# 第一章 匀变速直线运动规律

## 本章学习提要

1．掌握初速不为零的匀变速直线运动的基本规律。

2．理解匀变速直线运动的速度-时间图象。

3．运用匀变速直线运动的基本规律研究竖直上抛运动问题。

本章内容从基础型物理课程中的初速为零的匀加速直线运动拓展到更一般的初速不为零的匀变速直线运动，匀变速直线运动是力学中最简单且具有典型性的物理模型之一，是今后进一步学习物理学的基础。一般匀变速直线运动规律的学习和运用虽然困难些，但能使我们对物理现象的认识更加深入，所能应用的方面也更加宽广。联系基础型物理课程中有关内容的学习，体会从特殊到一般、从简单到复杂的科学探究过程。通过匀变速直线运动与交通运输和日常生活的联系，领悟物理学知识在实际应用中的价值，感悟我国交通事业的飞速发展。

# A 匀变速直线运动

## 一、学习要求

掌握初速不为零的匀变速直线运动的基本公式，进一步理解匀变速直线运动*v*-*t*图的物理意义，学会运用匀变速直线运动的基本公式和*v*-*t*图解决实际问题。

通过初速为零的匀加速直线运动拓展到更一般的匀变速直线运动基本规律的学习和运用，体会从特殊到一般、从简单到复杂的科学探究过程。通过联系机动车制动距离等问题，增强物理学与社会生产、生活实际密切相关的意识。

## 二、要点

### 1．匀变速直线运动的基本公式

初速不为零的匀变速直线运动的基本公式包括速度公式和位移公式，以及速度和位移关系式：

*v*＝*v*0＋*at*；*s*＝*v*0*t*＋*at*2；*v*2－*v*02＝2*as*。

这三个公式中只有两个是独立的，求解问题时，必须在5个量（初速度*v*0、速度*v*、位移*s*、加速度*a*、时间*t*）中有三个量已知，才能求出其他两个量。

上述公式当*v*0＝0时，便化为初速为零的匀变速直线运动的公式。当*a*＝0时便化为匀速直线运动的公式。

### 2．速度-时间图象的物理意义

初速不为零的匀变速直线运动的*v*-*t*图是一条倾斜直线，其斜率与加速度*a*有关；直线与速度轴的交点确定了物体的初速度*v*0；*v*-*t*图线与时间轴所围面积确定了位移的值。

### 3．运用匀变速直线运动的规律解决实际问题时的注意点

运用基本公式求解问题时，首先要明确运动过程的性质（匀速、匀加速、匀减速）、初始情况（初始位置、时刻、初速度）和终了情况（终点位置、时刻、末速度）。如果整个运动由几段不同性质的运动组成，还必须明确每段运动的性质，以及相邻两段运动衔接点处的情况，然后再列出方程，进行求解。

### 4．在掌握运用基本公式求解问题的基础上，善于利用推论灵活处理问题

从匀变速直线运动的基本概念和公式可得到某些推论，如*t*时间内的平均速度与时刻的瞬时速度相等：＝（*v*0＋*v*t）＝*v*t/2；连续相等时间*T*内，位移差与加速度之间存在关系：*s*2－*s*1＝*aT*2。此外，对于初速度为零的匀变速直线运动，位移与时间的平方成正比，因此还可得到相继时间内和连续相等的时间内位移之比的某些推论。

### 5．注意物理量的矢量性

在匀变速直线运动问题所涉及的五个物理量中，时间*t*是标量，而初速度*v*0。、*t*时刻的速度*v*、加速度*a*和位移*s*等都是矢量，在分析问题以及建立和求解方程时要注意它们的方向性。因为我们现在仅讨论一维直线上的运动，解题时，可取*v*0、*v*、*a*和*s*中的任何一个量的方向为正方向，则其他量的方向与该量的方向相同时，为正；相反时，为负。

## 三、例题分析

【示例1】一辆速度为16m/s的汽车，从某时刻开始刹车，在制动阻力的作用下，以2m/s2的加速度做匀减速直线运动。问经过10s后汽车离开刹车点多远？

【分析】汽车从刹车起做匀减速直线运动直到停下，所经历的时间有可能小于10s，因此不能直接利用位移公式计算，正确的做法是，先算出汽车从刹车到停下所经历的时间，将结果与题中所给的时间比较，再确定减速过程中汽车的位移。

