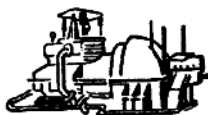




高中物理教学参考读物

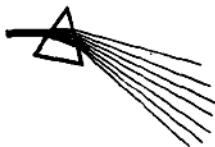
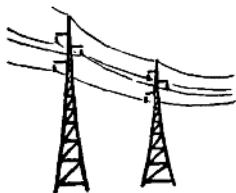


功 和 能 ·

(修訂本)

中国物理学会上海分会
中学物理教学研究委员会编

上海教育出版社



功 和 能

(修訂本)

中国物理学会上海分会
中学物理教学研究委员会編

上海教育出版社

一九六二年·上海

高中物理教学参考读物

功 和 能

(修訂本)

中国物理学会上海分会

中学物理教学研究委员会編

*

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

上海市书刊出版业营业许可证出080号

上海市印刷三厂印刷

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

*

开本：787×1092 1/32 印张：3 3/8 字数：75,000

1957年3月新知識出版社第1版第9次印刷(315,001—330,000本)

1958年10月新1版

1962年1月新2版 1962年2月第8次印刷

印数：121,731—131,730本

統一书号：7150·298

定 价：(九) 0.30元

前 言

为了适应当前中学物理教学的需要，帮助教师更好地掌握教材，本会决定根据“中学物理教学大纲”修订草案和高中物理新教材编写一套高中物理教学参考读物。共计十四册，从1956年9月开始，陆续出版。

本书内容相当于高一物理教材的第六章“机械能”，分“功和功率”、“简单机械”和“机械能”三章。第一章关于功、能和功率等基本概念的解释，编者根据本人的教学实践，以及跟教师、同学长期相处中所接触到的一些问题，着重指出对这些概念的模糊思想和常遇的差错，进行了分析说明，并就怎样引导同学树立正确的概念提供了意见。在第二章里，就机械元件的性质和作用分“杠杆类”和“斜面类”，根据力矩原理、力的分解和机械的功的原理作了比较深入全面的讨论。关于机械设计中根据的原理和主要步骤，作了扼要的介。绍。在第三章里，为了阐明问题的本质，对于势能的涵义和功能关系，加以引伸和补充。同时，指出机械能守恒的局限性和运用范围，通过不同类型的例子说明能量守恒和动量守恒定律的普遍性。

由于我们了解到教师对复习提问特别是考查性提问感到困难，大部分的备课时间常用在提问的命题上；有时问题提得太教条，不足以鉴别同学的知。识质量；或者问题不够明确，同学不易领会，评分也感到困难；或者问题牵涉的广度深度不够恰当，不符合教学大纲的精神；或者问题不是针对教材的主要内容，不能突出重点，等等。因此，本书结合每一单元的主要教材，提供了

一些复习提问参考题。由于編者的經驗有限，对教材的領会不够，接触面又不广，所拟問題不一定适用或者不够恰当，我們恳切地盼望物理老师提出改进意見。

在課堂教学中，教师仍应根据課本进行教学，以完成中学阶段的教学目的为首要任务，本书內容不过是提供教师作为参考，决不能用来代替課本上的教材。

附录中的参考題可供教师在复习和考查时挑选应用。

本书根据編委会拟定的提綱，由賈冰如、楊逢挺同志負責編写。編者因限于教学經驗和业务水平，难免有許多不妥当的地方，希望从事物理教学的同志們予以批評和指正，以便在再版时修正和改进。

中国物理学会上海分会
中学物理教学研究委员会

1956年12月

修訂版前言

“高中物理教学参考讀物”这一套书自出版以来，得到讀者的关怀和支持，就內容方面提出許多宝贵意見和积极建議，給我們很大的鼓励和督促。为此，本会趁重新排版的机会，約請有关同志根据各方面的意見和建議，在加深对基础知識的理解、适当扩大知識范围、密切联系生产和介紹科学技术上的新发展等方面，根据各书的具体情况，作了不同程度的补充和修改，以期更能符合讀者的要求。

