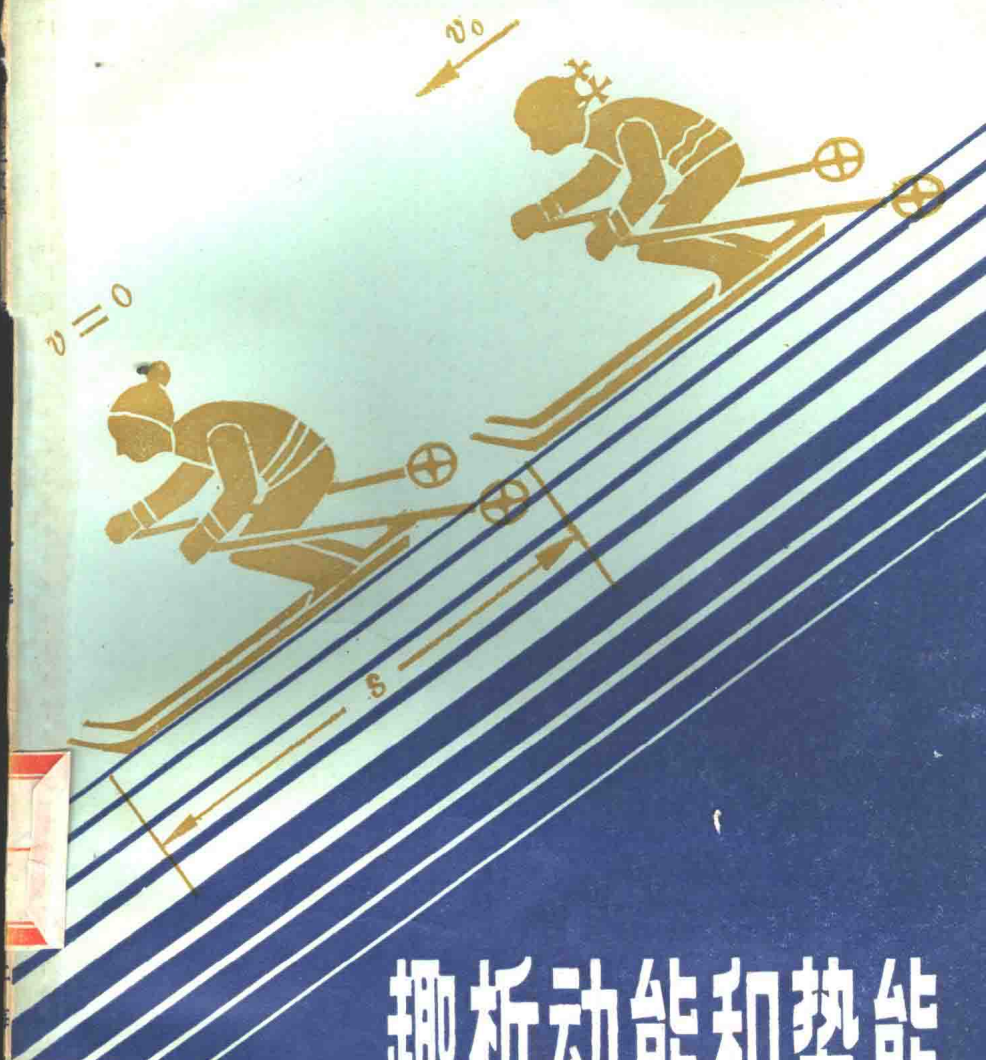




趣析动能和势能

QUXI DONGNENG HE SHINENG

上海教育出版社



趣析动能和势能

动能和势能是机械能的两种形式

王 强 著



中 學 生 文 庫

趣析动能和势能

钱 茂 绪 编著

上 海 教 育 出 版 社

中学生文库 趣析动能和势能

钱茂绪 编著 上海教育出版社出版
(上海永福路 123 号)

