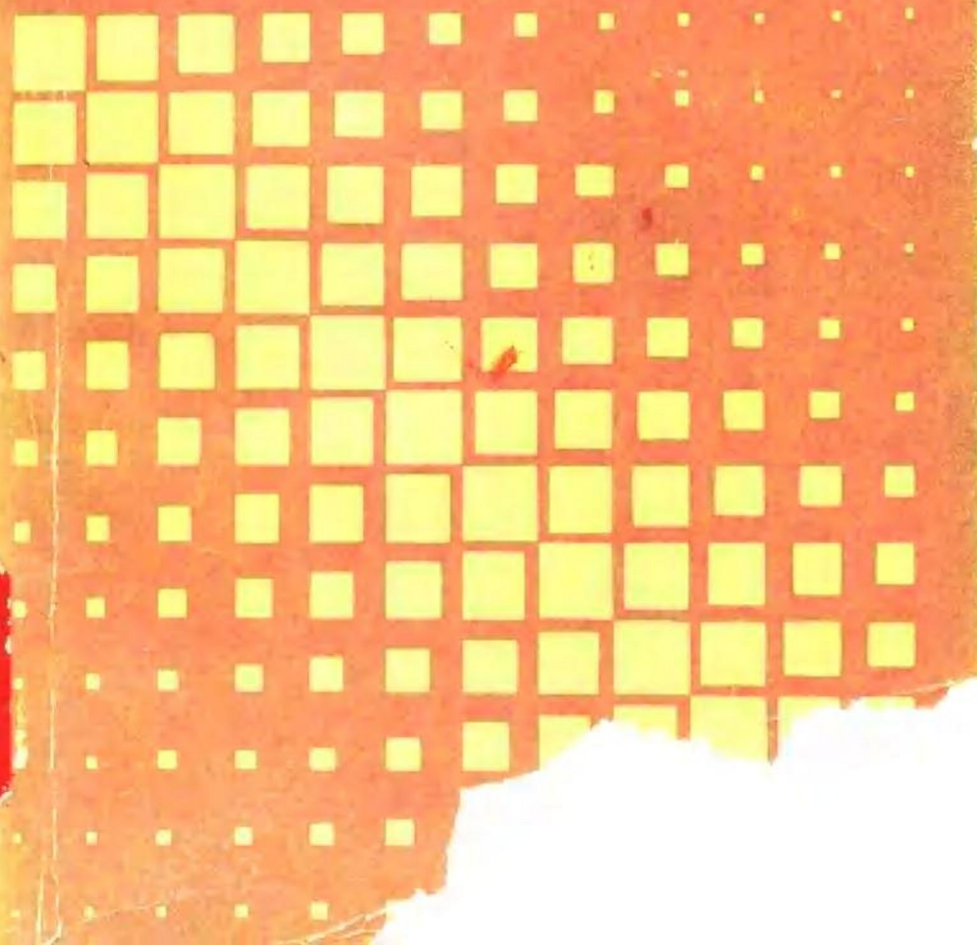


参考书

刘克哲 编《物理学》 学习指导书

刘克哲 编

高等教育出版社



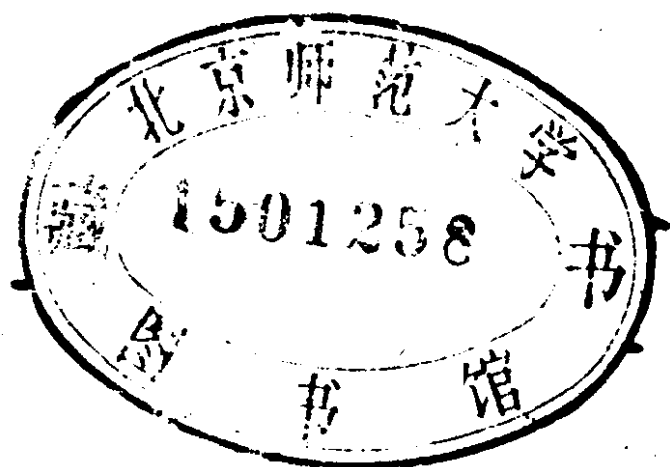
高等学校教学参考书

刘克哲编《物理学》

学习指导书

刘克哲编

501/196/10



高等教育出版社

本书是与理科非物理类专业物理教材——刘克哲编《物理学》配套的教学用书。

本书的章次和内容顺序都与相配套的《物理学》相同。每章都由[基本要求]、[概念阐释]、[例题分析]和[复习与作业]四部分组成。[概念阐释]部分是本书的主体，它从不同的侧面对概念和规律的涵义进行了分析，并指出了在理解所涉及概念和规律时应注意的地方。[例题分析]是本书的重要组成部分，它对典型例题进行了分析和解答，给出了解题的一般方法，同时还指出了解题过程应注意的事项，可以帮助读者完成教材规定的习题。本书不仅可以帮助读者掌握教材的主要内容和正确理解教材中的基本概念和基本规律，而且对授课教师也有参考价值。

