

第三册
(选修)



高级中学课本

物 理

WU LI

人民教育出版社

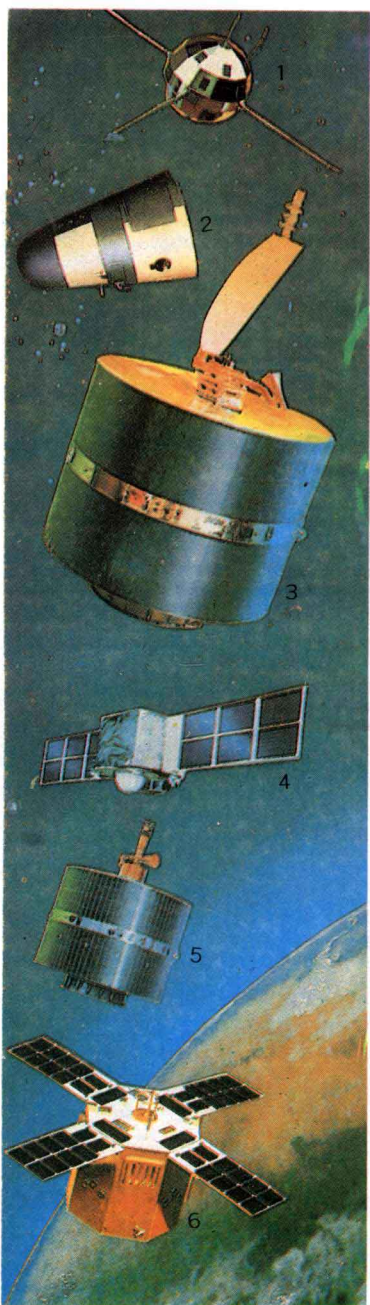


图2 我国的“长征二号”捆绑式火箭竖立在发射台上

图1 我国发射的几种人造地球卫星

1. “东方红一号”科学探测卫星
2. 返回式卫星
3. 实用通信卫星
4. “风云一号”气象卫星
5. 试验通信卫星
6. “实践二号”科学实验卫星



图3 北京正负电子对撞机国家实验室

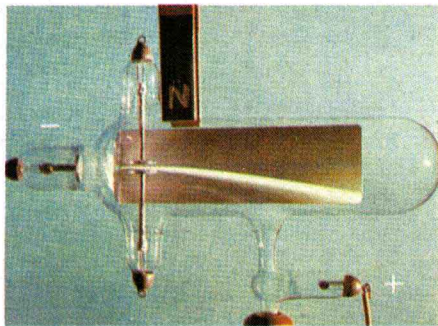