江苏宜兴印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/32 印张 2.5 字数 47,000

1985 年 7 月第 1 版 1985 年 8 月第 2 次印刷

印数, 17,301—57,300 本

统一书号: 7150·3426 定价: 0.33 元

前 言

本书的编写意图是帮助学生学好物理学中的一个重要的、关键的部分——动能和势能,激发学习物理的强烈兴趣,养成积极思考问题的良好习惯,提高解决实际问题的能力。

本书从历史发展的眼光介绍了动能和势能概念;针对教材中的重点、难点和关键,以饶有趣味的实例加以展开并适当提高;在剖析基本概念的基础上,进一步探讨了如何在解题中灵活运用的问题;对一些容易混淆的、似是而非的问题,一些学习中常见的错误,根据本人的教学经验作了较详细的讨论。

其中,带“*”的内容,学有余力的学生可以选用。另外,还配有适量的思考题和练习题,供读者参考。

本书编写过程中曾得到束世杰先生的帮助,俞大年先生也提出过修改意见,并与章雪芳、康书明两同志进行了有益的讨论,在此一并表示感谢。

由于本人水平有限,书中缺点、错误在所难免,恳请读者批评指正。

作 者



目 录

ZHONG XUE SHENG WENKU

第一章 能量观念纵横谈	1
一、热闹非凡的世界	1
二、物理学中的一对姐妹	2
1. 姐姐身手不凡	3
2. 妹妹后来居上	4
第二章 你真正理解动能概念吗?	7
一、功和动能	7
1. 联系	7
2. 区别	8
二、动能定理辨异	8
1. 增量并非一定表示增加量	8
2. 内力作功等于零吗?	9
三、辨别“双胞胎”	10
1. 力的两种累积效应	10
2. 弹性碰撞中动能的传递	12
3. “双胞胎”的性格大不相同	13
四、解力学问题的不同方法	15
练习题	26
第三章 “异曲同工”——势能的 奇妙特性	28
一、重力作功, “变”中有“不变”	28

1. 应走哪一条路?	28
2. 汽车上山	28
3. “变”与“不变”	29
4. 重力是“保守”的	30
二、这里存在着势能	32
1. “隐居”的能量	32
2. 零势能是否等于无势能?	33
3. 势能归谁所有?	34
三、势能家属中的另一成员——弹性势能	35
1. 弹力与重力的相似“性格”	35
2. 弹性势能的“个性”	36
四、势能与动能的比较	38
1. 共性与个性	38
2. 外力作功与保守力作功的区别	39
*3. 动能有相对性吗?	40
*4. 势能增量与动能增量的绝对性	43
*5. 一个似是而非的问题	44
第四章 从机械能守恒到能量守恒	46
一、把势能包括到功能关系中去	46
1. 研究对象转向物体系	46
2. 两种思考方法	47
二、重要的机械能守恒定律	49
1. 在什么条件下机械能守恒?	49
2. 这算不算机械能守恒?	51
三、学会运用机械能守恒定律与 功能原理	52
1. 运用机械能守恒定律的思考方法	52

2. 机械能守恒问题的分类·····	53
3. 机械能守恒问题举例·····	56
4. 功能原理的运用·····	58
四、主宰自然界的一条基本定律·····	61
1. 状态量与过程量·····	61
2. 守恒量与它的守恒定律·····	62
3. 能量与物质运动的关系·····	65
4. 质量与能量可以互相转化吗? ·····	66
5. 微观粒子能量的新特点·····	67
练习题·····	68
思考题与练习题答案·····	70

第一章 能量观念纵横谈

一、热闹非凡的世界

长期生活在广寒宫里的嫦娥如果有一天回到地球上亲自来探亲，她一定会感到我们这里的生活太热闹了。你看那汽车、电车、自行车穿梭往来，各式各样的机器昼夜飞转。原野上，火车汽笛长鸣，拖拉机忙个不停。还有那明媚的阳光、滚滚的海浪、怒吼的狂飙……这一切构成了一幅多么生气勃勃的图画！