本书可供综合性大学、师范院校和师专理科非物理类专业师生及卫星电视教育和自学的中学教师使用。

高等学校教学参考书
刘克哲编《物理学》
学习指导书

刘克哲 编

*

高等教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
北京第二新华印刷厂印刷

*

开本850×1168 1/32 印张9.125 字数220 000

1989年3月第1版 1989年3月第1次印刷

印数 0001—10 670

ISBN 7-04-001018-6/O·649

定价 2.05 元

前 言

为了帮助使用拙编《物理学》作为教材的读者更好地掌握教材的主要内容，达到教材规定的基本要求，我编写了这本学习指导书。

本书是按教材的章、节顺序编写的。每章都是由[基本要求]、[概念阐释]、[例题分析]和[复习与作业]四部分组成的。我在“致读者”中谈到了关于如何使用本指导书的一些想法和建议，读者可根据自己的具体情况加以参考。我想，在明确课程的基本要求方面，在正确理解和掌握基本概念和基本规律方面，以及在了解解题的基本方法和步骤方面，指导书会起到一定的辅助作用的。同时我也认为，任何指导书都不能代替读者个人的独立思考和刻苦学习。要学好物理学，必须深入钻研、多想多练，丰硕的果实只能来自辛勤的劳动。

本书反映了我个人在教学中的—些经验和体会，书中涉及的大量问题，大部分来自答疑时学生的提问，或者从学生的提问中得到启发，进一步推想出来的。所以，本书若能对在校学习的学生和讲授此课程的教师也有一点参考价值的话，我将感到十分欣慰。同时，由于个人水平所限，书中一定会有不少缺点和错误，希望读者多多批评指正。

在本书的编写过程中，曾得到北京师范大学梁绍荣教授、山东大学物理系余寿绵教授、马伯福副教授、卢兆铭副教授和李大才讲师的帮助，在此表示深切的谢意。

刘克哲

一九八七年五月于山东大学物理系

致 读 者

关于学习物理学的目的、物理学的研究方法和特点，在教材《物理学》的绪论中已作了概述。这里想就如何学习，对读者提出一些希望和要求。

首先，读者应认真钻研教材内容，正确掌握基本概念和基本规律。实践表明，要学好物理学，必须透彻理解物理概念和物理量的定义，牢固把握原理、定律和定理的涵义、适用范围和条件。而要达到这个目的的第一步，也是最重要的一步，那就是仔细阅读和认真钻研教材内容。规律是通过概念和物理量来表达的，只有正确理解了概念和物理量的定义，才能真正掌握规律的涵义。同时，概念和物理量的真正意义又是体现在它们所表述的规律之中，只有结合这些规律进行钻研，才能对概念有较深入的理解。为了帮助读者阅读教材和加深对教材内容的理解，本书在[概念阐释]部分，从不同侧面对概念和规律的涵义进行了分析，指出在理解和掌握它们时应该注意的问题，对经常出现的错误和容易混淆的问题作出了解释。希望读者在阅读本书[概念阐释]部分的时候，必须与教材中相应内容的阅读和钻研结合起来，不能脱离教材只看[概念阐释]。[概念阐释]部分不是对该章内容的系统阐述，它对学习只能起辅助和参考作用。

其次，读者应认真地作一些习题。作习题可以检查自己对概念和规律掌握的程度，也可以启发自己如何将已知的理论用于分析和解决实际问题。因而，作习题既是正确理解基本概念和基本规律十分重要的辅助手段，又是训练分析问题和解决问题能力的极好机会。为了帮助读者作好习题，本书中每章的[例题分析]部分是通过典型例题的分析和解答，起到示范作用，有时也归纳

