

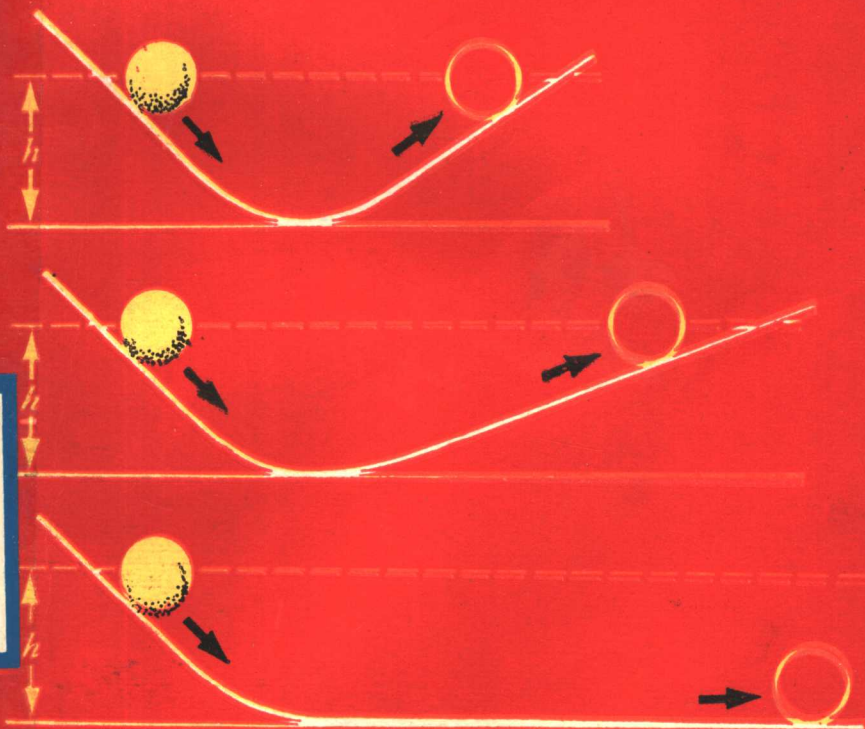


中学生物理
课外读物



运动和力

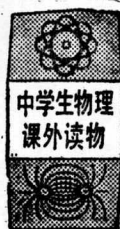
胡百良 贾广善 编著



人民教育出版社

运动和力

胡百良 贾广善 编



人民教育出版社

中学生物理课外读物

运动和力

胡百良 贾广善 编

*

人民教育出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

北京顺义永利印刷厂印装

*

开本787×1092 1/32 印张 2 字数40,000

1989年3月第1版 1989年3月第1次印刷

印数 1-1,500

ISBN 7-107-10298-2

G·1243 定价0.73元

目 录

第一章 牛顿第一定律

- 一 历史的启示..... 2
- 二 惯性定律和惯性..... 5
- 三 这条交通规则有什么科学根据..... 6

第二章 牛顿第二定律

- 一 牛顿第二定律的推论方法..... 11
- 二 验证牛顿第二定律的实验的必要条件..... 15
- 三 验证牛顿第二定律的另一种实验方法..... 18
- 四 这仅仅是因为惯性吗? 20
- 五 矢量正交分解法的应用..... 22