本书自出版以来，收到讀者的意見和建議比較少，因此这次修訂，除了改正一些錯誤和重新繪制全部插图外，內容方面并无增减。希望讀者本着爱护本会的热忱，繼續予以指正和批評，以便有机会时再作修訂。

中国物理学会上海分会
中学物理教学研究委员会

1961年11月

目 录

引 言	1
第一章 功和功率	6
1. 功	6
2. 功的量度	8
3. 功率	11
4. 功和功率的单位	16
5. 物体在斜面上运动的功	20
6. 示功图	22
第二章 简单机械	25
1. 机械	25
2. 机械的功的原理	26
3. 机械效率	29
4. 机械利益和速度比	31
5. 两种最基本的简单机械	32
6. 杠杆类简单机械	36
7. 斜面类简单机械	43
8. 水压机	50
第三章 机械能	54
1. 能的概念	54
2. 动能	56
3. 势能	60
4. 重力势能	61
5. 弹性势能	63
6. 机械能的转变和守恒定律	66

7. 抵抗摩擦阻力和媒质阻力作功.....	69
8. 碰撞.....	80
附录一 复习提问参考题.....	88
附录二 计算题和论证推导题.....	93

引 言

学习了牛頓第二运动定律以后,我們已經懂得,一个物体受到了力的作用,它就立即获得了加速度,但是它的速度并不能立即改变。运动物体从沒有加速度变成了有加速度,只不过是改变了运动的性质,把原来不会发生变化的运动改变成为另一种会发生变化的运动,并没有把运动的情况立即改变过来。只有速度变化了,运动情况才算起了变化。在运动学里,我們已經学过,一个有加速度的运动物体,需要通过一段时间,或者通过一段路程,才能获得一定程度的速度变化。以匀加速直綫运动为例,它有两个公式:

$$v_t - v_0 = at \dots\dots\dots (1)$$

$$v_t^2 - v_0^2 = 2as \dots\dots\dots (2)$$

公式(1)告訴我們,虽有加速度 a , 如果沒有經過一段时间 t , 物体的速度是不可能变化的。公式(2)同样地告訴我們, 如果不經過一段路程 s , 物体的速度也是不可能变化的。所以我們說, 力是使物体的运动情况发生变化的必要条件, 但不是充分条件; 而經過一段时间或路程显然是另一个重要条件。

力的效应就是使物体获得加速度 a ; 这种效应需要經過一个积累过程, 才能使物体的速度获得变化, 而速度变化的大小由累积效应的大小来决定。力的效应可以通过时间来累积, 也可以通过路程来累积。通过时间累积起来的效应, 叫做力的时间累积效应。通过路程累积起来的效应, 叫做力的路程累积效应, 或者叫做力的空間累积效应。給定物体的质量是不变的, 一定

的力总是使它获得一定的加速度，因此我們就可以用加速度 a 的大小来量度力的效应，用加速度和时间的乘积 at 来量度力的时间累积效应，用加速度和路程的乘积 as 来量度力的路程累积效应。力的效应的累积过程，也是力的作用过程，我們可以統称它們为力学过程。力的时间累积效应使物体的速度起变化：这个变化的表达形式是 $v_t - v_0$ 。力的路程累积效应使物体的速度起变化，变化的表达形式是 $\frac{v_t^2}{2} - \frac{v_0^2}{2}$ 。两种变化的表达形式既然不相同，当然它們的实质也不一样。

对于不同质量的物体，由于同一个力会使它获得不同的加速度，我們就不应当再拿加速度来量度力的效应，而是应当拿物体的质量和加速度的乘积 ma 来量度。这样做的理由很简单，因为根据牛頓第二运动定律，一个力無論作用在什么物体上，它所产生的 a 虽各物不同，但 ma 积总是一定的，所以 ma 积可以用来量度力的一般效应，而 a 只能用来量度力对給定物体的效应。（在这里，我們暂时把 ma 看成是两个物理量的乘积，其实它也是一个具有独立意义的物理量。）既然我們用 ma 来量度力的效应，当然我們就可以用 mat 积来量度力的时间累积效应，用 mas 积来量度力的路程累积效应。通过这样的累积效应的过程，物体的运动情况起了什么变化呢？这就是需要繼續討論的問題。