和总结出求解该章所涉及问题的一般方法，有时也指出求解过程中应该注意的事项。读者可以在理解了教材中的例题之后，仿照[例题分析]部分中解题的格式，完成[复习与作业]部分规定的习题，以期达到训练和提高解题能力的目的。

上面我们把阅读和钻研教材内容放在第一位，而把解题训练放在第二位，也即辅助的地位。可是，许多初学的读者往往把这种主次关系颠倒了，误认为学物理就是作物理题目，有的甚至对教材内容、基本概念和基本规律完全不理解或不完全理解，就一头扎在题目堆里。这种学习方法是错误的，读者一定不要照这样去做。

本书每章的第一部分[基本要求]向读者指明该章必须掌握的主要内容，读者可以从中领悟到该章的重点。在开始学习每一章内容时，希望读者先阅读一下本书相对应那一章的[基本要求]。由于这一部分所涉及的概念读者尚不熟悉，不可能对所述内容和要求深刻理解，只要求起到心中有数的作用就够了。在不断学习的过程中，[基本要求]可以成为读者判断该章内容的主与次、重点与一般的依据。学完每一章之后，希望读者再回过头来看一下该章的[基本要求]，检查一下自己是否已掌握了该章的主要内容，是否已达到了该章的基本要求。

上述希望和建议仅供读者参考。相信读者在不断学习的过程中，会摸索出一套适合自己情况的学习方法来的。

目 录

第一章	质点的运动	(1)
第二章	牛顿运动定律	(16)
第三章	功和能	(33)
第四章	动量守恒定律	(47)
第五章	刚体力学	(54)
第六章	流体力学	(67)
第七章	气体分子运动论	(77)
第八章	热力学概述	(93)
第九章	液体和固体的基本性质	(103)
第十章	振动	(110)
第十一章	波	(123)
第十二章	静电场	(136)
第十三章	直流电	(172)
第十四章	稳恒磁场	(182)
第十五章	物质的磁性	(196)
第十六章	电磁感应和电磁波	(205)
第十七章	交流电	(220)
第十八章	几何光学	(231)
第十九章	光的波动性	(242)
第二十章	光的粒子性	(258)
第二十一章	原子的量子理论	(264)
第二十二章	原子核和粒子	(277)

第一章 质点的运动

[基本要求]

1. 掌握描述物体运动的一般方法,即在一定条件下可以将物体看作为质点,选择参照系并建立坐标系,最后得出质点相对于坐标原点的位置随时间变化的规律;
2. 理解描述质点运动的物理量的定义和性质,这些物理量包括:位置矢量、时间、位移、路程、速度、速率和加速度等;
3. 掌握并能够运用匀速直线运动、匀变速直线运动、抛体运动、匀速圆周运动和匀变速圆周运动的基本规律.

[概念阐释]

一、质点和参照系 (§1-1)

1. 机械运动:是一个物体相对于另一个物体的位置或一个物体内部某一部分相对于其他部分的位置,随时间的变化过程.物体运动的形态是多种多样的,其中最简单、最普遍的形态,就是机械运动.理解这个概念时应注意以下几点.

(1) 机械运动的绝对性.江河的奔流,车辆的行驶,以及机器的运转都被认为是运动;而山川、桥梁和房屋等却被认为是静止的,实际上它们也都在运动,它们随地球一起绕着太阳在公转和自转.太阳、银河以及所有星系都以惊人的速度在运行着.所以,一切物体都处于永恒的运动之中,绝对静止的物体是不存在的,这就是运动的绝对性,或者说,运动本身是绝对的.

(2) 机械运动的相对性.我们说一个物体在运动,总是指这个物体对于其他物体的位置变化而言的.如果我们只孤立考察一

个物体，不去注意它同其他物体相对位置的关系，那么，我们不可能判断这个物体是否在运动和如何运动。例如，坐在匀速直线行驶的船仓里的旅客，如果不去观察河岸上的树木和房屋，就无法知道自己乘坐的船只是在行驶还是在停泊。所以，要描述一个物体的运动，总是以这个物体相对于另一个物体或几个相互间保持静止的物体群的位置是否发生变化，作为判断这个物体是否在运动的依据。从这个意义上讲，机械运动具有相对性，或者说，运动的描述是相对的。

由于机械运动的描述具有相对性，为了描述一个物体的运动，我们必须先选择另一个或几个物体作为参考标准，然后考察这个物体相对于参考标准是否发生位置的变化，如果发生了位置变化，我们就说这个物体在运动，否则就说这个物体是静止的。被选作参考的物体或物体群，就称为参照系。可见，选取参照系是机械运动的描述具有相对性的要求。