第三章 质量与重力

- 一 质量..... 31
- 二 故事新编..... 33
- 三 天平能称重力吗? 34
- 四 实心铅团在水中一定下沉吗? 36

第四章 隔离法

- 一 将内力转化为外力..... 41

二	隔离法的应用.....	42
---	-------------	----

第五章 单位制

一	“三基色”——米·千克·秒.....	49
二	国际单位制.....	50
三	使用单位制应注意的几个问题.....	53

附 录

一	自测题.....	56
二	自测题参考答案.....	60

第一章 牛顿第一定律

我们已经知道，力学研究的对象是物体的机械运动，即一个物体相对于另一个物体的位置，或者一个物体的某些部分相对于其它部分的位置，随时间而变化的规律。这是自然界物质最基本和最普遍的一种运动形式。力学所要解决的中心课题，是力和运动的关系。力学又分为两个分科：只研究物体怎样运动的规律，而不涉及到为什么会做这样或那样运动原因的部分叫运动学；研究物体运动与力的关系，探索物体做各种不同性质运动的条件的部分叫动力学。我国高中物理现行教材中的力学部分内容，一般的结构是这样的：先初步建立力的概念，包括最基本的几种力——重力、弹力、摩擦力的性质与特点，共点力的合成与分解法则；讨论一种比较简单的直线运动的规律，引入位移、速度、加速度等基本的描述运动的物理量；然后学习牛顿运动定律，初步掌握运动与力的基本规律；在此基础上，综合运用运动学和动力学的基础知识，分析研究一些比较复杂的运动，如曲线运动；进而建立功和能的概念，掌握一些功与能的基本规律；然后，在更高的层次上，综合运用运动学与动力学的基本规律，研究更为复杂的一种运动——振动与波动，从而比较完整地掌握质点运动学与动力学的基础知识和研究方法。这本书，主要是研究有关牛顿第一定律和第二定律方面的内容，这是动力学的基础知识。这一章先讨论第一定律的问题。在研究实际

问题时，常常要综合运用运动学与动力学方面的知识。因此，我们在学习中，要密切注意这两部分知识之间的有机联系，不断提高综合分析问题的能力。

一 历史的启示

从发现运动第一定律的历史回顾中，我们知道人们对于运动和力的关系的认识，是经历了一个很长的曲折过程。亚里士多德（公元前384~322）曾经认为，力是维持物体运动的原因。这种观念曾延续了两千多年，直到十七世纪，才由伽利略（1564~1642）纠正了这种错误的认识，提出了力不是维持物体运动（这里是指匀速运动）的原因，而是改变物体运动状态的原因的科学论断。当同学们对这个问题进行讨论时，有的同学说，虽然书本上讲亚里士多德关于运动和力的认识不正确，但是凭自己生活的直觉，如一辆原来静止的小车，不用力去推，车就不会开始运动；运动后，若不继续用力推，车就会很快停下来，这不是说明力是维持物体运动的原因吗？但是，用力推车，使车从静止到运动，是改变了物体的运动状态；对运动的车停止推力的作用，车会停下来，运动状态发生了变化，还是由于车受到了地面摩擦对阻力作用的缘故；如果不存在阻力和其他作用力，则物体的运动状态将保持不变，此时就无需要加推力来维持它作匀速运动；进一步分析实际生活中，想要使车做匀速运动，即保持其运动状态不变，所以要对车继续施加推力，正是为了要平衡阻力对车的作用。因此，力的作用，并不是和维持物体运动状态不变的事实相联系，而是和物体运动状态改变的事实相联系。对此，你能想得通吗？

通过讨论，大家觉得学习这部分知识，可以得到这样几

点重要的启示：

(1) 人们应该怎样对待自己的生活直觉。科学是反映客观真理的，是以事实为依据的。但是，科学不应该只是生活直觉的简单概括，而应该是本质的抽象。例如，人们根据自己有限的经验，容易觉得万物原来都是静止的。这是由于人们通常把地球看成是不动的缘故。事实上，地球以致太阳都是在运动的，宇宙间静止是相对的，运动才是绝对的。又如我们的前人，曾根据在空气中观察到的落体运动现象，就得出物体下落的快慢，是由它受的重力决定的错误结论。其实在真空中，受重力不同的物体做自由落体运动的情况是相同的。从人们对运动和力的关系的认识过程中，再次说明，根据生活经验直接得到的结论，不一定是可靠的，感觉不能代替科学的抽象。

(2) 科学推理的重要性。在现实生活里，运动物体不受阻力作用的情形是不存在的。伽利略又是怎样处理这个“难题”的呢？他在这里，采用了一个理想实验的思维方法。如一些课本上所介绍的那样（图1-1），把两个斜面按图1-1甲那样对接起来，让原来静止的小球沿一个斜面滚下来，如果没有摩擦，小球将上升到原来静止时的高度；若减小第二个斜面的倾角（图1-1乙），小球仍要达到原来的高度，但要

