

4

速度变化快慢的描述——加速度

问题



一辆小汽车在10 s内，速度从0达到100 km/h，一列火车在300 s内速度也从0达到100 km/h。虽然汽车和火车速度都从0达到100 km/h，但是它们的运动情况显然不同。你觉得用“速度大”或“速度变化大”能描述这种不同吗？如果不能，应该怎样描述呢？



加速度

小汽车和火车的速度都在增加，或者说两者都在做变速运动，并且它们的“速度变化”相同，但所用的时间不同。这两种情形的本质区别是“速度变化的快慢”不同。看来“速度变化的快慢”是一个不同于“速度”的概念。

两个物体速度变化相同，所用时间短的当然速度变化得快。如果两个物体速度变化不同，所用时间也不同，怎样比较它们速度变化的快慢呢？

在学习速度时我们知道，位移表示的是位置的变化。要比较位置变化的快慢，可以用位移除以时间。同理，要比较速度变化的快慢，可以用速度的变化量除以时间。

物理学中把速度的变化量与发生这一变化所用时间之比，叫作**加速度** (acceleration)。通常用 a 表示。若用 Δv 表示速度在时间 Δt 内的变化量，则有

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

在国际单位制中，加速度的单位是**米每二次方秒**，符号是 m/s^2 或 $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。加速度是矢量，它既有大小，也有方向。现在讨论做直线运动的物体加速度的方向。

► 在这里，我们用两个物理量（速度的变化量和时间）之比定义了一个新的物理量——加速度，它的物理意义与原来的两个物理量不同。用物理量之比定义新的物理量是物理学中常用的方法。

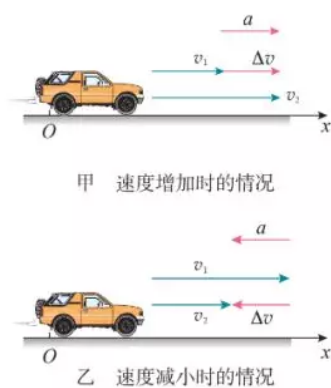


图 1.4-1 加速度方向与速度方向的关系示意图

加速度的方向

如图 1.4-1，汽车原来的速度是 v_1 ，经过一小段时间 Δt 之后，速度变为 v_2 。为了在图中表示加速度，我们以原来的速度 v_1 的箭头端为起点，以后来的速度 v_2 的箭头端为终点，作出一个新的有向线段，它就表示速度的变化量 Δv 。由于加速度 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ，所以加速度 a 的方向与速度的变化量 Δv 的方向相同。确定了 Δv 的方向，也就确定了加速度 a 的方向。

从图中可以看出，汽车在直线运动中，如果速度增加，即加速运动，加速度的方向与初速度的方向相同；如果速度减小，即减速运动，加速度的方向与初速度的方向相反。

思考与讨论

对运动的物体而言，可以问“它运动了多远”，这是路程或位移的概念；也可以问“它运动得多快”，这是速度的概念。然而，在生活用语中，却没有与加速度对应的词语。

日常生活中一般只有笼统的“快”和“慢”，这里有时指的是速度，有时模模糊糊地指的是加速度。你能分别举出这样的例子吗？

从 $v-t$ 图像看加速度

$v-t$ 图像反映的是物体的速度随时间变化的情况。你认为由 $v-t$ 图像能知道物体的加速度吗？

图 1.4-2 中的两条直线 a 、 b 分别是两个物体 A 和 B 运动的 $v-t$ 图像。 E 、 F 两点所表示的时刻和速度分别为 t_1 、 t_2 和 v_1 、 v_2 。从图中可以看出，小三角形的一条直角边代表时



间间隔 Δt ，另一条直角边代表速度的变化量 Δv ， Δv 与 Δt 的比为加速度，其比值为该直线的斜率。因此，由 $v-t$ 图像中图线的倾斜程度可以判断加速度的大小。物体 A 的加速度比物体 B 的大。

生活中做变速运动的物体很多，它们加速度的大小也各不相同，有时差异还很大。下表为一些运动物体的加速度。

表 一些运动物体的加速度（近似值）

运动物体	$a/(\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$	运动物体	$a/(\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$
子弹在枪筒中	5×10^4	赛车起步	4.5
跳伞者着陆	-25	汽车起步	2
汽车急刹车	-5	高铁起步	0.35

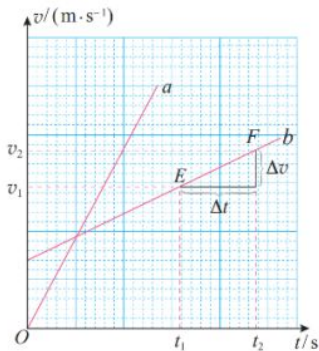


图 1.4-2 从 $v-t$ 图像看物体的加速度



科学漫步

变化率

番茄在成熟的过程中，它的大小、含糖量等会随时间变化；树木在成长过程中，它的高度、树干的直径会随时间变化；河流、湖泊的水位会随时间变化；某种商品的价格会随时间变化；我国的人口生育量也会随时间变化……这些变化，有时快、有时慢。描述变化快慢的量就是变化率。

自然界中某量 D 的变化可以记为 ΔD ，发生这个变化所用的时间间隔可以记为 Δt ；当 Δt 极小时，变化量 ΔD 与 Δt 之比就是这个量对时间的变化率，简称变化率。显然，变化率在描述各种变化过程时起着非常重要的作用，速度和加速度就是两个很好的例子。