2. 质点：是一个理想模型，是力学中一个十分重要的概念。它的重要性首先表现在，当物体的大小和形状对于所研究的问题无关紧要时，可以把物体当成一个质点，使问题简化。把一个物体看作为一个质点，实际上就是突出物体具有质量和占有位置这两个根本性质，而忽略了物体的大小和形状。同一个物体，在有的问题中可以看作为质点，而在另一些问题中则不能。这决定于该物体的大小和形状在所讨论的问题中，是否处于无关紧要的地位。

在不能把物体看作为一个质点的问题中，可以把该物体分割成很多体元，而每个体元都足够小，以致于在所讨论的问题中可以看作为质点。对于每个这样的体元，我们可以运用质点力学的规律，叠加起来就可以得到整个物体的运动规律。这是质点概念重要性的另一表现，质点组力学和刚体力学就是这样去处理问题的。

注意，不能把质点与微观粒子混同将来。质点是没有大小和形状但具有宏观物体的质量的理想模型，它并不是真实的存在。微观粒子，如原子、电子等都具有一定大小，但质量微小。正因为微观粒子的质量微小，因而不服从经典力学的运动规律，而遵从量子力学规律。

3. 坐标系：是指固定在参照系上的数学坐标，它的作用是把运动物体在每一时刻相对于参照系的位置定量地表示出来。不能把坐标系与参照系混为一谈。参照系是指为描述物体运动而选作参考标准的物体或物体群，利用它来判断物体是否在运动和如何运动。但是，只有参照系还不能把物体运动时的确切位置表示出来。

同时也要看到，坐标系必须依附于参照系，离开了参照系，坐标系便失去了意义。在研究物体运动时，若选取不同的参照系，所得的运动规律的数学表达式和结果常常是大相径庭的。而在同一个参照系上建立不同的坐标系（即选取不同的固定点作为坐标原点），对同一物体的运动规律和结果不会产生多大变化，只会影响计算的繁简。

二、描述质点运动的几个物理量 (§1-2)

1. 位移：是表示质点从初始时刻 t 到终止时刻 $t + \Delta t$ ，位置变更的大小和方向的物理量。在理解位移矢量时，应注意它与其他量的差异。

(1) 位移和位置矢量一样，都是矢量，也都与参照系的选取有关，但位置矢量还与参考点（即坐标原点）的选取有关，而位移却与参考点的选取无关。显然，在一般情况下，这两个物理量是不能混同的。而如果质点初始时刻的位置正好处于坐标原点，那么到终止时刻，质点的位置矢量与这一过程的位移就一致了。尽管如此，读者必须注意到：位置矢量总是与某一确定时刻相对应，所以是瞬时量；位移则与某一确定时间间隔相对应，所以是

过程量。

(2) 读者还应注意位移与路程的差别，教材中对这种差别作了详细的讨论，在此不重复。只有在质点作直线运动且速度方向不变时，位移的大小才等于路程。

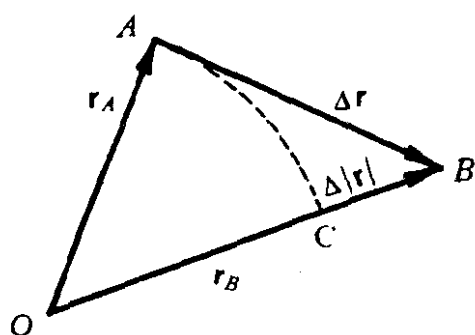


图 1-1

(3) 如果质点在 t 时刻处于 A 点，位置矢量为 r_A ，经过 Δt 时间到达 B 点，位置矢量变为 r_B ，则质点的位移应表示为

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A = \mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r}(t)$$

注意，式中不能将两个相减量的顺序颠倒了。不少初学读者

常将 $|\Delta \mathbf{r}|$ 、 $\Delta |\mathbf{r}|$ 和 $\Delta \mathbf{r}$ 三种符号的意义混淆不清。因为 r 和 $|\mathbf{r}|$ 意义相同，都表示位置矢量的模或长度，所以 $\Delta \mathbf{r}$ 和 $\Delta |\mathbf{r}|$ 意义相同。由图 1-1 可见，它们都代表末位置矢量 r_B 与始位置矢量 r_A 的长度之差。而 $|\Delta \mathbf{r}|$ 是位移矢量的大小。