图4 电子束在磁场中的偏转

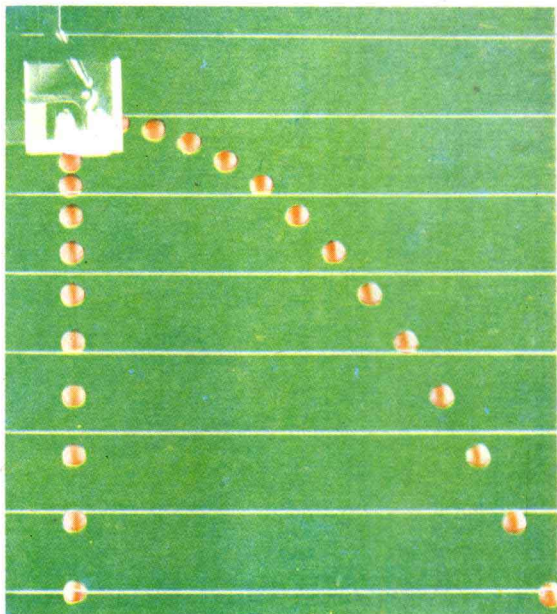


图5 平抛物体的闪光照片

图7 人体带电后头发竖起散开



图6 回旋加速器

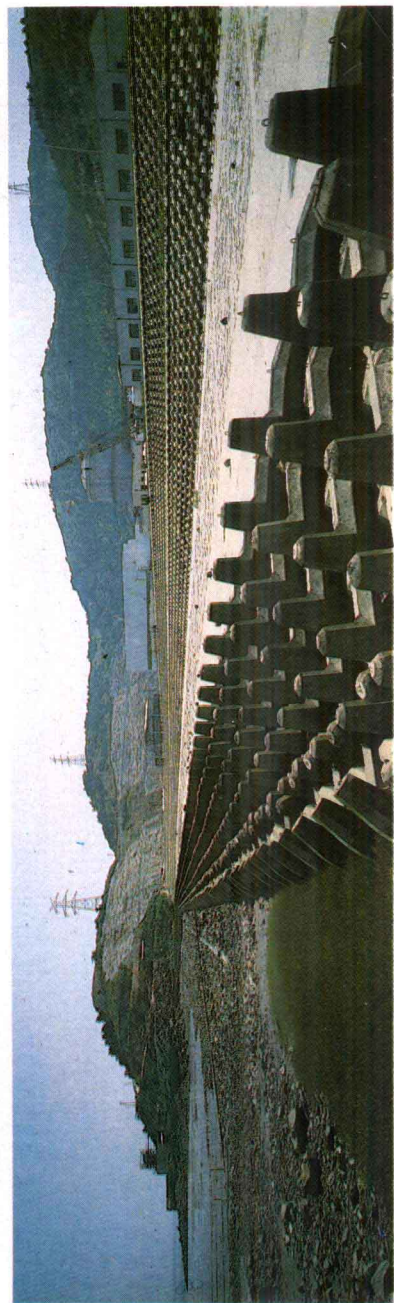
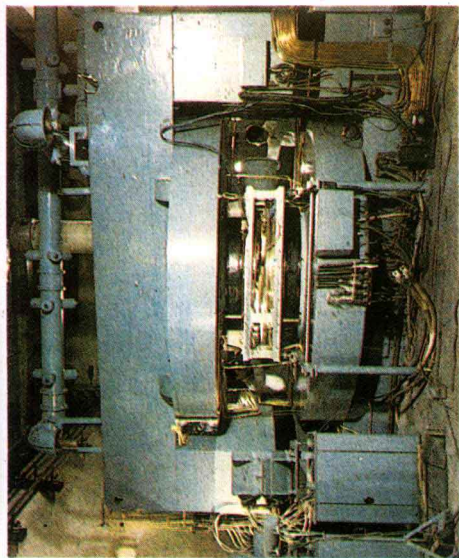


图8 秦山核电站的防波堤

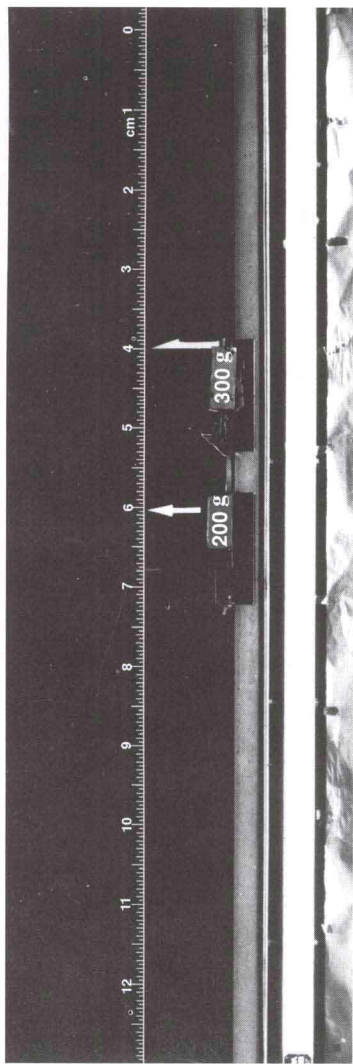


图 9 放在光滑水平导轨上的两个滑块.