【解答】已知初速度*v*0＝16m/s、末速度*v*＝0、加速度*a*＝2m/s2，由速度公式

*v*＝*v*0＋*at*，

可得

*t*＝＝s＝8s。

由于汽车从刹车到停下所经历的时间仅为8s，所以经过10s后汽车离开刹车点的距离为

*s*＝*v*0*t*＋*at*2＝[16×8＋×（－2）×82]m＝64m。

作为比较，如果将*t*＝10s直接代入上式，得*s*＝60m，这个结果显然是错误的。

【示例2】物体做匀变速直线运动，加速度为2m/s2，若在开始10s内前进了5m，那么随后的10s内该物体前进几米？

【分析】将所讨论的运动过程分为两段：（1）第一段：已知加速度*a*＝2m/s2、时间t＝10s、位移*s*1＝5m，而初速度*v*0和末速度*v*1未知；（2）第二段：已知加速度*a*＝2m/s2、时间*t*＝10s，初速度就是第一段运动过程的末速度*v*1，而位移*s*2和末速度*v*2未知。

【解答】由第一段运动过程的位移公式*s*1＝*v*0*t*＋*at*2可得，第一段运动物体的初速度为

*v*0＝＝m/s＝－9.5m/s

上式中，我们取加速度*a*的方向为正方向，*v*0为负，这表示开始有一段运动是沿相反方向的匀减速运动，当速度减小到0后，物体再做匀加速运动。

第一段运动过程的末速度为

*v*1＝*v*0＋*at*＝（－9.5＋2×10）m/s＝10.5m/s。

再由第二段的位移公式，可得随后10s内物体前进的路程：

*s*2＝*v*1*t*＋*at*2＝（10.5×10＋0.5×2×102）m＝205m。

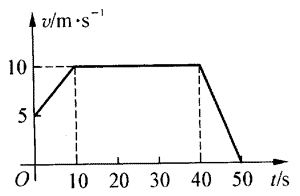
【讨论】本题有多种解法，其中最简单的一种是直接利用推论：*s*2－*s*1＝*aT*2。不过，在初学阶段，学会用最基本的公式求解问题是非常重要的。通过基本公式求解还能对所讨论的运动过程获得全面而清晰的认识。

## 四、基本训练

1. 一辆汽车做匀加速直线运动，初速度*v*0＝4m/s，加速度*a*＝2m/s2。

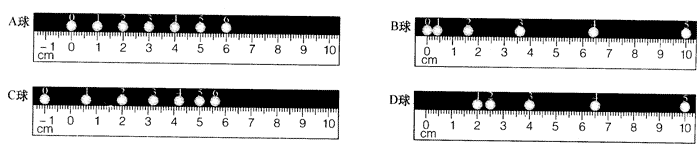
（1）求*t*＝1、2、3、…、10s时刻该物体的速度和位移；

（2）作出该车10s内的*v*-*t*图和*s*-*t*图。

1. 右图是一辆汽车做直线运动时的*v*-*t*图，汽车的初速度是\_\_\_\_\_\_；最大速度是\_\_\_\_\_\_；末速度是\_\_\_\_\_\_\_，它从*t*＝到*t*＝10s间，做\_\_\_\_\_\_运动，加速度是\_\_\_\_\_，经过的路程是\_\_\_\_\_\_；从*t*＝10s到*t*＝40s之间，做\_\_\_\_\_\_运动，经过的路程是\_\_\_\_；从*t*＝40s到*t*＝50s，做\_\_\_\_\_运动，加速度是\_\_\_\_\_\_，经过的路程是\_\_\_\_\_\_。
2. 一辆赛车，在4s时间内，它的速度由4m/s均匀增加到36m/s，它的加速度多大？行驶了多少距离？
3. 一架超音速喷气式飞机从145m/s的速度开始加速飞行了20s，加速度为23.1m/s2。求它的末速度，以及这段加速过程中飞行的距离。
4. 汽车行驶速度从10m/s均匀增加到20m/s，行驶的距离为75m。求汽车的加速度和这段加速行驶的时间。
5. 右图是一张飞机即将降落时的照片。飞机着落后在跑道上的滑行过程，可近似看作匀减速直线运动过程，设跑道长3km，飞机落地时的速度为120m/s。问：飞机滑行时的加速度应至少多大？
6. 汽车性能的一个重要指标是，使它的车速从0增加到100km/h所需时间*T*。现有某型号的跑车，*T*＝5.2s。问：这辆跑车以最高的加速度使它的时速从72km/h增加到180km/h的过程中，行驶了多少距离？需多少时间？
7. 列车在开始制动后，经20s停止，这段时间内列车的位移是120m。求列车开始制动时的速度和它的加速度。
8. 图中表示四个小球向右运动过程的闪光摄影照片，闪光时间间隔为0.05s。