2. 速度：是描述质点位置变更快慢和变更方向的物理量，等于位置矢量随时间的变化率，或位置矢量对时间的微商。对于这个概念，我们可以按下列步骤理解。

(1) 质点的瞬时速度就是某时刻质点运动的真实速度；

(2) 把时刻扩展为此时此刻附近的时间间隔 Δt ，这样一来，也就出现了与这一时间间隔相对应的位移 $\Delta \mathbf{r}$ ；

(3) 位移 $\Delta \mathbf{r}$ 与时间 Δt 的比值，就是这段时间间隔内质点的平均速度，即

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$$

(4) 最后令 $\Delta t \rightarrow 0$ ，取平均速度的极限，便得到此时此刻质点的瞬时速度，即

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt}$$

读者既要掌握上述建立瞬时速度概念的物理思想，同时还要注意以下几个问题。

(1) 瞬时性：速度就是瞬时速度，反映了质点在某一瞬间或在某一位置上运动的快慢和方向。在这一点上，必须与平均速度的概念加以区别。

(2) 方向性：速度是矢量，它的方向是平均速度的极限方向，即沿运行轨道切线并指向质点前进的方向。在这一点上，必须与速率的概念加以区别。速率等于速度的大小，或等于速度矢量的绝对值。但绝不能由此推断，平均速率等于平均速度的大小，或等于平均速度矢量的绝对值。

(3) 相对性：速度是一个与参照系的选择有关的物理量，当参照系变换了，速度的大小和方向也随着改变。

3. 加速度：是描述运动速度随时间变化的物理量，等于速度矢量对时间的微商。请读者仿照建立瞬时速度概念的物理思想，来理解瞬时加速度。

加速度的方向常常使初学读者感到困惑。这里我们借助于“矢端曲线”来理解这个问题。首先让我们把 a 的定义式与 v 的定义式比较一下。 v 是质点位置矢量 r 对时间 t 的微商，而 r 的矢端曲线就是质点运动的轨迹， v 的方向则沿 r 矢端曲线的切线，并指向与 t 增加相对应的方向；既然 a 是速度矢量 v 对时间 t 的微商，那么加速度矢量 a 的方向必定沿矢量 v 的矢端曲线的切线，并指向与 t 增加相对应的方向。

举一个具体例子。质点沿图1-2(a)所示的圆周运动，在圆周上 A 、 B 、 C 和 D 各点上的速度分别为 v_1 、 v_2 、 v_3 和 v_4 ，加速度分别为 a_1 、 a_2 、 a_3 和 a_4 ，若以圆心 O 为坐标原点，则位置矢量分别为 r_1 、 r_2 、 r_3 和 r_4 。显然，位置矢量 r 的矢端曲线，就是图中

所示的圆周。现取 O' 点作为各速度矢量的始点，将 v_1 、 v_2 、 v_3 和 v_4 平移至图1-2(b)中，连接矢量 v_1 、 v_2 、 v_3 和 v_4 的端点 A' 、 B' 、 C' 和 D' ，就构成了速度矢量的矢端曲线 $A'B'C'D'$ 。过 A' 、 B' 、 C' 和 D' 各点分别作矢端曲线的切线，则这些切线必

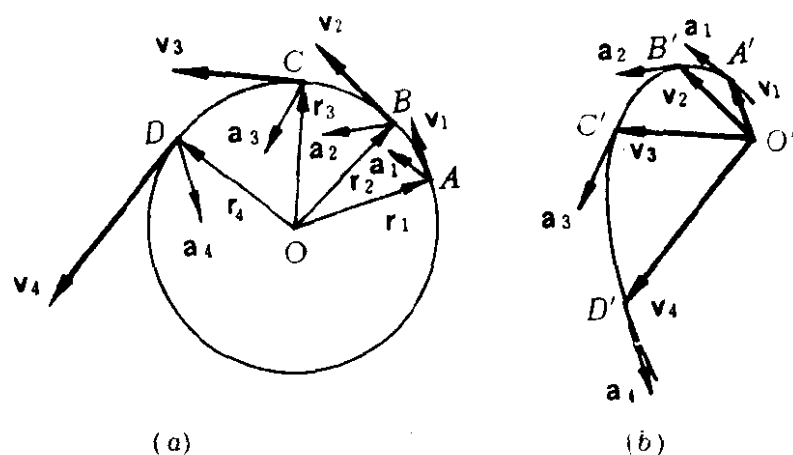


图 1-2

定分别平行于图1-2(a)中的矢量 a_1 、 a_2 、 a_3 和 a_4 。

希望读者搞清关于加速度的另一些问题。有人认为“加速度就是速度的增加”，这是不对的。速度的增加和速度的减小，都是速度的变化量，只反映速度大小的变化。而加速度是速度的变化率，它反映了速度变化的快慢，这种变化既包括速度大小的变化，也包括速度方向的变化。如果质点速度的大小既不增加，也不减小，只是方向在变化，显然，质点的加速度并不为零。