先拿比較熟悉的力的时间累积效应来讲。把牛頓第二运动定律公式

$$F = ma$$

的左右兩側都乘上力的作用时间 t ，得出

$$Ft = mat \dots\dots\dots (3)$$

上式的左側 Ft 是作用在物体上的力和它的作用时间的乘积，叫做冲量；右側的 mat 是力在时间 t 內的累积效应；全式說明冲量

过程就是力在時間上累积效应的过程。再把前面已經讲过的公式(1)两侧都乘上物体的质量 m , 得出

$$mv_t - mv_0 = m a t \dots\dots\dots (4)$$

把方程式(4)代入方程式(3), 得

$$F t = mv_t - mv_0 \dots\dots\dots (5)$$

这个方程式說明, 通过冲量过程, 也就是通过力的時間累积效应的过程, 物体的运动情况起了变化, 这个变化的表达形式不再象以前所讲的是 $v_t - v_0$, 而是 $mv_t - mv_0$ 。我們在动力学里已經学过, mv_t 叫做末动量, 是运动物体在經過冲量过程之后的动量, mv_0 叫做初动量, 是运动物体在未經冲量过程之前的动量, $mv_t - mv_0$ 叫做动量变化, 是运动物体通过冲量过程所获得的动量变化。

再来讲一讲力的路程累积效应。同样从牛頓第二运动定律出发, 我們可以得出

$$F s = m a s \dots\dots\dots (6)$$

方程式左侧的 $F s$, 是作用在物体上的力和物体在力的方向通过的路程的乘积, 这也就是我們在这本小册子里所要討論的一个重要概念, 它叫做功量或簡称为功。方程式(6)說明功量的过程(我們在以后常叫它做作功的过程), 就是力在路程上累积效应的过程。再把前面所讲过的公式(2), 用物体的质量 m 乘一乘, 再用 2 除一除, 就得到

$$m a s = \frac{1}{2} m v_t^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 \dots\dots\dots (7)$$

把方程式(7)代入方程式(6), 得出

$$F s = \frac{1}{2} m v_t^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 \dots\dots\dots (8)$$

这一方程說明, 通过作功的过程, 物体的运动情况也起了变化, 这一变化的表达形式是 $\frac{1}{2} m v_t^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$, $\frac{1}{2} m v_t^2$ 和 $\frac{1}{2} m v_0^2$ 叫做

物体的动能, $\frac{1}{2}mv_i^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ 叫做动能变化, 它是通过作功过程产生的变化。

虽然我们对功和能的具体知识还没有讨论, 但是通过上面的叙述, 我们已有可能初步地看到, 好象要使一个物体获得加速度必须有力一样, 要使一个物体获得动量变化就必须通过冲量过程, 要使一个物体获得动能变化就必须通过作功过程。再进一步, 我们还可以想象到, 两个物体通过任何相互作用的过程, 如相撞、相吸、相斥等, 它们的速度都要起变化, 也就是它们的动量和动能也要各有增减。在这种情形下, 我们可以认为动能或动量是在从一个物体传递给另一个物体。在动力学里我们已经讲过, 这种动量的传递是通过冲量来达成的; 后面我们就要讨论, 这种动能的传递是通过作功来达成的。

总起来说, 冲量和功量是两种不同的力学过程, 动量和动能是物体运动情况的两种不同的表达方式, 或者就称为两种不同的运动形态; **凡是物体动量的变化和传递, 都必须通过冲量过程来达成; 凡是物体动能的变化和传递, 都必须通过功量过程来达成。**这种道理已经理论和实验证明, 并且可以推广为: **一切物理变化都要通过一个相应的物理过程来达成。**

可能有人会提出这样一个问题, 速度已经可以用来表达物体的运动情况, 为什么还要引出动量和动能这两个概念呢? 在目前我们的简单答复是这样: 物体的运动情况, 可能在种种不同的条件下发生变化; 在某一种条件下, 它的速度可能按照一定的简单的规律变化; 在另一种条件下, 它的动量变化的规律可能更为简单, 更容易被我们发现, 或是它的动能变化的规律可能更为简单, 更容易被我们所掌握; 同时还由于这些规律对我们处理力学问题来说, 都是有用的, 因此我们就有必要引出各种有用的和