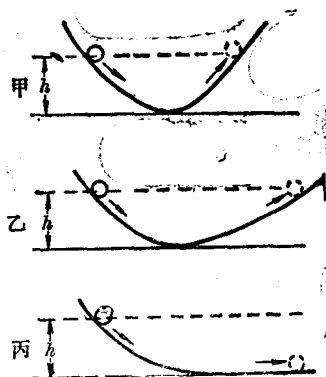


图 1-1

通过更长的距离；若再减小第二个斜面的倾角，最后使其呈水平状态（图1-1丙），则小球不可能达到原来的高度，就要沿着水平面以恒定的速度持续运动下去。这个实验，虽然是设想的，是无法实践的，但是它又是以可靠的事实为基础的，使人们信服地接受由此理想实验所“证实”的结论。这使我们认识到，人们认识自然，要靠实践，但是实践只有与科学的思维相结合，才能得出科学的结论。在人们探索自然奥秘的过程中，科学的推理和科学的实验是同样重要的。伽利略的理想实验，正是一种科学推理的方法，不但为我们发现了真理，而且还启示我们怎样去发现真理。著名的物理学家爱因斯坦（1879~1955）曾说过：“伽利略的发现以及他所应用的科学推理方法，是人类思想史上最伟大的成就之一”，其“科学的贡献就在于毁灭直觉的观点而用新的观点来代替它”。这确实是伽利略给我们留下的比他所得的结论更为宝贵的精神财富。

（3）怎样正确对待前人的结论。人类的科学文化知识，有很强的继承性。我们的祖先，以他们长期卓越的探索，为我们创建了光辉灿烂的科学知识宝库。无疑，这是我们后人继续前进的起点。然而，前人所得的结论，又要继续受到后人实践的检验。在历史上，后人推翻前人的结论，后人发展前人的理论的情况是屡见不鲜的。因为人们对客观规律的认识，总要受到当时历史条件的限制，随着人们实践活动的发展，认识不断深化，这也表现为对前人认识的修正和发展。所以，同学们从小就应该树立起这样一种观点：一个结论是否正确，决不仅仅是因为书上写了，教师讲了，或是某个权威人士说了，而是经住了实践的检验，我们在学习它

们时，又经过自己的思考和检验，认识到它确实符合实际，这才是真正的科学继承。

二 惯性定律和惯性

牛顿在伽利略等人研究的基础上，进一步系统地研究并总结出了三条著名的运动定律，即牛顿运动三定律，构成了经典力学的基础。其中第一定律的内容就是：一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态，直到有外力迫使它改变这种状态为止。第一运动定律同时表明了一切物体都具有一种保持原来的运动状态不变的性质，这种性质就叫做惯性。因此，牛顿第一定律又叫做惯性定律。这部分内容，看起来不难，但在学习过程中，同学们还常常会产生一些模糊的认识，所以要特别注意以下几个问题：

(1) 不要把惯性定律和惯性两者完全等同起来。惯性定律是反映了物体在不受到外力的作用的条件下，能保持其运动状态不改变的自然规律，这就是说，物体要在实际上保持匀速直线运动状态或静止状态，是有条件的，这条件就是不受外力的作用，或所受外力的合力为零。而惯性是反映了物体具有保持运动状态不变的一种性质，这是无条件的，只要是物体，就必定具有这种性质，所以惯性是一切物体具有的共同属性之一。惯性定律与惯性有密切联系，但又要加以区别。

(2) 第一定律的叙述中，在匀速直线运动状态与静止状态之间，是用了一个“或”字，而不是“和”字，这是为什么？这里有两点要注意理解的：一是作为一个物体，在这两种运动状态中，对固定的参照物在实际上只能处于其中之一，而不可能两种状态同时存在，物体到底保持什么运动状

态，要视其原来处于什么状态而定；二是惯性是物体固有的属性，不论是运动的物体，还是静止的物体，都具有惯性。例如原来静止的物体，若不受到力的作用，它就会保持其静止的状态，这说明静止物体有惯性；而运动的物体，只有当受到外力作用时，它的运动速度才会发生改变，这同样说明了运动物体也具有惯性。因此，惯性是物体本身的一种属性，是与物体的运动状态无关的。其实，静止状态可以看成是一种特殊的运动状态，即速度保持为零，所以惯性也可以理解为物体保持原来运动速度不变的一种性质。

(3) 物体的惯性能否被“克服”？有的同学认为，不受外力作用时，物体能保持运动状态不改变，这时物体有惯性，当物体受到外力作用时，物体就不能再保持其运动状态不变了，这时物体就没有惯性了，或叫惯性被外力克服了。其实，惯性是物体的属性，是不可被克服的。在这里，惯性的存在，正表现在物体只有不断受到外力的作用，它的运动状态才能继续发生改变，什么时候停止外力的作用，物体就从什么时候开始保持这时候所处的运动状态不变。所以，物体惯性的存在，是与物体处于运动还是静止状态，是做匀速运动还是变速运动，是受到外力作用还是不受外力作用等因素无关的。

