



高中物理教学参考讀物

功 和 能

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

高中物理教学参考读物
功 和 能

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

一九六一年·上海

高中物理教学参考读物

功 和 能

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090号

商务印书馆上海厂印刷

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：76,000

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 1961年5月第7次印刷

印数：96,731—121,730本

統一书号：7150·298

定 价：(九) 0.30 元

前 言

为了適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“中学物理教学大綱”修訂草案和高中物理新教材編寫一套高中物理教学参考讀物。共計十四册，从1956年9月开始，陸續出版。

本書內容相当于高一物理教材的第六章“机械能”，分“功和功率”、“簡單机械”和“机械能”三章。第一章关于功、能和功率等基本概念的闡明，編者根据本人的教学实践，以及跟教师、同学長期相处中所接触到的一些問題，着重指出对这些概念的模糊思想和常遇的差錯，進行了分析說明，并就怎样引導学生樹立正确的概念提供了意見。在第二章里，就机械元件的性質和作用分“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較深入全面的討論。关于机械設計中所根据的原理和主要步驟，作了扼要的介紹。在第三章里，为了闡明問題的本質，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說明能量守恒和动量守恒定律的普遍性。

由于我們了解到教师对复習提問特別是考查性提問感到困难，大部分的备課時間常用在提問的命題上；有时問題提得太教条，不足以鑒別同学的知識質量；或者問題不够明确，同学不易領会，評分也感到困难；或者問題牽涉的廣度深度不够恰当，不符合教学大綱的精神；或者問題不是針對教材的主要內容，不能突出重点等等。因此，本書結合每一單元的主要教材，提供了一

些复習提問参考題。由于編者的經驗有限,对教材的領会不够,接触面又不廣,所拟問題不一定適用或者不够恰当,我們恳切地盼望物理老师提出改進意見。

在課堂教学中,教师仍应根据課本進行教学,以完成中学階段的教学目的为首要任务,本書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。

附錄中的参考題可供教师在复習和考查时挑选应用。

本書根据編委会拟定的提綱,由賈冰如、楊逢挺同志負責編寫。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進。

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

目 錄

引言	1
第一章 功和功率	6
1. 功的概念	6
2. 功的量度	8
3. 功率概念	11
4. 功和功率的單位	16
5. 物体在斜面上运动的功量	21
6. 示功圖	23
第二章 簡單机械	26
1. 机械	26
2. 机械的功的原理	28
3. 机械效率	30
4. 机械利益和速度比	32
5. 两种最基本的簡單机械	34
6. 杠杆类簡單机械	38
7. 斜面类簡單机械	45
8. 水压机	52
第三章 机械能	55
1. 能的概念	55
2. 动能	58
3. 势能	62
4. 重力势能	62
5. 彈性势能	64
6. 机械能轉变和守恒定律	67

7. 抵抗摩擦阻力和媒質阻力作功.....	71
8. 碰撞.....	82
附錄一 復習提問參考題	90
附錄二 計算題論証推導題	95

引言

通过牛頓第二运动定律的學習，我們已經懂得，一个物体受到了力的作用，它就立即獲得了加速度，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質，把原來不会發生变化的运动改变成为另一种会發生变化的运动，並沒有把运动的情况立即改变过来。速度是一个可以用來說明情况的物理量，它如有了变化，运动情况才算有了变化。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是通过一段路程，才能獲得一定程度的速度变化。如果拿我們最熟習的匀加速直綫运动來看，下面两个公式就可以分別說明問題。

$$V_t - V_0 = at \dots\dots\dots(1)$$

$$V_t^2 - V_0^2 = 2as \dots\dots\dots(2)$$

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發生变化的必要条件，但不是充分条件；如上所討論，時間或路程就顯然是另一个很重要的条件。

对給定物体來說，力的效应就是使它獲得加速度 a ；这种效应，还需要經過一个積累过程，才能使物体的速度獲得变化；至于速度变化的大小，則又須看累積效应的大小來決定。力的效应可以通过時間來累積，也可以通过路程來累積。通过時間累積起來的效应，叫做力的時間累積效应。通过路程累積起來的效应，