（1）指出这些小球的运动特点，是匀速直线运动，还是匀变速或非匀变速直线运动？

（2）如果是匀速或匀变速运动，则进一步指出描写这些运动的物理量（如速度、加速度、初速度等）。



1. 王先生驾驶一辆汽车，以108km/h的速度在高速公路上行驶，与前方汽车的车距为80m。这时，王先生看到前方那辆汽车突然刹车，他立即在0.8s后也采取了刹车措施，使他的汽车以数值为6m/s2的加速度做减速运动。如果前方汽车刹车后需向前滑行20m方能停下。问：王先生的这辆汽车会撞上前方那辆车吗？
2. 某段高速公路上容许的最高车速为144km/h。假定驾驶员的“反应时间”为0.8s，刹车时的加速度为－5.4m/s2。试求该车应保持的“安全距离”。
3. 交通警察在路边某处发现了一辆违章卡车，当这辆卡车以6m/s的速度驶过该处时，突然以1.2m/s2的加速度加速前进，企图逃逸。与此同时，警察则立即驾驶摩托车以2m/s2的加速度追赶卡车，卡车和警用摩托车的最高时速分别为54km/h和72km/h。问：警察要多久才能追上卡车？追上时，摩托车行驶了多长路程？
4. （1）一辆正在上坡的汽车熄火后沿山坡下滑，当下滑速度为3m/s时，发动机启动了，经2.5s后，汽车又以4.5m/s的速度继续上坡，取上山方向为正方向，则汽车的加速度为多大？

（2）画出（1）中这辆汽车的*v*-*t*图，然后利用*v*-*t*图求它的加速度。

1. 假设航空母舰的甲板跑道长238m，舰载飞机降落时的速度为60m/s，制动加速度为-5m/s2。问：这种情况能否降落？实际舰载飞机降落过程中还要利用阻力伞装置，以增强减速作用。设飞机降落后经过3s，阻力伞才打开。问：为了安全降落，阻力伞打开后，飞机的制动加速度至少应多大？

# B 竖直上抛运动

## 一、学习要求

理解竖直上抛运动。理解竖直上抛运动的性质。运用一般匀变速直线运动的基本规律解决竖直上抛运动问题，包括上抛物体能够达到的最大高度，以及达到最大高度所需时间等。

通过运用多种方法求解竖直上抛运动问题，体会解决运动学问题的基本方法；感悟分析物理过程、建立物理图像、了解过程性质等在解决物理问题时的重要性；懂得物理分析和数学方法之间的联系和区别。提高学习物理的兴趣，感悟物理美。

## 二、要点辨析

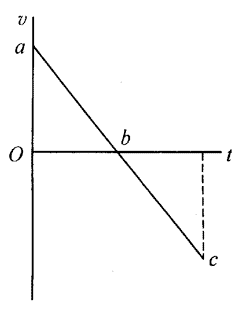
### 1．竖直上抛运动的特点

在竖直上抛运动中，当上抛物体达到最大高度后通常会有一个自由下落的过程。竖直上抛物体达到最大高度之前的运动是初速不为零的匀减速直线运动；达到最大高度之后的运动是自由落体运动，在竖直上抛运动上升过程和下落过程中，物体的加速度大小都恒等于*g*。上升过程所能达到的最大高度*h*m＝以及所需时间*t*m＝都只与上抛物体的初速度*v*0有关。

### 2．竖直上抛运动中的对称性

竖直上抛运动中，上抛时物体的初速度与下落回到抛出点时的末速度大小相等，方向相反；上升过程和下落过程所需的时间相等，由此可知，在上升与下落过程中经过任一相同位置时，都具有这种对称性。因此，竖直上抛运动的上升过程常可等价为自由落体运动的逆过程，许多上升过程问题都可用自由落体运动的规律简化求解。

### 3．对竖直上抛运动的两种处理方法

对竖直上抛运动问题，不同的理解有不同的处理方法。一种理解是：将竖直上抛运动分成上升段和下落段两个过程；另一种理解是将竖直上抛运动从抛出到落下的全过程看作是一个初速不为零的匀减速运动过程。

对于第二种理解，说明如下：当竖直向上方向取为坐标轴的正方向时，竖直上抛运动的v-t图如图1中的直线段abc所示，ab段描写上升过程，bc段描写自由下落过程。在物体从最高点处自由落下的过程中，其速度的绝对值越来越大，但取负值。

### 三、例题分析

【示例】气球以*v*0＝10m/s的速度匀速上升。当到达离地面高*h*＝175 m处时，从气球下面的吊篮中掉落一重物。求该重物落到地面所需时间。（*g*＝10 m/s2）

