1, a_2, \dots 之间没

有什么依存关系。

〔例1〕小球从高 H 的地方沿斜面无摩擦地滑下，然后沿着半径为 R 的光滑圆环运动，如图1-2所示。已知小球的质量为 m ， $H = \frac{5}{2}R$ 。

试分析小球在圆环的最高点 A 和最低点 B 的位置上，小球对圆环的压力。

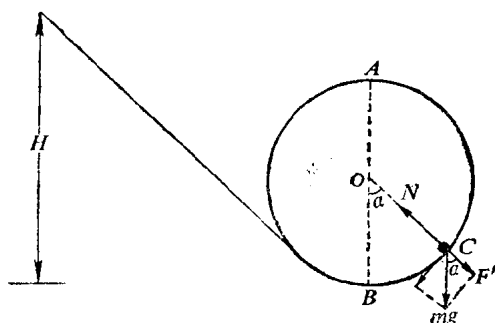


图 1-2

当小球沿圆环内侧运动到圆环上任意一点处 C 时，小球的受力情况如图1-2所示。设小球对圆环压力的反作用力为 N ，于是，根据牛顿第二定律 $\Sigma F = ma$ ，可以写出小球沿半径为 R 的圆环运动的方程

$$N - F' = m \frac{v^2}{R}$$

$$N = m \frac{v^2}{R} + F'$$

当小球运动到圆环最高点 A 处时，有

$$N_A = m \frac{v_A^2}{R} + F'_A$$

此时, OC 与 OB 两条半径之间的夹角 $\alpha = 180^\circ$, 而 $F'_A = mg \cos \alpha = mg \cos 180^\circ = -mg$, 又根据机械能守恒定律, 得 $\frac{1}{2}mv_A^2 = mg(H - 2R)$, 则 $v_A^2 = gR$. 于是

$$\begin{aligned} N_A &= m \frac{gR}{R} - mg \\ &= 0 \end{aligned}$$

这个结果说明, 小球所受的重力全部都用于小球做圆周运动所需要的向心力了, 此时, 小球对圆环没有压力。

当小球运动到圆环最低点 B 处时, 有

$$N_B = m \frac{v_B^2}{R} + F'_B$$

此时, OC 与 OB 两条半径之间的夹角 $\alpha = 0^\circ$, 而 $F'_B = mg \cos \alpha = mg \cos 0^\circ = mg$. 又根据机械能守恒定律, 得 $\frac{1}{2}mv_B^2 = mg(H - 0)$, 则 $v_B^2 = 5gR$. 于是

$$\begin{aligned} N_B &= m \frac{5gR}{R} + mg \\ &= 6mg \end{aligned}$$

这个结果说明, 当小球沿圆环运动到最低点时, 小球对圆环的压力或圆环对小球的支持力远大于小球所受的重力。

从上面的分析看出, 根据牛顿第二定律所得到的小球在圆环上不同的位置与圆环的相互作用力, 只决定于小球在那个时刻所处位置和它的速度的大小。不同时刻或不同位置,

小球对圆环的相互作用力（如 N_A 和 N_B ）之间，没有什么依存关系，也没有什么相互影响。这就说明了牛顿第二定律属于关于独立状态的物理定律。

在我们明确了牛顿第二定律是属于关于独立状态的物理定律之后，就再也不会出现把不同时刻或不同位置的不同组参量同时代入同一个运动方程的错误了，即不会出现如下的错误：

$$N_A = m \frac{v_B}{R} + F_A'$$

因此在运用关于独立状态的物理定律时，一定要注意把表征这个物体或物质（还有系统）的同一时刻或同一位置的一组参量同时代入这个物理定律的数学表达式中去，如

$$N_A = m \frac{v_A^2}{R} + F_A' \text{ 才是正确的。}$$

〔例2〕蜡烛与光屏之间的距离为 $BB_1 = L$ ($L > 4f$)，移动焦距为 f 的凸透镜，可在屏上两次得到清晰的像。

试求：两次所成的像的高度之比

两次成像的光路图如图1-3所示。

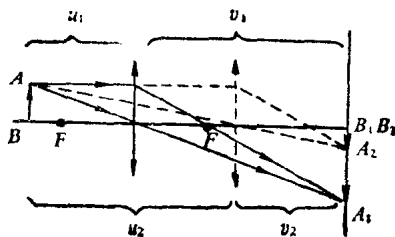


图 1-3