还有人认为“速度大，加速度也大”，这也是没有道理的。速度和加速度是两个涵义根本不同的物理量，它们之间没有必然的联系。速度的大或小，反映了质点运动的快或慢，而加速度的大或小，反映了质点速度变化的快或慢。若一个质点运动的速度很大而变化很小，或者根本不变化，那么这个质点的加速度就很小，甚至为零。反之，一个质点运动的速度很小，甚至在某时刻等于零，但是，如果在很短的时间内其速度发生了很大的变化，那么

这个质点的加速度就很大。

三、质点运动的几种典型形式 (§1-3)

1. 直线运动: 质点运动的轨迹为一条直线的运动。关于直线运动, 希望读者掌握以下四个问题。

(1) 在直线运动中描述质点运动的矢量物理量, 如位置矢量、位移、速度和加速度等, 都可以用带有正、负号的标量来代表。必须了解正、负号的物理意义。教材中对此已作了明确的阐述。

有人认为, 加速度 a_x 若为正值, 质点必定作加速运动, 若为负值, 质点必定作减速运动。这显然是不对的。当质点作变速直线运动时, 坐标轴选定之后, 正的加速度只说明加速度的方向与坐标轴的正方向一致, 负的加速度只说明加速度的方向与坐标轴的正方向相反, 与质点是作加速运动还是作减速运动没有直接联系。质点是作加速运动还是作减速运动, 决定于加速度和速度之间的关系。当加速度的方向与速度的方向一致时, 质点作加速运动; 当加速度的方向与速度的方向相反时, 质点作减速运动。进一步来看, 如果质点运动的初速度方向沿坐标轴的正方向, 即速度为正值, 那么正的加速度与速度的方向一致, 质点必定作加速运动; 如果质点运动的初速度方向沿坐标轴的负方向, 即速度为负值, 那么正的加速度与速度的方向相反, 质点必定作减速运动。所以, 正的加速度不一定表示质点是作加速运动、负的加速度也不一定表示质点是作减速运动。正确的说法是, 当加速度与速度同号时, 质点作加速运动, 当加速度与速度反号时, 质点作减速运动。

(2) 教材中把匀速直线运动定义为, 速度恒定的运动。所谓速度恒定, 就是速度的大小恒定, 方向也恒定。显然, 速度恒定的运动, 加速度必定为零。但是我们却不能把“加速度为零的运动”作为匀速直线运动的定义, 这是因为静止状态的加速度也为零, 而静止是运动的特殊状态。有的书中把匀速直线运动定义

为：“质点作直线运动时，在任意相等的时间内通过相等的位移”。这也是可以的，但必须特别注意“任意”二字。因为在特定的两段相等的时间内通过相等的位移，并不能保证速度的大小是恒定的。

(3) 教材中把匀变速直线运动定义为，质点以恒定的加速度沿直线的运动。有些初学读者认为，加速度恒定的运动就是匀变速直线运动。这显然是不对的。因为加速度的方向恒定，并不能保证速度的方向也恒定，只有在初速度的方向与加速度的方向一致的情况下，恒定的加速度才不改变速度的方向，质点才能作匀变速直线运动。所以在上述定义中，“沿直线”三个字是必不可少的。在任意相等的时间内，速度的变化都相等。显然，这与上述定义是一致的。

自由落体运动和竖直上抛运动，是匀变速直线运动的两个重要例子。

(4) 匀变速直线运动的规律：根据加速度的定义 $a_x = \frac{dv_x}{dt}$

可得

$$dv_x = a_x dt$$

如果在 $t = t_0$ 时， $v_x = v_{x0}$ ，则对上式两边求积分，得

$$v_x - v_{x0} = \int_{t_0}^t a_x dt$$

这就是速度与加速度的关系。

对于匀变速直线运动， a_x 为常量，所以有

$$v_x - v_{x0} = a_x(t - t_0) \text{ 或 } v_x = v_{x0} + a_x(t - t_0)$$

若取 $t_0 = 0$ ，则上式变为

$$v_x = v_{x0} + a_x t \quad (1)$$

根据速度的定义 $v_x = \frac{dx}{dt}$ ，可得

$$dx = v_x dt$$

如果在 $t = t_0$ 时, $x = x_0$, 则对上式两边求积分, 得

$$x - x_0 = \int_{t_0}^t v_x dt$$

这就是位移公式.

