# 第四章 4 力学单位制

## 问题

计量一头大象的质量时常用吨（t）做单位，但在计量人的质量时却用千克（kg）做单位。自由落体加速度*g*的单位是米每二次方秒（m/s2），在初中学习时，*g*的单位曾用牛顿每千克（N/kg）。这些单位的使用有什么规则吗？



## 基本单位

由位移和时间求速度时，所用的关系式为

*v* =

如果位移的单位用米（m），时间的单位用秒（s），得出的速度单位就是米每秒（m/s）。

已知速度的变化量和发生这个变化所用的时间，要求加速度时，所用的关系式为

*a* =

如果速度的单位用米每秒（m/s），时间的单位用秒（s），得出的加速度的单位就是米每二次方秒（m/s2）。

由此可见，物理学的关系式在确定了物理量之间的关系时，也确定了物理量的单位之间的关系。

在物理学中，只要选定几个物理量的单位，就能够利用物理量之间的关系推导出其他物理量的单位。这些被选定的物理量叫作**基本量**，它们相应的单位叫作**基本单位**。

在上面的例子中，长度、时间就是基本量，它们相应的单位（米、秒）就是基本单位。由基本量根据物理关系推导出来的其他物理量叫作**导出量**，推导出来的相应单位叫作**导出单位**，例如速度、加速度的单位。

物理量具有明确的定义和物理意义，可以用不同的方法测量，测量的结果用数值和相应的单位来表示。

基本单位和导出单位一起就组成了一个**单位制**（system of units）。

## 国际单位制

如果采用不同的物理量作为基本量，或者虽然采用相同的基本量，但采用的基本单位不同，导出单位自然随之不同，从而产生不同的单位制。不同的地区使用不同的单位制，不方便交流。1960年第11届国际计量大会制订了一种国际通用的、包括一切计量领域的单位制，叫作**国际单位制**（Le Système International d′Unités，法文），简称SI。

在力学范围内，规定长度、质量、时间为三个基本量，对热学、电磁学、光学等学科，除了上述三个基本量和相应的基本单位外，还要加上另外四个基本量和它们的基本单位，才能导出其他物理量的单位。

表 国际单位制的基本单位

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 物理量名称 | 物理量符号 | 单位名称 | 单位符号 |
| 长度 | *l* | 米 | m |
| 质量 | *m* | 千克（公斤） | kg |
| 时间 | *t* | 秒 | s |
| 电流 | *I* | 安 [ 培 ][[1]](#footnote-1) | A |
| 热力学温度 | *T* | 开 [ 尔文 ] | K |
| 物质的量 | *n*，（*v*） | 摩 [ 尔 ] | mol |
| 发光强度 | *I*，（*I*v） | 坎 [ 德拉 ] | cd |

### 【例题】

光滑水平桌面上有一个静止的物体，质量是700 g，在1.4 N的水平恒力作用下开始运动（图4.4–1）。那么，5 s末物体的速度是多少？ 5 s内它的位移是多少？

图4.4–1

*F*

*x*

*O*

**分析** 由于物体在竖直方向上所受的重力与桌面的支持力平衡，水平方向上的作用力为恒力，所以物体沿水平方向做初速度为0的匀加速直线运动。

由牛顿第二定律求出物体的加速度，再根据匀变速直线运动的速度与时间的关系式、位移与时间的关系式，就可以求出速度和位移。

在国际单位制中运用牛顿第二定律*F* = *ma*时，质量的单位必须用千克（kg），所以需要对质量的单位进行换算。

**解** 以静止的物体为研究对象。物体的质量*m* = 700 g = 0.7 kg。

根据牛顿第二定律，有

*a* = = = 2 N/kg = 2 m/s2

初速度*v*0 = 0，根据匀加速直线运动的速度与时间关系式，有

*v* = *at* = 2 m/s2×5 s = 10 m/s

根据匀变速直线运动的位移与时间关系式，有

*x* = *at*2 = ×2 m/s2×25 s2 = 25 m

5 s末物体的速度是10 m/s，方向与恒力的方向相同；5 s内它的位移是25 m，方向与运动方向相同。

我们看到，题中的已知量的单位都用国际单位制表示时，计算的结果也是用国际单位制表示的。既然如此，在统一已知量的单位后，计算过程中就不必写出各量后面的单位，只在数字计算式后面写出正确的单位就可以了。这样，上面的计算过程就可以写成

*a* = = m/s2 = 2 m/s2

*v* = *at* = 2×5 m/s = 10 m/s

*x* = *at*2 = ×2×25 m = 25 m

## 思考与讨论

小刚在课余制作中需要计算圆锥的体积，他从一本书中查得圆锥体积的计算公式为*V* = π*R*3*h*。小红说，从单位关系上看，这个公式肯定是错误的。她的根据是什么？

*R*

*h*

图4.4–2 圆锥的高度 *h* 和底面半径 *R*

## 拓展学习

**基本单位的定义**

**秒的定义** 铯-133原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的9 192 631 770个周期的持续时间为1 s。现在测量时间的最精准仪器是原子钟。图4.4–3为某原子钟的照片。