是什么驱动那汽车、电车在道路上飞奔？是什么驱使那海涛、狂风施展威力？是什么使太阳亿万年来照耀世界，永不熄灭？

是能量。是电能、热能、化学能、机械能、原子能等形形色色的能量。

能量的存在是不容置疑的。当你看到亮光时，就感觉到有光能；当你听到雷鸣时，就感觉到有声能；当你用手触摸到滚烫的热水时，就感觉到有热能；当你看到青蛙的腿在电流刺激下抖动时，就感觉到有电能。

除了生理上能感觉到的能量之外，科学家通过各种仪器，还发现了许多其他形式的能量。不可见的电磁波、原子能等就是这样被人类认识的。

显然，能量对人类的活动中是绝对不可缺少的。一旦能源

发生了问题,人类的生存就要发生危机。因此,能源科学已经成为一门重要的新兴科学。

不管哪一种机器,都必须不断向它提供能量,才能对外作功。能量与作功有着密切的联系,只要一个物体能够作功,我们就说它具有能量。例如风能推动帆船前进,绷紧的弓能把箭射出去,它们都作了功,也都具有能量。这类例子是不胜枚举的。

总之,能量对我们来说并不陌生。我们每时每刻都在与能量打交道。但是,关于能量的确切意义和它的各种特性,却有深入研究的必要。

二、物理学中的一对姐妹

足球比赛中,最扣人心弦的一幕无疑是劲射破门了。从物理的角度分析,射门既可看成是足球受运动员脚的作用而加速运动,然后在阻力作用下减速的过程;也可看成是运动员的脚对球做了功,球的动能增大,然后克服阻力做功的过程。前者要从计算各种力所产生的加速度来求足球的速度;后者则可从各种力所做的功来求足球的速度。同一个物理问题,往往可以从力和能两个角度来讨论。确实,在物理学中,“力”和“能”是一对亲密的姐妹。有趣的是,力还是能量的姐姐呢!早在能量概念形成之前,力的概念已经诞生,并显示出卓越的才能。但是,作为妹妹的能量却比她的姐姐有更多的优点,她似乎受到物理学家们的偏爱。

能量的优点是什么呢?让我们先从力的优点和缺点说起。

1. 姐姐身手不凡

在十七世纪以前，人们对力的认识还很肤浅。公元1642年，一位物理学的伟人——牛顿诞生了。牛顿（1642—1727年）在1665年着手研究物体的运动规律，1687年发表了重要著作，首次提出了三大运动定律和万有引力定律。从此，经典力学成为一个完整的体系。无疑，牛顿是经典力学的奠基人，人们通常把经典力学叫做牛顿力学。

牛顿三大运动定律所研究的，是力和运动的关系。牛顿把力作为力学的最基本的出发点，只要知道了力，通过运动方程，就可求出物体的运动轨迹。牛顿的运动定律使物理学成为一门精确的科学。海王星的发现就是一例。

1781年，英国天文学家赫歇耳发现天王星的运行轨道与计算结果有明显差别，即使考虑了其他已知行星对它的影响，还是不符合实际观测，如图1-1所示。这一发现对牛顿力学提出了严峻的挑战。深信牛顿力学的天文学家亚当斯和勒威耶各自独立地得出结论：

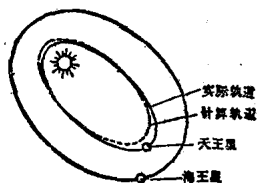


图 1-1 海王星的发现

必定还有一个未知的行星，它的位置应离太阳较远而离天王星较近。他们根据牛顿力学定律，推算出了这个未知行星的具体位置和质量。1846年9月23日，天文学家加耳在勒威耶所指示的位置上果然发现了这颗新行星，后来命名为海王星。这一发现传为牛顿力学发展史上的佳话。以力的概念为基础的牛顿力学如此成功，以致当时出现了企图把物理学中的一切问题都归结为力学问题的倾向。作为姐姐的力的概念确实身手不凡呀！

可是姐姐并非万能，以力为核心的力学定律存在局限性。

首先，在力学中，只有当一个问题中所涉及的力都已知时，我们才能计算物体的运动情况。如果有关的力是未知的，即对力的产生原因，它的大小、方向，它的变化规律等一无所知时，那么利用牛顿定律求解运动规律显然就不可能了。