三 这条交通规则有什么科学根据

在我国的城市交通规则里，有这样一项规定：机动车驾驶员驾驶车辆，遇道路宽阔、空闲、视线很好，又没有限制速度的标志时，为了保障交通安全，小型汽车最高时速为50千米/小时，并且还规定了两车间的距离，至少要保持20米。

这条规定有什么科学根据？这可以从两个方面去分析：一是由于物体具有惯性，原来运动的汽车要保持其原来的运

动状态不变，所以遇到紧急刹车后，车轮虽已停止转动，但汽车整体还要向前运动，由于地面的摩擦作用，汽车要滑行一段距离后才能停下来。

第二个问题是紧急刹车后，汽车滑行的距离与那些因素有关？有的同学认为，滑行的距离与汽车原来运动的速度有关。理由是汽车速度越大，它的惯性就越大，所以紧急刹车后滑行的距离就越长。这样的回答只能说对了一半。刹车后的滑行距离与原来的车速有关，这是对的，但是不能说汽车的速度大，惯性就大。因为物体的惯性是物体本身的属性，质量是惯性的量度，而在物体的运动速度远比光速小的情况下（一般的机械运动均属这种情况），物体的质量可视为与运动速度无关，所以对同一辆汽车而言，其惯性是一定的。

这个问题的正确回答，应该是综合运用前后的知识，设汽车的质量为 m ，刹车前车速为 v_0 ，车轮与地面之间的滑动摩擦系数为 μ ，则摩擦力

$$f = \mu mg \quad (1)$$

由摩擦力产生的加速度

$$a = \frac{f}{m} \quad (2)$$

刹车后汽车做匀减速直线运动，末速度 $v_t = 0$ ，由 $v_t^2 = v_0^2 - 2as$ 可知，

$$s = \frac{v_0^2}{2a} \quad (3)$$

综合可得汽车滑行距离

$$s = \frac{v_0^2}{2\mu g} \quad (4)$$

由(4)式可知滑行距离与原速度 v_0 的平方成正比,与滑动摩擦系数 μ 成反比。现在 $v_0 = 50$ 千米/小时 $= 14$ 米/秒, $g = 10$ 米/秒², 查阅有关资料可知橡皮轮胎与干路面间的滑动摩擦系数 $\mu = 0.71$ 。代入(4)式可得:

$$s = \frac{v_0^2}{2\mu g} = \frac{14^2}{2 \times 0.71 \times 10} = 13.8 \text{ (米)}$$

考虑到实际路面条件不理想等因素,要有一个安全系数,所以规定了在确定时速的条件下,两车之间的距离至少要保持20米,这就完全可以理解了。

现在让我们进一步来讨论,汽车刹车后的滑行距离和原运动速度、汽车的惯性质量之间的关系。从上述讨论所得的

(3)式 $s = \frac{v_0^2}{2\mu g}$ 来看, 滑行距离只与初速度 v_0 以及摩擦系数 μ 有关(g 可视为一恒量),而与汽车本身的质量 m 无关。可是物体的质量是物体惯性的量度,质量大,惯性就大,滑行距离就应该大,这又应该怎样理解呢?这个问题还要从所给的条件来分析。

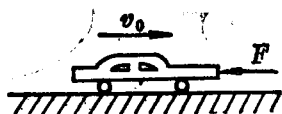


图 1-2

若所给条件是汽车质量为 m , 车轮与地面间的摩擦力不计, 现用一个与运动方向相反的力 F 作用于汽车(图1-2),

则其从施加作用力起到停止运动为止所通过的距离(即滑行距离) s 应该这样计算:

作用力 F 产生的加速度

$$a = \frac{F}{m} \quad (5)$$

由 $v_t^2 = v_0^2 - 2as$, $v_t = 0$, 可得

$$s = \frac{v_0^2}{2a} \quad (6)$$

综合可得

$$s = \frac{v_0^2 m}{2F} \quad (7)$$

从这里可以看到, 若 v_0 与 F 都相同, 则汽车的质量 m 越大 (即惯性越大), 滑行距离 s 就越长; 若 v_0 与 s 都相同, 则 m 越大 (即惯性越大), 所需要的作用力 F 就越大; 若 m 、 F 都相同, 则 v_0 越大, 滑行距离 s 就越长. 这说明汽车的滑行距离, 一般来说, 是和 v_0 、 m 、 F 均有关, 这是符合实际情况的. 例如一辆汽车和一辆自行车, 设它们原来运动速度一样, 要让它们在同样力作用下停下来, 显然汽车的质量大, 所以其滑行距离大. 为此在城市交通规则中还明确规定了, 在同样的路面等条件下, 不同类型的机动车辆最高时速分别为: 小型汽车和摩托车是50千米/小时; 大型货车是40千米/小时; 无轨电车是35千米/小时.