图4.4–3 原子钟

**米的定义** 米是光在真空中s时间间隔所经路径的长度。

以上米的定义是1960年国际计量大会上批准的。

**千克的定义** 国际千克原器的质量为1 kg。

国际千克原器是1889年第一届国际计量大会批准制造的，它是一个用铂铱合金制成的圆柱体，高度和直径均为39 mm。原型保存在巴黎国际计量局。

2018年11月16日，第26届国际计量大会决定，千克由普朗克常量*h*及米和秒定义。即

1 kg =

该决定将于2019年5月20日起生效。此次标准实施后，SI单位中的7个基本单位将全部建立在不变的自然常数基础上，保证了SI单位的长期稳定性和通用性。

## 练习与应用

1．一辆速度为 4 m/s 的自行车，在水平公路上匀减速地滑行 40 m 后停止。如果自行车和人的总质量是 100 kg，自行车受到的阻力是多少？

**参考解答**：20 N

2．一辆以 10 m/s 的速度行驶的汽车，刹车后经2 s停下来。已知汽车的质量为 4 t，汽车所受的阻力是多少？

**参考解答**：2×104 N

3．一艘在太空飞行的宇宙飞船，开动推进器后，受到的推力是 900 N，开动 3 s 的时间，速度增加了 0.9 m/s，飞船的质量是多少？

**参考解答**：3×103 kg

4．一辆质量是 2 t 的汽车，在水平公路上以 54 km/h 的速度匀速行驶。根据测试，这辆车在这种路面上紧急刹车时，汽车所受的制动力为 1.2×104 N。汽车要滑行多远的距离才能停下来？

**参考解答**：18.75 m

5．在初中已经学过，如果一个物体在力 *F* 的作用下沿着力的方向移动了一段距离 *l*，这个力对物体做的功 *W* = *Fl*。我们还学过，功的单位是焦耳（J）。请由此导出焦耳与基本单位米（m）、千克（kg）、秒（s）之间的关系。

**参考解答**：根据 *W* = *Fl*，有1 J = 1 N×1 m = 1 kg×1 m·s−2×1 m = 1 kg·m2·s−2

# 第 4 节 力学单位制 教学参考

## 1．教学目标

（1）了解什么是单位制，知道力学中的几个基本量：质量（*m*）、长度（*l*）、时间（*t*）以及它们的基本单位：千克（kg）、米（m）、秒（s）。

（2）知道力学中除长度、质量、时间以外物理量的单位都是根据物理量之间的关系从基本单位中推导出来的导出单位。

（3）知道国际单位制，能够根据物理量的定义或者物理关系来推导其他物理量的单位，能够认识到统一单位的重要性和必要性，了解单位制能促进世界科技、文化交流。

（4）了解单位制在物理学中的重要意义，能在运算过程中规范使用物理单位。

## 2．教材分析与教学建议

本节以为什么同一物理量可能采用不同单位来计量的问题引发学生对单位制的思考，接着结合学生熟悉的速度和加速度的定义介绍基本量、基本单位、导出单位、单位制等概念，然后通过介绍国际单位制，帮助学生形成对单位制系统、全面的认识，最后通过例题来示范对单位的规范准确使用。

力学单位制对于帮助学生认识不同单位之间的关系、准确使用和表示单位有着重要作用。学生在初中阶段对物理单位更多的是感性认识，比如对牛顿、帕斯卡、安培、伏特、焦耳、瓦特等单位的规定，学生并不容易理解。在本节，通过力学单位制的学习，帮助学生体会物理量单位的命名和使用规则，体会到进行单位规定的合理性和方便性。

本节的教学重点是基本单位和导出单位。这是因为，只有理解了什么是基本单位，基本单位有哪些，什么是导出单位，导出单位与基本单位是什么关系，学生才能对所学的单位形成全面、清晰的认识，才能准确使用和规范表达单位。学生经历初中的学习，在使用单位进行运算和表达形成了习惯，在经过本节的学习后将耍使用更加便捷的表达方式，需要教师进行引导。

### （1）问题引入

在本节以质量的计量和重力加速度 *g* 可能使用不同的单位提出问题，引发学生对单位的思考，是一种激发学生带着思考阅读和学习的有效方式。

在下面的教学片段中，采用了另一种故事导入方式在课堂上进行引入。

**教学片段**

**卫星失联的秘密**

教师介绍故事：1998 年 2 月，美国宇航局发射了一枚探测火星气象的卫星，预定于 1999 年 9 月 23 日抵达火星。然而研究人员惊讶地发现，卫星没有进入预定的轨道，却陷入了火星大气层，很快就烟消云散了。美国宇航局的官员经过紧急调查，发现问题居然出在有些资料的计量单位没有把英制转换成国际单位制。造成的损失有多大呢？单单卫星的造价就高达 1.25 亿美元。如果有统一的度量衡计量单位制，这样的损失本是可以避免的。