必要的概念。就力学范围来讲,引出冲量和动量概念的目的,就是为了阐明动量守恒定律;引出功量和能量的目的,就是为了要逐步导出功能原理和机械能守恒定律。在物理学的深入研究中,这些定律还要得到更大的推广和应用。

在接触功和能的知識内容以前,作者写这小段引言,先从复习牛頓第二运动定律的精神实质入手,使讀者进一步理解冲量和动量以及它們之間的关系;并希望在这个基础上初步提出功量和动能这两个概念,使讀者在一开始就对它們形成比較正确的輪廓。这样做的目的,只是为了帮助教师在教功和能这章书的时候比較容易掌握教材的实质和各个概念之間的联系,决不是要求教师把引言中的这些内容当作教材,集中在一起对学生讲解。如果这样,教学效果一定不会好。但是引言的精神还是应该并且希望能貫串到全章的教学中去。

第一章 功和功率

1. 功 功的概念和力的概念一样,都是从人类活动和生产劳动中逐步形成起来的。只要功夫深铁尺磨成针的“功夫”,劳动创造世界和不劳动不得食的“劳动”,甚至我们经常说的“工作”,等等,都或多或少地含有“功”的意义,但又不都等于“功”的意义。以上所述的功夫、劳动、工作等词涵义模糊而用途广泛。至于物理学上的“功”,则意义明确肯定,用途也有严格的限制。初学物理学的人,往往以对待日常词汇的态度对待物理概念,随心所欲,想到就用,而不根据概念的确切意义来正确使用。比如说,我们平常看见一个物体运动得快,常喜欢说,“动得很快,劲头很足”。初学物理学的人很容易把俗语里的“劲头”和物理学里的“力”联成一回事,因而就认为凡是运动得快就是力大,把“力”和“速度”又联成一回事,东拉西扯,造成很大的错误。这种错误的根源就在于不了解“力”的确切意义和力的存在条件。我们现在开始学习“功”的概念,由于功和功夫、劳动、工作等有着胎里带来的关系,初学的人就很容易把它们混为一谈。所以我们在一开始就应当搞清楚功的物理意义,并牢牢地掌握它,防止把它和那些日常词汇混淆不清。

物理学里的功的概念是由两个因素所构成,一个因素是力,另一个因素是力的作用点在力的方位上(同向指或反向指)的位移。有了这两个因素就有了功,缺任何一个都没有功。根据牛顿第三运动定律,我们已经知道,作用力和反作用力等值反向并同时存在,如果它们的相互作用点在它们的方位上有了位移,这个

位移只能和一个力同向指，和另一个力反向指。在这种情况下，我們就說那一个与位移同向指的力在作功，因为它是起推动作用；或者說抵抗那一个与位移反向指的力在作功，因为它对运动是起阻碍作用的。現在讓我們拿火車头拉列車作为实际事例来討論，假如我們叫火車头作用在列車上的向前的拉力做作用力，則列車作用在火車头上的向后的拉力就是反作用力。当列車前进时，列車上所受到的向前的拉力与位移同向指，因此我們就說火車头作用在列車上的力在作功，或者說火車头在作功；同时由于火車头上所受到的向后的拉力与位移反向指，因此我們也可以說火車头在抵抗列車作用在它上面的力作功，或說火車头在抵抗列車的拉力作功。这种說法是研究物理学的人們的習慣說法，照这样說，大家就懂，否則自造一套說法，就只有自己懂，別人都不懂。不是統一的科学言語，很容易引起誤解。