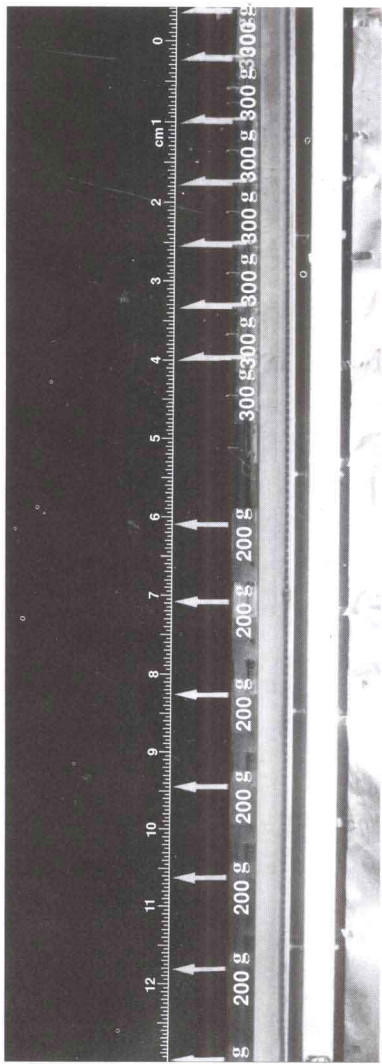


图 10 两个滑块分离后的照片, 闪光照相的频率是 10 Hz.

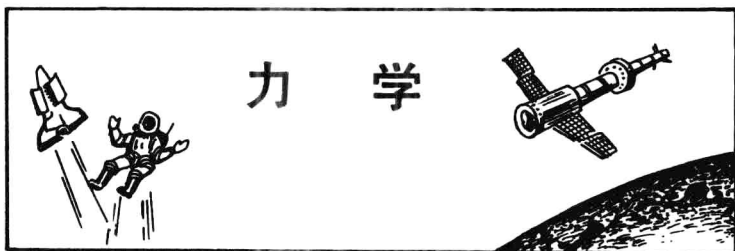
目 录

力学	1
第一章 牛顿运动定律	3
一、矢量 同一直线上的矢量运算	4
二、牛顿运动定律	8
三、力	11
● 阅读材料 自然界的四种相互作用	13
四、物体受力分析	15
五、牛顿运动定律的应用 (一)	19
六、牛顿运动定律的应用 (二)	24
● 阅读材料 失重和开发宇宙	28
* 七、牛顿运动定律的适用范围	32
第二章 物体在重力作用下的运动	40
一、自由落体运动	40
二、竖直上抛运动	43
三、曲线运动 运动的合成	46
四、平抛物体的运动	51
* 五、斜抛物体的运动	57
第三章 匀速圆周运动 万有引力定律	65
一、匀速圆周运动	66
二、向心力 向心加速度	69

三、关于向心力的几个实例	74
* 四、离心现象及其应用	80
五、万有引力定律	83
六、万有引力定律在天文学上的应用	87
* 七、地球上物体所受重力的变化	89
八、宇宙速度 人造地球卫星	91
● 阅读材料 我国的卫星技术及应用概况	94
第四章 动量和动量守恒	102
一、动量定理	103
二、动量守恒定律	109
● 阅读材料 动量守恒定律的发现	111
三、动量守恒定律的应用 (一)	113
四、动量守恒定律的应用 (二)	116
五、反冲运动及其应用	119
● 阅读材料 漫谈火箭	123
第五章 能量和能量守恒	130
一、功和能	131
二、动能定理	136
三、重力做功与重力势能的变化	139
四、机械能守恒定律	143
五、机械能守恒定律的应用	145
六、能的转化和守恒定律	150
* 七、弹性碰撞	155
● 阅读材料 中子的发现	159

