# 18．什么是联系力与运动的桥梁？

有一种说法，认为加速度是联系力与运动的桥梁。这种说法值得商榷，加速度本身是运动学的量，它描述的是物体速度变化的快慢和方向。单纯描述物体的运动规律的部分称为运动学。力是物体间的相互作用，是改变物体运动状态的原因。联系力与运动的是牛顿第二定律，写成公式是 *F* = *ma*，加速度 *a* 和合外力 *F* 是架在两岸的“桥头堡”。

在热学中，常把阿伏伽德罗常量称为联系宏观量与微观量的桥梁，这是因为，阿伏伽德罗常量 *N*A = 6.022×1023 mol−1，表示 1 mol 任何物质都含有 6.022×1023 个微观粒子。这里mol（摩尔）是宏观量，6.022×1023 是它含有的微观粒子的数目。利用阿伏伽德罗常量我们可以根据物体的体积、质量等宏观量计算出相应的一个微粒的体积、质量等微观量。

但什么是联系力与运动的桥梁呢？

## 一、牛顿第二定律是联系力与运动的桥梁

加速度是纯运动学量，它描述的是速度变化的快慢和方向，即速度（随时间）的变化率。纯运动学完全不涉及力，因此不要求必须选择惯性参考系。力是物体间的相互作用，是改变物体运动状态的原因。涉及物体的相互作用，即力的作用的问题，称为动力学问题，讨论动力学问题，必须选择惯性参考系。

“桥梁”一说，是一个比喻。最早的桥梁是架在河流两边的，架设桥梁的目的是便于分居于两岸的人员往来。桥梁一般架设在河流较狭窄、方便架设之处。例如，我国第一座跨长江的大桥就架设在汉阳龟山和武昌蛇山之间。两岸桥头处往往各有一处桥头堡。

牛顿第二定律用公式 *F* = *ma* 表示，等式左边是物体受到的合外力 *F*，右边是质量 *m*与加速度 *a* 的乘积，其中加速度 *a* 是运动学的量。如果把牛顿第二定律比喻为联系力与运动的桥梁，那么等式中左边的“*F*”及右边的“*a*”就是两座桥头堡。我们形象地画一幅示意图，如图 1 所示。河左岸居住着“力”的家族，包括引力、重力、弹力、摩擦力……桥头则是“合力”的居所；河右岸居住着运动学的家族，包括位置、位移、速度、加速度……加速度居住在桥头。在两岸之间架设起一座桥梁，把两边的桥头堡连接起来，这就是牛顿第二定律。

图 1 牛顿第二定律是联系力与运动的“桥梁”

*v*

Δ*r*

*r*

*F*重

*F*摩

*F*引

*F*弹

……

……

*a*

*F*

= *m*

## 二、动力学两类问题及解决问题的思路

动力学问题可分为两类：一类是已知力求运动，即已知物体的受力情况，求解有关运动的物理量，例如，求速度、位移，等等；另一类是已知运动求力，即已知物体的运动规律，求解物体受到的某个或某几个力。求解这两类问题的基本思路如图 2 所示。

已知物体的受力情况

求合外力

求加速度

求解其他运动学量

运用牛顿

第二定律

已知物体的运动情况

求加速度

求合外力

求解受到的具体外力

运用牛顿

第二定律

图 2 求解动力学问题的基本思路

也可以用可逆的双向箭头表示，如图 3 所示。

物体的受力情况

牛顿第二定律

*F* = *ma*

合外力 *F*

加速度 *a*

其他运动学量

图 3 可逆的思路图示

不难看出，牛顿第二定律总是处于核心位置。牛顿第二定律把力与物体运动状态的变化率直接联系起来，而不是把力与运动状态联系起来，即与力直接联系的是加速度，而不是速度。对学生而言，这与未学习物理前的传统思维是相异的，因此成为学生学习中的一大难点。我们强调牛顿第二定律是联系力与运动的桥梁，就是要强化“合外力”与“加速度”直接联系的思想。下面列举两个大多数学生在初学阶段容易犯错的例题：

**例 1** 一个静止的物体受到一个大小不变、方向向东的力的作用，历时 1 s，而后力的方向变为向西，大小不变；再过 1 s，力的方向又变为向东，大小仍不变……第 100 s 时间段内，物体向哪个方向运动？

本题的命题者有意诱导学生犯错误：第 100 s 时间段内，物体受力的方向向西，因此它向西运动。得出这样的错误结论就是因为把“力”与“运动状态”直接联系，即把“力”与“速度”直接联系而造成的。正确的答案是：向东运动。物体第 1 s 内受力方向向东，即向东加速运动，第 2 s 内受力方向向西，则加速度向西，运动方向仍向东，只是做减速运动……任何时间段内物体都在向东运动，从没有向西运动过。

**例 2** 如图 4 所示，一个可以被压缩的弹簧竖直立在水平地面上，一个直径稍大于弹簧直径的金属球从它的正上方下落，正好嵌入弹簧中。从金属球与弹簧上端接触到弹簧被压缩至最短的过程中，重球向下的位移、速度和加速度这三个物理量，都有一段时间在增加，按增加的时间长短排序是怎样的？

图 4 重球压缩弹簧

本题的命题者在有意强调弹簧从原长开始被压缩，直到被压缩至最短，弹簧的弹力则从零开始逐渐变大，直到变至最大。但与加速度相联系的是合力而不是某一个力，因此正确的分析过程是：重球始终受重力，方向竖直向下，接触弹簧后，又受到弹簧向上的弹力作用。这里重力是恒力，而弹簧弹力是从零开始逐渐变大的变力。可以把整个过程分成两段。第一段，弹簧弹力小于重力，合力方向向下，即从合力最大（等于重力）逐渐减小至零，这段过程中，速度方向向下，加速度方向也向下，处于加速运动的过程，但加速度从 *g* 逐渐减小到零。第二段从弹簧弹力大小等于重力时开始，直到被压缩至最短为止，这个过程中速度方向仍然向下，但加速度方向向上，重球做加速度逐渐增大的减速运动。就是说，第一阶段速度增大而加速度减小，第二阶段速度减小而加速度逐渐增大。两段过程向下的位移都不断增大。

那么，第一段所经历的时间与第二段所经历的时间相比较，哪段时间较长呢？这就必须要做进一步的思考。重球从与弹簧接触开始直到弹簧被压缩到最短的过程中，重球与弹簧组成一个沿竖直方向振动的弹簧振子，其速度随时间按正弦规律变化，如图 5 所示是它的速度随时间变化的示意图，其中 *v*0 为重球接触弹簧时的初速度，*t*1 是弹簧弹力与重力相等的时刻，此时刻速度达到最大值 *v*m。此后是第二阶段，再经过相等的时间，即 2*t*1 时刻，重球的速度恢复为 *v*0。至 *t*2 时刻，速度减为零，弹簧被压缩到最短的位置。这不难看出，第二阶段所经历的时间（*t*2 – *t*1）大于第一阶段所经历的时间（*t*1）。由此得到结论是：向下的位移增加的时间最长，其次是加速度增加的时间，速度增加的时间最短。

*t*

*O*

*t*1

2*t*1

*t*2

*v*0

*v*m

*v*

图 5 重球的 *v* – *t* 图像

以上两个例题说明，即使在不需要定量计算的动力学问题中，牛顿第二定律也是必须用到的，解决这类问题的思考顺序仍是分析物体受到的外力→合外力→加速度→速度、位移等运动学量。