再举一些例子來說，如果有一个人在他头上頂一个重物，笔直地站了半天，作了功沒有呢？根据功的概念的涵义来檢查，現在只有力这一个因素，沒有位移这一个因素，所以沒有作功。再如有另一个人头上頂一个重物，向前在水平的路面上走了三里，作功了沒有呢？現在檢查起来，虽然是既有力又有位移，可是位移和力垂直，不符合功的概念，所以也沒有作功。但是有些初学的人就可能对这样的結論想不通。这是为什么呢？很显然，这是由于他們把物理学上的功和劳动、工作等日常詞汇混淆起来的緣故。頂着重物站了半天，或是頂了重物走了三里路，硬要算他沒有劳动，沒有工作，他怎样会想得通呢？如果我們已經懂得这不是什么劳动不劳动的問題，不是什么工作不工作的問題，而是符合不符合物理学上的功的概念的問題，那么还有什么想得通想不通呢？

如果有人問，物体在作匀速运动有功沒有功呢？我們的回

答是，問題的提法就首先表明了对功的概念模糊。功的有无应从本质上拿前述的两个因素的有无来判断，不应从其他表面现象来判断。如果一个物体是在絲毫受不到力的作用的理想环境里依靠慣性而作匀速运动，由于不存在力，当然就談不到功。但这种理想的环境是沒有现实意义的，一般作匀速运动的物体都是在平衡力系的作用下运动的。因此就必然有与位移同向指的力在作功，同时又必然在抵抗与位移反向指的力作功。有没有功，是看在位移的方位上有没有力来决定的，不是拿运动是不是匀速来决定的。

2. 功的量度 功的概念既然是由力和位移这两个物理量所构成，它本身当然也是一个物理量，并且它的大小应为力和位移的大小所决定。在物理学里，我們这样規定功量（功的大小）的量度：**功量用力 F 和力的作用点在力的方位上的位移 S 的乘积来量度。**

图 1 表示一个物体，在力 F 的作用下移动了一段位移 S ，也就是力的作用点完成了一段位移 S 。 α 是力 F 的作用綫和位移 S 之間的夹角。在这一情况下，物体上受到了力，并且也有了位

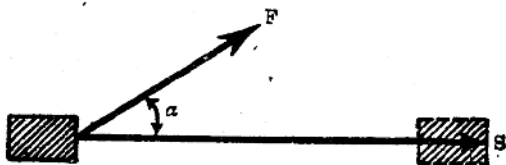


图 1

移，这就已經构成了功的条件。但是我們能不能就拿 F 和 S 的乘积来量度功量呢？显然，这是不符合上項規定的。为了根据規定的量度方法求得功量，我們可以从两个不同的角度来考虑。首先，我們可以把位移 S 分成两个分量（图 2）：一个是与 F 同

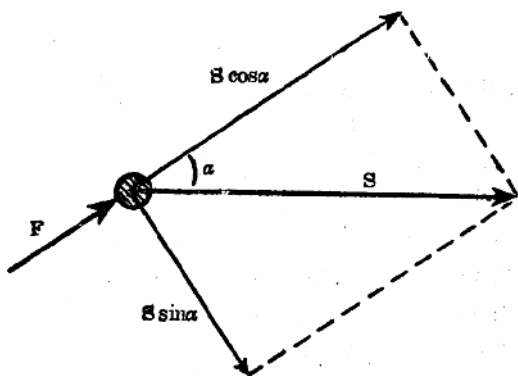


图 2

方位的 $S \cos \alpha$; 一个是与 F 垂直的 $S \sin \alpha$ 。垂直分位移不构成功的条件, 不必考虑。用来量度功量的正是力和同方位分位移的乘积。如果用 W 代表功量, 则

$$W = FS \cos \alpha。$$

其次, 我們也可以把力 F 分成两个分力(图 3): 一个是与位移 S

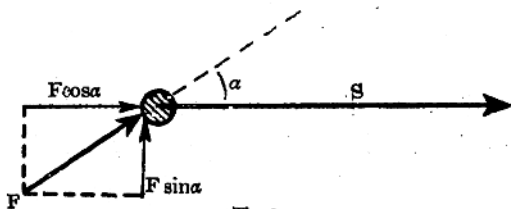


图 3

同方位的 $F \cos \alpha$; 一个是与 S 垂直的 $F \sin \alpha$ 。垂直分力不构成功的条件, 不必考虑。用来量度功量的正是在位移方位上的分力和位移的乘积。如用代数式表示, 即为

$$W = F \cos \alpha S。$$