电学	167
第六章 电场	169
一、电荷的相互作用 电荷守恒	169
● 阅读材料 库仑扭秤实验	172
二、电场强度 电场线	175
● 阅读材料 法拉第和场的概念	179
三、电场中的导体	181
四、电势差和电势	186
五、等势面	189
六、匀强电场中电势差跟电场强度的关系	193
七、电势能	195
八、带电粒子在匀强电场中的运动	198
* 九、示波管	202
十、电容	205
* 十一、电容器的连接	208
第七章 磁场	215
一、磁感应强度	215
二、磁场对电流的作用	221
* 三、电流表的工作原理	225
四、磁场对运动电荷的作用	226
五、带电粒子的圆周运动	229
* 六、回旋加速器	233
● 阅读材料 电子荷质比的测定和电子的发现	236
第八章 电磁感应	244

一、法拉第电磁感应定律	
——感应电动势的大小	244
二、楞次定律	
——感应电流的方向	251
三、楞次定律的应用	254
学生实验	267
一、验证牛顿第二定律	270
二、研究平抛物体的运动	273
* 三、验证向心力公式	276
四、碰撞中的动量守恒	277
* 五、用冲击摆测弹丸的速度	281
六、电场中等势线的描绘	283
* 七、练习使用示波器	285
八、研究电磁感应现象	289
附录 常用的物理常量	291



在必修课中，我们学习了如何描述直线运动，并且初步学会了如何运用牛顿运动定律解决有关直线运动的力学问题。在选修课中，我们要在这个基础上扩展和加深，进一步研究直线运动的力学问题。

水平抛出一个物体，这个物体将沿曲线落向地面。怎样描述曲线运动？怎样运用牛顿运动定律解决曲线运动的问题？解决曲线运动问题的基本方法又是什么呢？

在万有引力的作用下，地球和行星绕太阳公转，月球和人造地球卫星绕地球运转，它们的运动都近似地可以看做圆周运动。牛顿运动定律能处理地面上的各种运动，能不能处理上述天体的运动？地面上的物体与天体，它们的运动服从相同的力学规律吗？

这些都是我们在选修课中要学习的内容。

在必修课中，我们学习了动量的概念。这个概念有什么重要意义？两个运动着的物体相碰，碰撞后它们将怎样运动？查德威克怎样发现并证实了原子核内存在中子？这些问题都用到动量概念和动量守恒定律。这也是选修课中要学习的重要

要内容.

能量是物理学中的重要概念,在必修课中,我们学习了各种形式的能量,如机械能、内能、电能、核能等等,学习了机械能守恒定律和普遍的能的转化和守恒定律.机械能在什么条件下才保持守恒?能量守恒定律有什么重要意义?用能量守恒定律处理物理学问题有什么方便之处?这也是选修课中要学习的重要内容.

我们通过选修课的学习,将对力学的基本知识得到进一步理解,并逐步学会运用牛顿运动定律处理力学问题的方法.能量守恒定律和动量守恒定律是自然界中两个普遍适用的定律,运用守恒的观点为解决力学问题以至广泛的物理学问题开辟了新的途径,在选修课的学习中将要熟悉和学会如何利用守恒定律来处理具体问题.



第一章 牛顿运动定律

这一章我们在复习必修课所讲内容的基础上，运用牛顿运动定律进一步研究直线运动的力学问题。在必修课中，我们运用牛顿运动定律研究了物体在水平面上的运动，分析了自由落体的竖直运动，那么怎样来处理物体在斜面上的运动？在必修课中我们分析了单个物体的运动，那么几个物体连结在一起的运动，例如若干节车厢连成的列车在机车牵引下的运动，又应该怎样分析？我们常常听到的超重和失重是怎么回事？你在地球上能体验超重或失重状态吗？物体对水平面的压力是否总等于物体所受的重力？这些都是本章要分析和研究的问题。

处理这些问题与必修课中处理物体在水平面上的直线运动，基本思路是相同的，不过问题的情况稍微复杂些罢了。通过分析这些问题，你将进一步体会和学习卓越的科学家们分析、处理事物的有效的思路和方法。这对你今后的学习和工作都将是十分有用的。