第二，力学定律只能解决力学问题，对其他类型运动，力的概念往往英雄无用武之地。比如分子的热运动，是不能用对每一个分子列出运动方程的办法求解的。原因很清楚，分子数是如此之多，根本无法一一列出方程，更不用说求解了。

第三，近代物理已深入到微观现象之中，发现了许多从宏观角度难以想象的新规律，如波粒二象性、测不准关系、量子化等等，这些都不能用力的概念来研究的。

2. 妹妹后来居上

在牛顿建立三大运动定律时，能量概念还没有明确地为人们所认识。那时还没有能量这个术语，而只有一个含糊的概念——“活力”，并对活力究竟是什么？怎么来量度？它的重要性在哪里？都还没有弄清楚。最早把能量作为物理学中最基本的概念，并从守恒定律角度来加以研究的是法国数学家和力学家拉格朗日（1717—1813年）以及英国数学家和物理学家哈密顿（1805—1865年）。他们丰富和发展了经典力学，他们当时所建立的研究方法，在近代理论物理中仍起着重要的作用。

随着历史的发展，物理学家逐渐了解了能量概念所具有的突出优点。能量是个守恒量，也就是说，各种形式的能量，虽然可以相互转化，但是它们的总量不增也不减。这就是能量守恒定律（后面还要详细谈到）。有了守恒定律，就可以不

涉及力的细节,只需对过程前后的运动状态加以考虑,就能对运动作出重要的判断。例如永动机的不可能性,可以直接从能量守恒定律推得,而不必仔细去了解这架或那架“永动机”的具体结构。又如一个质子 p 和一个中子 n 发生相互作用,图 1-2 中方框内的部分代表它们有明显相互作用区域,对这种相互作用,我们可能还不十分了解;方框外的粒子运动径迹是可以用实验方法观测记录的。根据它们相互作用前后的运动状态,用守恒定律(能量和动量等)就能发现碰撞后形成了一个氦核,同时放出一个具有一定能量的 γ 光子。

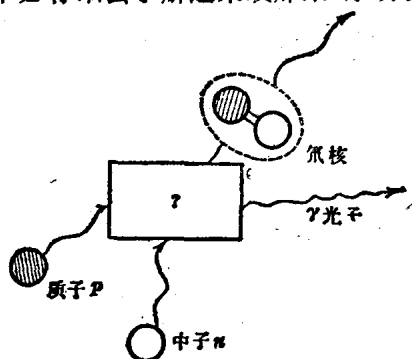


图 1-2 守恒定律的应用

记录的。根据它们相互作用前后的运动状态,用守恒定律(能量和动量等)就能发现碰撞后形成了一个氦核,同时放出一个具有一定能量的 γ 光子。

近代物理证明能量概念比力的概念更为普遍。它不仅适用于机械运动和其他各类运动,而且也适用于牛顿力学不适用的广阔领域(如高速微观运动)中,因此它是自然界的一个普适的基本物理量。作为妹妹的“能量”,她的才能不是比姐姐更强吗!

我们谈到能量的种类时,已经提到过这样一些熟悉的名称:机械能、电能、原子能、太阳能、内能……是的,自然界存在着多种多样的运动形式,与此相对应,就有多种多样的能。但是,从另一个角度讨论,有各种运动形式所对应的动能和势能。比如作热运动的分子具有分子动能和分子势能;作机械运动的物体具有动能和势能,如此等等。虽然这样,

习惯上常常把机械运动的动能和势能简单叫做动能和势能。在这种意义上,动能是指宏观物体运动所具有的能,势能是指宏观物体由相对位置所决定的能。我们这本书所讨论的,也就是机械运动中的动能和势能,它们之和统称机械能。

第二章 你真正理解动能概念吗?