叫做力的路程累積效应，或叫做力的空間累積效应。給定物体的質量是固定不变的，一定的力总是使它獲得一定的加速度，不可能或多或少，因此我們就可以用加速度 a 的大小來量度力的效应，用加速度和時間的乘積 at 來量度力的時間累積效应，用加速度和路程的乘積 as 來量度力的路程累積效应。力的效应的累積过程，也是力的作用过程，我們可以統稱它們为力学过程。通过力的時間累積效应的过程，物体的速度起了变化，这个变化的表达形式是 $V_t - V_0$ 。通过力的路程累積效应的过程，物体的速度也起了变化，不过这一变化的表达形式不是 $V_t - V_0$ ，而是 $\frac{V_t^2}{2} - \frac{V_0^2}{2}$ 。兩種变化的表达形式既不同，当然它們的實質也不一样。

如果我們把問題推廣到一般情况來討論，由于同一个力要使不同質量的物体獲得不同的加速度，我們就不应当再拿加速度來量度力的效应，而是应当拿物体的質量和加速度的乘積 ma 來量度。这样做的理由很簡單，因为牛頓第二运动定律已經說得很明白，一个力無論作用在什么物体上，它所產生的 a 虽各物不同，但它所產生的 ma 積总是一定的，所以 ma 積可以用來量度力的一般效应，而 a 只能用來量度力对給定物体的效应。（在这里，我們暫時把 ma 看成是兩個物理量的乘積，其实它也是一个具有独立意义的物理量）既然我們用 ma 來量度力的效应，当然我們就可以用 mat 積來量度力的時間累積效应，用 mas 積來量度力的路程累積效应。通过这样的累積效应的过程，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時間累積效应來講。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時間 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時間的乘積, 叫做冲量; 右側的 mat 是力在時間 t 內的累積效应; 全式說明冲量过程就是力在時間上累積效应的过程。再把前面已經講过的公式(1)兩側都乘上物体的質量 m , 得出

$$mV_t - mV_0 = mat \dots\dots\dots(4)$$

把方程式(4)代入方程式(3), 得

$$Ft = mV_t - mV_0 \dots\dots\dots(5)$$

这个方程式說明, 通过冲量的过程, 也就是通过力的時間累積效应的过程, 物体的运动情况起了变化, 这个变化的表达形式不再像以前所講的是 $V_t - V_0$, 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, 是运动物体在未經過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獲得的动量变化。

再來講一講力的路程累積效应。同样从牛頓第二运动定律出發, 我們可以得出

$$Fs = mas \dots\dots\dots(6)$$

方程式左側的 Fs , 是作用在物体上的力和物体在力的方向通过的路程的乘積, 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做功的过程)就是力在路程上累積效应的过程。再把前面所講过的公式(2), 用物体的質量 m 乘一乘, 再用 2 除一除, 就得到

$$mas = \frac{1}{2} mV_t^2 - \frac{1}{2} mV_0^2 \dots\dots\dots(7)$$

把方程式(7)代入方程式(6),得出

$$Fs = \frac{1}{2} mV_t^2 - \frac{1}{2} mV_0^2 \dots\dots\dots(8)$$

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 $\frac{1}{2} mV_t^2 - \frac{1}{2} mV_0^2$, $\frac{1}{2} mV_t^2$ 和 $\frac{1}{2} mV_0^2$ 叫做物体的动能, $\frac{1}{2} mV_t^2 - \frac{1}{2} mV_0^2$ 叫做动能变化, 它是通过作功过程產生的变化。

虽然我們对功和能的具体知識还没有討論, 但是通过上面的叙述, 我們已有可能初步地看到, 好像要使一个物体獲得加速度必須要有力一样, 要使一个物体獲得动量变化就必须通过冲量过程, 要使一个物体獲得动能变化就必须通过作功过程。再進一步, 我們还可以想像到, 两个物体通过任何相互作用的过程, 如相撞、相吸、相斥等, 它們的速度都要起变化, 也就是它們的动量和动能也要各有增减。在这种情形下, 我們可以認為动能或动量是在从一个物体傳遞給另一个物体。在动力学里我們已經講过, 这种动量的傳遞是通过冲量來达成的; 后面我們就要討論, 这种动能的傳遞是通过作功來达成的。

总起来說, 我們对以上所討論的这些概念, 应当这样來認識: 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傳遞, 都必须通过冲量过程來达成; 凡是物体动能的变化和傳遞, 都必须通过功量过程來达成。这种道理已經理論和实验証明, 可以推廣为: 一切物理变化都要通过一个相应的物理过程來达成。