一、矢量 同一直线上的矢量运算

运用牛顿运动定律解决直线运动的力学问题，需要处理同一直线上的矢量。这一节我们要讲述同一直线上矢量的运算，以便为今后的学习作准备。我们先复习一下什么是矢量和标量，以及矢量运算的法则。

矢量和标量 在物理学中，我们可以把物理量分为两类：矢量、标量。矢量既有大小，又有方向，而且它们的运算服从平行四边形定则。力、位移、速度、加速度、动量、电场强度等等都是矢量。标量只有大小，没有方向。长度、质量、时间、温度、功、能量等等都是标量。

认识到矢量和标量的不同，这在人类的认识上是一大进步。有了矢量的概念以及矢量运算法则，人们就可以方便地处理一些只用标量概念所不能处理的问题。

两个同类的标量，只要单位相同，它们的数值就可以用代数加法来运算。比如一个物体的质量是 8 kg ，另一个物体的质量是 4 kg 。它们的总质量就是 12 kg 。矢量则不能这样运算。一个物体受到两个力，一个是 10 N ，一个是 4 N ，这两个力共同作用产生的效果不仅决定于它们的大小，而且决定于它们的方向。我们在必修课中学过的力的合成和分解就充分说明了这一点。力的合成要按平行四边形定则来进行（图 1-1）。力的分解是力的合成的

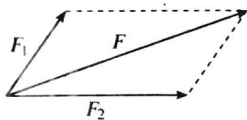


图 1-1 力 F 是力 F_1 和 F_2 的合力。

逆运算，也要按平行四边形定则来进行。

平行四边形定则不仅适用于力的合成，对于别的矢量（如速度矢量、电场强度矢量等等）同样适用，是矢量合成（即矢量加法）运算的普遍法则。

同一直线上的矢量的运算 如果被运算的矢量的方向在同一直线上，那么，我们就可以用带有正负号的量值把矢量的大小和方向都表示出来。为此，我们沿着矢量所在的直线选定一个正方向（图 1-2），规定凡是方向跟正方向相同的矢量都取正值，凡是方向跟正方向相反的矢量都取负值，例如图中 $F_1=5\text{ N}$ ， $F_2=-5\text{ N}$ ， $F_3=7\text{ N}$ ， $F_4=-5\text{ N}$ 。这里，根据量值的正负号就可以知道力的方向；而力的大小等于它们的绝对值，分别是 5 N ， 5 N ， 7 N ， 5 N 。



图 1-2 此图中如果选择向左的方向为正方向，各力的量值如何？

既然同一直线上的矢量可以用带正负号的量值来表示，它们的运算就可以简化为代数运算。

如果两个矢量大小相等而且方向相同，如图 1-2 中的 F_2 和 F_4 ，我们就说这两个矢量相等，写成代数式就是

$$F_2 = F_4. \quad (1)$$

如果两个矢量大小相等而方向相反，如图 1-2 中的 F_1 和 F_2 ，那么，它们只是符号相反，写成代数式就是

$$F_1 = -F_2. \quad (2)$$

如图 1-3 所示，设有两个力 F_1 和 F_2 作用在一个物体上，

我们可以利用加法运算求出合力 F ：

$$\begin{aligned} F &= 10 \text{ N} + (-6 \text{ N}) \\ &= 4 \text{ N}. \end{aligned} \quad (3)$$