生活中还有哪些实例与变化率相关？例如飞机起飞时，在同样的时间间隔内，飞机的位移不断增大（图 1.4-3）。

某个量大，不表示它的变化率大。速度大，加速度不一定大。例如匀速飞行的高空侦察机，尽管它的速度可能接近 $1\,000\text{ m/s}$ ，但它的加速度为 0。相反，速度小，加速度也可以很大。例如枪筒里的子弹，在开始运动时，尽管子弹的速度接近 0，但它的加速度可以达到 $5 \times 10^4\text{ m/s}^2$ 。



图 1.4-3 在同一底片上相隔同样时间多次曝光“拍摄”的飞机起飞时的照片（合成照片）

交通工具与社会发展

人类自发明木轮车(图1.4-4)直到制成时速500 km/h的磁悬浮列车,以及超音速飞机,为了获得高速交通工具,奋斗了几千年。从某种意义上说,在人类发明的各种机械中,交通工具最深刻地改变了我们的生活。我们所用的物品,几乎没有一件不是由铁路或公路运输而来的。不难想象,如果没有了火车和汽车,现代社会将会瘫痪。



图1.4-4 公元前2 000年印度河谷哈拉巴人所用的车辆的泥塑模型

从世界各国的城市发展史上看,大城市规模的大小与车速的提高密切相关。大城市的直径一般就是当时最快的交通工具在1 h内走行的距离。以北京为例,清朝末年北京的“内城”大约是一个边长5 km的正方形,马车的速度大约就是5 km/h;今天,有了发达的公路系统,有了快速轨道交通,汽车、城铁的速度大约是几十千米每时,北京城区的直径也扩大到了几十千米。

城市中的车速不能无限提高,城市的规模也就不能无限扩大。“摊大饼”式的城市规划可能带来以交通问题为主的许多矛盾。目前许多人认为,合理的发展模式是建立中心市区与卫星城组成的城市群。

运兵工具和武器运载工具的发展改变了战争的面貌。现代战争的“战场”已经与过去的意义完全不同。相距几千千米、几万千米的敌对力量之间很短时间内就能爆发大规模战争。空中打击的力量大大加强,过去的一些战术方法已经不再适用。由于车辆的使用,部队的机动性大大提高,速战速决的战争理论有所发展。

交通网络的形成大大缩短了不同地域的时空距离,促进了国与国、民族与民族之间的物资交流和人员往来。贸易上的互补,可以优化物质资源和人力资源的配置,促进世界经济的发展。不同文化的交融进一步促进了社会的进步。

然而,大量汽车带来了交通堵塞、频繁的事故、能源的过度消耗、尾气与噪声污染等一系列社会问题。这些不仅妨碍了人们的工作和生活,而且制约着社会经济的进一步发展。

如何处理这些矛盾,一直是人们努力探索的课题。随着可持续发展战略的实施,人们对发展交通的意义有了新的认识,采取了许多有效的措施。例如,研制各种绿色汽车(使用压缩天然气或液化石油气的汽车、太阳能车、电动车……),对现有汽车的使用在时间和道路上进行限制,根据城市规模发展地上、地下快速的立体化交通和轨道交通。

讨论:交通工具的速度是不是越快越好?

1. 小型轿车从静止开始加速到 100 km/h 所用的最短时间, 是反映汽车性能的重要参数。A、B、C 三种型号的轿车实测的结果分别为 11.3 s 、 13.2 s 、 15.5 s , 分别计算它们在测试时的加速度有多大。

2. 有没有符合下列说法的实例? 若有, 请举例。

A. 物体运动的加速度等于 0 , 而速度却不等于 0 ;

B. 两物体相比, 一个物体的速度变化量比较大, 而加速度却比较小;

C. 物体具有向东的加速度, 而速度的方向却向西;

D. 物体做直线运动, 后一阶段的加速度比前一阶段小, 但速度却比前一阶段大。

3. 以下描述了四个不同的运动过程。

A. 一架超音速飞机以 500 m/s 的速度在天空沿直线匀速飞行了 10 s ;

B. 一辆自行车以 3 m/s 的速度从某一陡坡的顶端加速冲下, 经过 3 s 到达坡路底端时, 速度变为 12 m/s ;

C. 一只蜗牛由静止开始爬行, 经过 0.2 s , 获得了 0.002 m/s 的速度 (图 1.4-5);

D. 一列动车在离开车站加速行驶中, 用了 100 s 使速度由 72 km/h 增加到 144 km/h 。

(1) 以上四个运动过程, 哪个过程速度最大? 请按速度的数值把它们由大到小排列。

(2) 以上四个运动过程, 哪个过程速度的变化量最大? 请按速度变化量的数值把它们由大到小排列。

(3) 以上四个运动过程, 哪个过程加速度最大? 请按加速度的数值把它们由大到小排列。

4. 一个物体在水平面上向东运动, 某时刻速度大小为 20 m/s , 然后开始减速, 2 min 后该物体的速度减小为 0 。求物体的加速度大小及方向。

5. 图 1.4-6 中的三条直线 a 、 b 、 c 描述了 A、B、C 三个物体的运动。先初步判断一下哪个物体的加速度最大, 再根据图中的数据计算它们的加速度, 并说明加速度的方向。

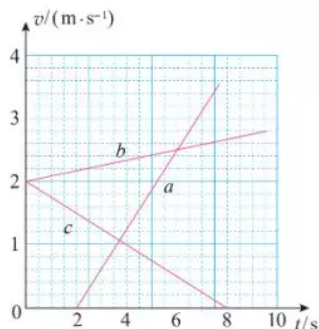


图 1.4-6

图 1.4-5