对于匀变速直线运动, $v_x = v_{x0} + a_x t$, 代入上式, 得

$$x - x_0 = v_{x0}(t - t_0) + \frac{1}{2} a_x (t^2 - t_0^2)$$

若取 $t_0 = 0$, 则上式变为

$$x - x_0 = v_{x0}t + \frac{1}{2} a_x t^2 \quad (2)$$

由以上两个公式可得出另外两个匀变速直线运动的常用公式:

$$x - x_0 = \frac{v_x + v_{x0}}{2} t \quad (3)$$

$$v_x^2 - v_{x0}^2 = 2a_x(x - x_0) \quad (4)$$

以上四个公式从不同角度反映了匀变速直线运动的规律, 但是其中只有两个是独立的. 这四个关系式中共包含五个物理量, 即初速度 v_{x0} 、末速度 v_x 、加速度 a_x 、时间 t 和位移 $(x - x_0)$, 在每个关系式中都只包含其中四个. 因此只要知道其中任意三个物理量, 便可利用两个关系式求出另外两个物理量来.

2. 抛体运动: 竖直上抛运动、平抛运动和斜抛运动都属于抛体运动. 这类运动的共同特点是, 都具有一定的初速度, 并且都受到重力的作用. 抛体运动也是一种匀变速运动, 利用平面直角坐标系来分析这种运动是很方便的. 取沿水平方向和沿铅直方向两根坐标轴, 根据运动的叠加原理, 可将抛体运动分解为沿水平方向的匀速直线运动, 和沿铅直方向的匀变速直线运动, 加速度就是铅直向下的重力加速度 g .

3. 圆周运动: 质点沿圆形轨道的运动, 就是圆周运动. 在一般情况下, 圆周运动中存在两种加速度, 即法向加速度 a_n 和切向

加速度 a_t .这两个加速度的方向各不相同,法向加速度指向圆心,切向加速度沿圆周的切线并指向质点前进的方向.显然,它们总是互相垂直的.它们所起的作用也各不相同,法向加速度起着改变质点运动方向的作用,切向加速度起着改变质点运动速率的作用.

对于匀速圆周运动,质点运动的速率恒定,所以切向加速度 a_t 为零.对于匀变速圆周运动,两种加速度都存在,但由于它们是互相垂直的,所以它们互不影响.若要计算质点在一段时间内所经历的路程,完全可以套用匀变速直线运动中求位移的公式,只要将其中的速度改为速率、将加速度改为切向加速度即可.

必须提醒读者注意的几个问题.

(1)“匀速圆周运动”中的“匀速”,与“匀速直线运动”中的“匀速”具有不同的涵义.前者是指匀速率,而后者是指匀速度(即恒速度).

(2)有人说:“物体作匀速圆周运动时,根本未向圆心前进一步,更不用说向圆心加速前进了,怎么会有指向圆心的加速度呢?”这种糊涂认识来自对加速度这一概念的错误理解.要知道,只要质点的运动状态发生变化,就一定存在加速度.因为质点的运动状态是由它的速度(包括大小和方向)来描述的,只要质点的速度发生变化(无论是大小还是方向的变化),就一定存在加速度.在匀速圆周运动中,尽管速度的大小不变,而速度的方向在随时改变,因此存在指向圆心的加速度是理所当然的.绝不能仅由速度大小的变化来认定加速度的存在,速度方向的变化也必定存在加速度.

(3)有人认为:“因为匀速圆周运动存在一个大小不变的向心加速度,所以匀速圆周运动也是匀变速运动”.还有人认为:“匀速圆周运动的加速度大小不变,方向总指向圆心,也不变,所以匀速圆周运动是匀变速运动.”上述两种认识都是错误的.诚然,匀变速运动是加速度恒定的运动,但是,在匀速圆周运动中,尽管