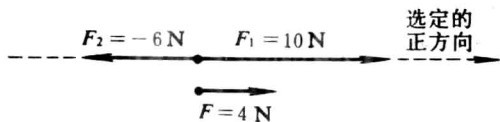


图 1-3 此图中如果选择向左的方向为正方向，计算的结果是什么呢？合力的方向与正方向的选择有没有关系？

这表示合力的大小是 4 N ，结果是正值，表示合力的方向与选定的正方向相同。

位移 s 、速度 v 、加速度 a 都是矢量。在必修课中我们学过匀变速直线运动的公式：

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2,$$

$$v = v_0 + a t.$$

在直线运动中，式中的 s 、 v 、 v_0 、 a 都在同一直线上。因而，这两个公式处理的是一条直线上的矢量。通常为了方便，选择初速度 v_0 的方向作为正方向；在 $v_0 = 0$ 时，选择运动方向作为正方向。在这样的选择下，对匀加速运动来说， a 的方向与 v_0 的方向相同，或者与运动方向相同， a 取正值；对匀减速运动来说， a 的方向与 v_0 的方向相反， a 取负值。它们的运算就化为代数运算。算出的 s 或 v 是正值，表示 s 或 v 的方向与选定的正方向相同；算出的 s 或 v 是负值，表示 s 或 v 的方向与选定的正方向相反。

需要强调指出的是：只有同一直线上的矢量，它们的运算才可以像上述那样简化成代数运算。这是平行四边形定则在这种特殊情况下的运用。不在同一直线上的矢量，它们的运算不能这样简单地化成代数运算。

还要注意：这里用带有正负号的量值既表示出矢量的大小，又表示出矢量的方向；如果专指矢量的大小，就要取绝对值，即矢量的大小总是正值。

练 习 一

(1) 对于同一条对角线，如果没有其他限制，可以做出无数个平行四边形，即同一个力可以分解为无数对分力。如果知道了两个分力的方向，或者知道了一个分力的大小和方向，能不能把一个力分解为两个确定的分力？试作图来说明。

(2) 一个物体做匀减速运动，加速度的大小等于 6 m/s^2 ，初速度 v_0 的大小为 12 m/s ，方向向东。用公式 $v=v_0+at$ 求 1.0 s 末的速度 v ，取 v_0 的方向为正方向，试写出下列各量值： $v_0 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$ ， $a = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}^2$ ，求得的 $v = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$ 。 v 的方向是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(3) 一个做匀减速直线运动的汽车，初速度 v_0 的大小为 18 m/s ，方向向北。经 3.0 s 前进了 36 m ，现在，用公式 $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 求加速度 a 。取 v_0 的方向为正方向，试写出下列各量值： $v_0 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$ ， $s = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$ ，求得的 $a = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}^2$ 。 a 的方向是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(4) 如图 1-4 所示, 一个质量为 5 kg 的物体受到两个力 F_1 和 F_2 的作用. F_1 的大小为 10 N, F_2 的大小为 5 N. 我们用牛顿第二定律求加速度 a . 取 F_1 的方向为正

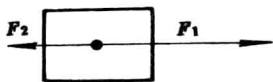


图 1-4

方向, 试写出下列各量值: $F_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ N, $F_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ N. 牛顿第二定律的公式应写为: $\underline{\hspace{4cm}}$, 求得的 $a = \underline{\hspace{2cm}}$ m/s², a 的方向是 $\underline{\hspace{2cm}}$.

(5) 在上题中, 设该物体初速度 v_0 的大小为 2 m/s, 方向与 F_2 的方向相同. 用公式 $v = v_0 + at$ 求 1 秒末该物体的速度 v . 取 v_0 的方向为正方向, 试写出下列各量值: $v_0 = \underline{\hspace{2cm}}$ m/s, $a = \underline{\hspace{2cm}}$ m/s², 求得的 $v = \underline{\hspace{2cm}}$ m/s, v 的方向是 $\underline{\hspace{2cm}}$.

二、牛顿运动定律

下面几节, 我们主要用来复习必修课中学过的有关牛顿运动定律和力的知识. 同学们可以先回忆一下必修课中学过的有关内容, 看看你还记得多少. 然后再阅读课本, 并与你自己的回忆对照一下. 你会发现, 有些内容是原来课本上没有的. 用这种方法来学习, 比你直接阅读课本, 印象要深刻得多, 你不妨试试看.

力学所要解决的中心课题是确定力和运动的关系. 远在两千多年以前, 人们已经提出了这个问题, 直到伽利略和牛顿的时代, 才给出了正确的答案. 力是维持运动即维持物体的速度的原因, 还是改变物体运动状态即改变物体速度的原