【解答】

解法一：分为上升和下降两个过程，重物离开吊篮后，还可上升的时间和高度分别是

*t*1＝＝ s＝1 s，*h*1＝＝ m＝5 m

重物离地面的最大高度是

*H*＝*h*＋*h*1＝175 m＋5 m＝180 m。

由最高处下落到地面的时间是

t2＝＝s＝6s

因此该物体脱离气球至落到地面的时间是t1＋t2＝1s＋6s＝7s。

解法二：全过程用统一的公式求解。

由位移公式

*s*＝*v*0*t*－*gt*2，

代入数据，得

－175＝10*t*－×10*t*2，

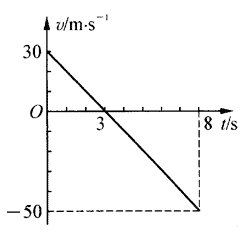
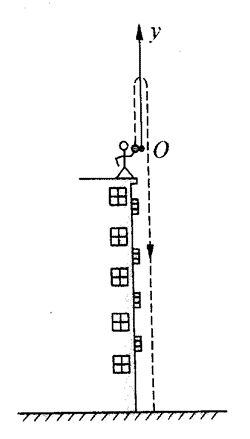
整理后得

*t*2－2*t*＋35＝0。

得解：*t*1＝7 s；*t*2＝－5 s（舍去）。

显然，全过程方法比较简洁，但应用时要注意公式中速度、加速度和位移的正负号。本例中取初速度*v*0的方向为正方向，它取正值，则加速度*g*以及抛出点到落地点的位移*s*为负值。

### 四、基本训练

1. 一个物体竖直上抛，到达最高点后再自由落下，在这过程中，物体的速度如何变化？加速度如何变化？位移如何变化？路程如何变化？
2. 信号弹以100 m/s的速度竖直向上射出，在最初2 s内它上升多高？可能达到的最大高度是多少？多少时间落回原地？（*g*＝10 m/s2）
3. 为了估测某一大楼的高度，某人从地面上用力竖直向上抛出一块小石块，使它大约达到大楼的高度，并测得该石块从地面上抛出到落回地面的时间为4 s，试估计该大楼的高度。（*g*＝10 m/s2）
4. 从地面竖直上抛的物体在下落阶段的平均速度是12 m/s，求它的上升高度。（*g*＝10 m/s2）
5. 竖直上抛物体经8 s后落地，它的*v*-*t*图如图所示。从这图上，你能“读出”该物体运动过程中的哪些信息？写出它的速度和位移随时间变化的函数关系。
6. 直升飞机现已广泛应用于突发性灾难的救援工作。从一架离地面高度为60 m，且正在以3 m/s的速度下降的直升飞机上落下一包救援物资。这包物资落到地面需多少时间？速度多大？（*g*＝10 m/s2）
7. 以20 m/s的初速度从地面竖直上抛一物体，该物体两次经过电线杆的顶端的时间间隔为3 s，求电线杆的高度。（*g*＝10 m/s2）
8. 一个做竖直上抛运动的物体，上升过程中的平均速度为10 m/s，它能达到的最大高度是多少？（*g*＝10 m/s2）
9. 从高楼上以20 m/s的初速度竖直向上抛出一物体（如图所示）。问：在1 s、4 s、5 s末该物体的位移及路程各是多少？（*g*＝10 m/s2）
10. 甲乙两物体分别自高度为45 m和60 m处做初速为零的自由落体运动和初速不为零的下抛运动，但同时到达地面。问甲物体的末速度和乙物体的初速度及末速度各是多少？（*g*＝10m/s2）
11. 类似图中的杂技表演，假设杂技演员依次竖直向上抛出4个小球，每个小球上升的最大高度均为1.25 m。假定该演员抛出一个球后立即接到另一个球，使空中总有三个球，手中留有一个球。求：每个球在演员手中停留的时间。
12. 一个物体做竖直上抛运动，途中经过一扇高度为2 m的窗户，历时0.21 s。试求物体上升的最高点与窗户上边框的距离。（*g*＝10 m/s2）
13. 从某一高度处分别以相同的速率竖直上抛和竖直下抛两物体，这两个物体由抛出到落地所需时间分别是8 s和1 s。求抛出时物体的速率和高度。（*g*＝10 m/s2）
14. 课题研究：皮球自由落下后将与地面不断地碰撞、反弹，最后趋于静止。（1）从物理学的角度对该过程进行描述；（2）利用DIS实验，考察皮球每次反弹的高度随时间变化的关系；（3）考察皮球每次反弹前后速度大小之比和速度大小平方之比随时间变化的关系；（4）对上述结果进行讨论，看看是否存在某种规律性？