其实 (4) 式是 (7) 式的一个特殊情况: 当阻碍汽车运动的力完全是地面的滑动摩擦力, 即 $F = f = \mu mg$, 则 (7)

式 $s = \frac{v_0^2 m}{2F} = \frac{v_0^2 m}{2\mu mg} = \frac{v_0^2}{2\mu g}$, 在这样的条件下, 出现了滑行距离 s 只与 v_0 、 μ 有关, 而与 m 无关的情况.

通过对这一问题的分析讨论, 再次说明, 只有质量才是物体惯性的量度, 而速度、滑行距离均不是惯性的量度, 它们只能在一定的条件下间接地反映出物体惯性的大小.

同学们在学习物理时, 可以经常联系生活中的各种物理

现象；在进行分析时，注意正确地运用物理原理。经常这样做，你对物理概念和原理，就会学得活，用得活。想想看，你身边还有类似的关于运动和惯性的实例吗？

第二章 牛顿第二定律

一 牛顿第二定律的推论方法

牛顿运动三定律，是英国科学家牛顿（1642—1727），创造性地总结和研究了前人关于力学知识的结晶，构成了动力学的基础。而牛顿第二定律，又有其特别重要的意义，它定量地揭示了加速度、外力和物体质量三者之间的关系。教材是使用实验分析的方法得出牛顿第二定律的。在我们学习各门学科知识的过程中，不仅要理解和掌握前人已经发现的科学结论，更要掌握得出这些结论的科学方法，不断提高自己的学习能力。在这里，着重就牛顿第二定律的得出，做一个分析讨论，希望大家能从中得到一些启示。

（1）怎样处理多因素问题。我们已经知道，力是物体产生加速度的原因，而物体的加速度，不仅与物体所受到的作用力有关，并且还和物体本身的质量有关。因此，就加速度而言，是一个多因素的问题。象这类问题，在物理学中是经常会遇到的。例如在初中学过的，通过某一导体的电流强度，不仅与导体两端的电压有关，而且还与导体本身的电阻有关。研究这类问题的一个基本思想方法，就是在研究与其中某个因素的关系时，必须设法使其余的因素保持不变。因此，牛顿第二定律得出的基本思路是，先使物体的质量一定，改变

外力的大小，得出加速度跟作用力成正比，即 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{F_1}{F_2}$ ，

或 $a \propto \bar{F}$ 的结论. 然后再研究当作用力一定时, 加速度与物体质量的关系, 得出加速度跟质量成反比, 即 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$, 或 $a \propto \frac{1}{m}$ 的结论. 然后再综合起来, 得到物体的加速度跟作用力成正比, 跟物体的质量成反比, 即牛顿第二定律的结论:

$$a \propto \frac{F}{m}, \text{ 或 } F \propto ma.$$

(2) 怎样将比例式变为等式. 这在中学物理教材中是第一次正式提出, 但是, 这也是一个普遍性的问题. 我们通过实验, 通常只能直接得出各个量之间的比例关系. 把比例式变为等式, 都需要乘以一个比例常数. 例如将牛顿第二定律的比例式 $F \propto ma$, 变为等式 $F = kma$, 式中的 k 就是一个比例常数. k 的数值可以等于1, 也可以不等于1, 这要看单位怎样选择.

一种思路是: 在国际单位制中, 质量单位是千克, 加速度单位是米/秒², 我们就采用这样的质量和加速度单位, 根据牛顿第二定律来确定一个新的力的单位, 即规定使质量是1千克的物体, 产生1米/秒²的加速度的力叫1牛顿. 牛顿就是国际单位制中的力的单位. 即

$$1 \text{ 牛顿} = 1 \text{ 千克} \cdot \text{米/秒}^2.$$

此时, $F = kma$ 中的 $k = 1$, 公式就简化为

$$F = ma.$$

由此可见, 由式 $F = kma$, 变为式 $F = ma$ 的前提是必须选择恰当的单位制. 在使用国际单位制时, 质量 m 的单位必须用