可能有人会提出这样一个問題, 速度已經可以用來表达物

体的运动情况,为什么还要引出动量和动能这两个概念呢?在目前我們的簡單答复是这样:物体的运动情况,可能在种种不同的条件下發生变化;在某一种条件下,它的速度可能按照一定的簡單的規律变化;在另一种条件下,它的动量变化的規律可能更为簡單,更容易被我們發現,或是它的动能变化的規律可能更为簡單,更容易被我們所掌握;同时还由于这些規律對我們处理力学問題來說,都是有用的,因此我們就有必要引出各种有用的和必要的概念。就力学範圍來講,引出冲量和动量概念的目的,就是为了闡明动量守恒定律;引出功量和能量的目的,就是为了要逐步導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廣和应用。

最后还要說一說,通过这小段引言,作者打算在接触功和能的具体知識內容之前,先从复習牛頓第二运动定律的精神實質入手,加深一步对冲量和动量的理解,和對它們之間的关系的認識;并希望在这个基礎上初步提出功量和动能这两个概念,使讀者在一开始就對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書的时候比較容易掌握教材的實質和各个概念之間的联系,决不是要求教师把引言中的具体内容当作教材集中对学生講解。如果这样,教学效果一定不会好。但是引言的精神还是應該并且希望能貫串到全章的教学中去。

第一章 功和功率

1. 功 的 概 念

功的概念和力的概念一样，都是从人类活动和生产劳动中萌芽、滋长而逐步形成起来的。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，往往以对待日常词彙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。比如說，我們平常看見一个物体运动得快，常喜欢說，“动得很快，劲头很足”。初学物理学的人很容易把俗語里的“劲头”和物理学里的“力”联成一回事，因而就認為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，造成很大的錯誤。这种錯誤的根源就在于沒有掌握“力”的确切意义和力的存在条件。我們現在开始学习“功”的概念，由于功和功夫、劳动、工作等有着胎里帶來的关系，初学的人就很容易把它們糾纏在一起混为一談。所以我們在一开始就应当搞清楚功的物理意义，并牢牢地掌握它。还要时时警惕自己，防止把它和那些日常词彙混淆不清。

物理学里的功的概念是由两个因素所構成，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。有了這兩個因素就有了功，缺任何一個都沒有功。根據牛頓第三運動律，我們已經知道，作用力和反作用力等值反向並同時存在，如果它們的相互作用點在它們的方位上有了位移，這個位移只能和一個力同向指，和另一個力反向指。在這種情況下，我們就說那一個與位移同向指的力在作功，因為它是起推動作用的；或說抵抗那一個與位移反向指的力在作功，因為它對運動是起阻礙作用的。現在讓我們拿火車頭拉列車作為實際事例來討論，假如我們叫火車頭作用在列車上的向前的拉力做作用力，則列車作用在火車頭上的向后的拉力就是反作用力。當列車前進時，列車上所受到的向前的拉力與位移同向指，因此我們就說火車頭作用在列車上的力在作功，或說火車頭在作功；同時由於火車頭上所受到的向后的拉力與位移反向指，因此我們也可以說火車頭在抵抗列車作用在它上面的力作功，或說火車頭在抵抗列車的拉力作功。這種說法是研究物理學的人們的習慣說法，照這樣說，大家就懂，否則自造一套說法，就只有自己懂，別人都不懂。不是統一的科學言語，很容易引起誤解。

再舉一些例子來說，如果有一個人在他頭上頂一個重物，筆直地站了半天，作了功沒有呢？根據功的概念的涵義來檢查，現在只有力這一個因素，沒有位移這一個因素，所以沒有作功。再如有另一個人頭上頂一個重物，向前在水平的路面上走了三里，作功了沒有呢？現在檢查起來，雖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。但是有些初學的人就可能對這樣的結論搞不通，甚至還要大喊其不服貼。這是為什麼呢？很顯然，這是由於他們把物理學上的功的概念和勞動、工作等日常詞彙混淆起來的緣故。頂着重物站了半天，或是頂了重物走了三里路，硬要算他沒有勞動，沒有工作，他怎肯服貼呢？如果我們已經懂得這不是什麼勞動不勞動的問題，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，那么还有什么服貼不服貼呢？还有什么搞得通搞不通呢？

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。功的有無应从本質上拿前述的兩個因素的有無來判断，不应从其他表面現象來判断。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，由于沒有力的存在，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。有沒有功，是看在位移的方位上有沒有力來决定的，不是拿运动是不是匀速來决定的。

2. 功 的 量 度

功的概念，既是由力和位移这两个物理量所構成，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，我們規定功量(功的大小)的量度如此：功量用力和力的作用点在力的方位上的位移的乘積來量度。