教师提出问题：单位的不统一会造成什么样的困难？

学生讨论交流。

教师总结：单位的统一有利于不同国家和地区之间进行文化交流和经贸往来，可以促进科学文化尽快地发展，使全球人类能够共享文明进步的成果。

该教学片段通过历史事实导入新课，具有真实、可靠、生动、有趣的特点，能有效吸引学生的注意力，有效引导学生认识到单位制的重要性和单位统一的必要性。

### （2）基本单位 国际单位制

在这一部分的教学中，教科书通过联系学生熟悉的物理量和单位来说明基本量、基本单位、导出单位等概念，教师可以通过问题引导学生阅读课文，进行分享、交流和总结，培养学生的交流、分享和表达能力。力学中的基本量有长度、质量和时间，它们的单位分别是米、千克和秒。通过学生的举例和推导明确加速度、速度、密度、压强、功、功率等物理量的单位都是导出单位。

国际单位制的使用和建立，不仅方便了国际的交流，也逐渐成为科学研究中的一种规范。教师应该要求学生注意学习、逐步习惯，在记录、表达和计算中规范使用。

在这一部分教师还可以通过补充国际单位制的建立过程进行教学。以下教学片段反映了教师在课堂上如何引导学生建立基本量、基本单位、导出单位这些概念，如何引导学生理解建立国际单位制的必要性。

**教学片段**

**基本单位和国际单位制的建立**

教师引导学生回忆一下学习过的物理量及其单位。并提出问题：这些单位之间是互相独立的，还是彼此之间存在着某些关联？

学生在寻找关系和排序的过程中会发现，有一部分物理量及单位是相互独立的，例如时间（s）、长度（m）、质量（kg）。其他几个单位可以通过前面几个相互独立的单位由公式推导得到，例如体积（m3）、密度（kg/m3）、速度（m/s）、加速度（m/s2）、力（N）、功（J）、功率（W）。

在学生有了这种感受和体验后，教师和学生一起建立基本量、基本单位、导出单位的概念，也就自然地建立了单位制的概念。然后提出问题：同一个物理量可以有不同的单位，比如长度单位，你知道的长度单位有哪些？

学生回答出长度的单位包括尺、寸、英尺、英寸、厘米、分米、公里、英里等。

教师从学生的生活出发，通过寻找同一个物理量的不同单位，引导学生举例说明生活中还有什么常用的单位，或同一个物理量还存在的其他单位，以此引发学生的发散思维，让学生感受到单位是人为定义的。在讨论和交流中引导学生发现有制定标准的需要，即为什么要统一单位，由此自然地引出“国际单位制”。最后提出问题：如何统一单位？国际单位制中有哪些基本单位呢？国际单位制是怎么建立的？

学生阅读教科书，通过这部分内容的学习，感受到统一单位制的意义。学生再以学习小组为单位收集信息，探究国际单位制的沿革历史。通过自主搜索后发现，知识结构的建立并非一朝一夕就完成的，而是随着人们认识的发展和生活的需要慢慢建构的。

### （3）例题分析

本节例题设置的主要目的是让学生学会在计算过程中规范使用单位，并进行规范简洁的表达。

通过例题的学习，学生应该体会到在计算过程中如果各已知量都采用国际单位制，那么计算结果也必然是国际单位制，因此可以提出在以后的物理运算过程中单位的规范使用方法。

在例题教学后可以组织学生讨论教科书中“思考与讨论”栏目的问题，让学生体会国际单位制在解决问题中的作用，比如用量纲来检验一个表达式是否正确。

## 3．“练习与应用”参考答案与提示

第 1 ~ 4 题练习运用牛顿第二定律和匀变速直线运动规律解决比较简单的实际问题，体会规范单位制在计算中的作用。第 5 题尝试推导导出单位和基本单位之间的关系，理解单位制在物理计算中的作用。

1．20 N

提示：自行车的加速度 *a* = = m/s2 = − 0.2 m/s2。根据牛顿第二定律，自行车受的阻力 *F* = *ma* = 100×（− 0.2）N = − 20 N。负号表示阻力的方向与初速度 *v*0 的方向相反。

2．2×104 N

提示：根据加速度定义式 *a* = 和牛顿第二定律 *F* = *ma*。把 *v*0 = 10 m/s、*v* = 0、*t* = 2 s、*m* = 4 t = 4×103 kg代入公式，联立解得 *F* = − = − = − 2×104 N。负号表示阻力的方向与初速度 *v*0 的方向相反。

3．3×103 kg

提示：根据加速度定义式 *a* = 解得 *a* = m/s2 = 0.3 m/s2。根据牛顿第二定律 *F* = *ma* 解得 *m* = = = 3×103 kg。

4．18.75 m

提示：汽车质量 *m* = 2 t = 2×103 kg，根据牛顿第二定律，汽车刹车的加速度 *a* = = m/s2 = 6 m/s2。汽车初速度 *v* = 54 km/h =15 m/s，根据匀变速直线运动规律，汽车从开始刹车到停止通过的距离 *x* = = = 18.75 m。

5．根据 *W* = *Fl*，有1 J = 1 N×1 m = 1 kg×1 m·s−2×1 m = 1 kg·m2·s−2。

1. 方括号前的字是该单位的中文简称和中文符号，下同。 [↑](#footnote-ref-1)