怎样才算正确理解动能概念? 我们可以将它和其他有关概念(例如功、动量等)加以比较, 如能弄清它们之间的区别和联系, 那就表示概念清楚。

一、功 和 动 能

1. 联系

我们已经知道, 一个物体具有动能, 它就能够做功。当它的动能全部用来做功时, 所作功 W 的数量就等于它原来所具有的动能 E_K , 即

$$W = E_K。$$

反过来, 如果外力对一个物体作了功, 那么这个物体的动能将增加, 动能的增加量等于外力所作的功, 即

$$W = E_K - E_{K_0}。 \quad (2-1)$$

这就是把动能变化与做功联系起来的重要定理——动能定理。

如果物体受到不止一个力的作用, 则合外力所作的功等于物体动能的增加, (2-1)式仍成立。

从动能定理可以看出, 动能变化与做功是密切相连的。外力对物体作了多少功, 物体就增加同样数量的动能; 物体对外作了多少功, 它就减少同样数量的动能。功与动能的联系如此密切, 以致不少人产生了一些错误的认识, 以为功与动能

简直就没有什么区别,以为功会“变”成动能,或者动能会“变”成功。再加上它们的单位也相同,所以更混淆了。

2. 区别

事实上,功和动能是两个不同的概念。我们从一个实例出发,看看它们的区别。设想在光滑的水平面上有一质量为 0.10kg 的小球,以 $v=2\text{ m/s}$ 速率作匀速直线运动。这时,它具有动能

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2 = 0.20(\text{J}),$$

但我们决不能说它“具有” 0.20J 的功。动能是由运动的状态决定的。 v 就是反映运动状态的参量, $\frac{1}{2}mv^2$ 是状态参量 v 的函数,所以我们称动能是状态量。 $W=Fs$ 中的位移 s 反映力 F 作用过程的量,所以我们称功为过程量,就是说只有运动状态发生变化的过程中,功才出现;状态不变化,就不做功。动能是状态量,所以可以说某状态下物体具有多少动能;功是过程量,只能说某过程中作了多少功,不能说某状态“具有”多少功。由此不难看出,“做功过程中功变成了动能”的说法也是错误的。正确地说,甲物体对乙物体做功的结果,乙物体的动能增加了,其增加的动能,是由甲物体转移过来的。做功仅仅是能量转移的一种方式或途径。由于所作功的数值等于动能的变化量,所以动能的变化可用功来量度。

二、动能定理辨异

1. 增量并非一定表示增加量

动能定理告诉我们,合外力对物体所做的功的代数和等

于物体动能的增量,即

$$W = \Delta E_K, \text{ 而 } \Delta E_K = E_K - E_{K_0}.$$

必须注意增量不是增加量的同义词。当 $\Delta E_K > 0$ 时,增量的确表示增加量;当 $\Delta E_K < 0$ 时,增量表示的却是减少量。因此增量的确切意义应当是改变量或变化量,它可正可负,各有不同的意义。

2. 内力做功等于零吗?

动能定理对单个物体适用,对由两个或两个以上物体组成的物体系也同样适用。问题是,要不要考虑内力所作的功?有些初学者认为,内力总是成对产生的,大小相等、方向相反,一个力作正功,另一个力作负功,总的内力功为零,因此不必考虑。这种说法对不对?不对!假定有一个物体系,如图2-1

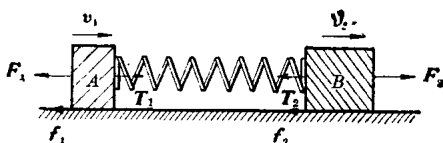


图 2-1 用弹簧连着的物体系

所示,它由一个弹簧(质量不计)和两个物体组成,放在粗糙的水平面上,物体系除受外力 F_1 、 F_2 和摩擦力 f_1 、 f_2 作用外,还有内力 T_1 和 T_2 。 T_1 、 T_2 虽然大小相等、方向相反,但两物体移动的位移并不相等,所以做功也不相等,则内力功的总和不为零,因此必须考虑内力的功。

在牛顿第二定律中,由于物体系的内力总是成对产生的,因此它们的总和(不是合力)一定等于零,对物体系质心的运动没有影响,所以牛顿第二定律只须考虑合外力。但是,在动能定理中,由于各内力做功的总和不一定等于零,因此动能定