圖 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 之間的夾角。在这一情况下，物体上受到了力，并且也有了位移，

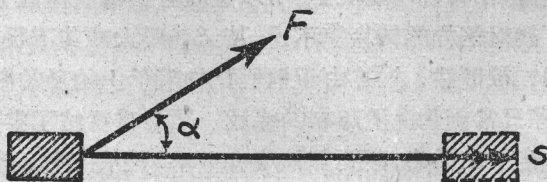


圖 1

这就已经构成了功的条件。但是我们能不能就拿 F 和 S 的乘积来量度功量呢？显然，这是不符合上项规定的。为了根据规定的量度方法求得功量，我们可以从两个不同的角度来考虑。首先，我们可以把位移 S 分成两个分量，如图 2，一个是与 F 同方位

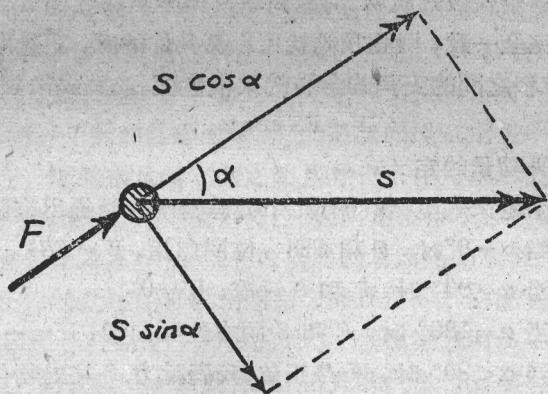


圖 2

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，毋须考虑。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

$$W = F \cdot S \cos \alpha。$$

其次，我们也可以把力 F 分成两个分力，如图 3，一个是与位移

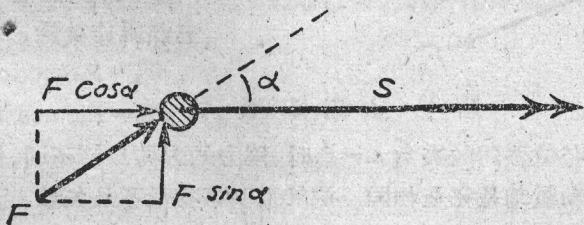


圖 3

S 同方位的 $F \cos \alpha$ ，一个是与 S 垂直的 $F \sin \alpha$ 。垂直分力不構成成功的条件，毋庸考慮。用來量度功量的正是在位移方位上的分力和位移的乘積。如用代数式表示，即为

$$W = F \cos \alpha \cdot S。$$

上面两个代数式說明，考慮問題的出發点和过程虽有不同，但結果却完全一致，因此我們就可以更具体的說，功量用力、位移、力和位移之間的夾角的余弦的乘積量度。或寫成代数式

$$W = FS \cos \alpha。$$

这个式子叫功量的定义式。

在这个定义式里，我們有几个特殊情况应当提出來談一談：

- (1) 当 $\alpha = 0^\circ$ 时， F 和 S 同方位同向指， $W = FS$ ；
- (2) 当 $\alpha = 90^\circ$ 时， F 和 S 垂直， $W = 0$ ；
- (3) 当 $\alpha = 180^\circ$ 时， F 和 S 同方位反向指， $W = -FS$ ；
- (4) 当 $\alpha < 90^\circ$ 时， W 是正值，我們說力 F 在对物体做功；
- (5) 当 $\alpha > 90^\circ$ 时， W 是負值，我們說物体在抵抗力 F 做功。

此外，还有一点我們必須注意，力是矢量，位移也是矢量，但功量

与方向無關，只与夾角

有关，所以它是标量。圖

4 表明二个大小相等方

向不同的力 F_1 和 F_2 。

它們所作功量，

$$W_1 = F_1 S \cos \alpha，$$

$$W_2 = F_2 S \cos \beta。$$

当兩力与位移間的夾角 $\alpha = \beta$ 时，兩力的方向尽管不同，但它們所作的功量却是完全相同。这就說明了功量不是矢量。至于功有正負，那不过是表明力与位移同向或反向，并不表明功有方

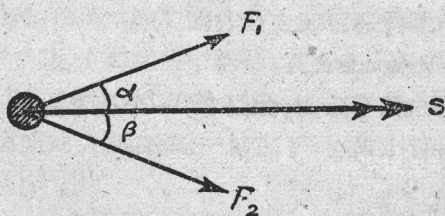


圖 4