

数理化基础知识丛书

高中物理基础知识

(第二册)



北京教育出版社

数理化基础知识丛书

高中物理基础知识

(第二册)

《高中物理基础知识》编写组 编

北京教育出版社

数理化基础知识丛书
高中物理基础知识（第二册）
GAOZHONG WULI JICHU ZHISHI DIRECE
《高中物理基础知识》编写组 编

*

北京教育出版社出版
(北京北三环中路6号)
新华书店北京发行所发行
马池口印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 5.625印张 120,000字
1989年11月第1版 1989年11月第1次印刷
印数 1—4,000
ISBN 7—5303—0045—8/G·38
定 价：2.10元

编写说明

为了帮助广大青年和在校学生学好数、理、化，我社约请了北京市人大附中、北大附中、清华附中、北京实验中学等校的有经验的教师，共同编写了数理化基础知识丛书。

《高中物理基础知识》共分四册，它以章为单元，系统地叙述物理学的基础知识。每章由五大部分组成：（一）现象、概念、规律、方法；（二）疑难解析、知识小结；（三）错解分析、典型例题；（四）自学练习、自测试题；（五）阅读材料。

本书源于教材，而高于教材，重视深化和活化物理的基本概念、规律和方法，使学习者真正理解物理学的真谛；本书对初学者易出错、常混淆、难理解的内容，详加说明，使学习者真正学有所得；本书例题丰富，分析透彻，自学练习和自测试题均附有答案或提示，便于学习者自我检查；本书中每章末附有阅读材料，有助于开阔思路，联系实际，发展智力。

本书的编写计划，曾约请北京师大、北京师院、北京教育学院、海淀区教师进修学校、北京市重点和普通中学优秀教师，共同商讨，同时征求过自学青年和在校学生的意见。我社向所有关心本书编写工作的同志表示感谢。

《高中物理基础知识》编写组由下列同志组成：王延龄、颜福清、潘邦桢、张能光、庄定源、秦逸君。

本书错误和不足之处，欢迎批评指正。

一九八七年三月

目 录

第六章 机械能	(1)
〔学习要点〕	(1)
一、现象 概念 规律 方法	(1)
二、疑难解析 知识小结	(8)
三、错解分析 典型例题	(14)
四、自学练习 自测试题	(26)
五、阅读材料	(37)
第七章 机械振动和机械波	(39)
〔学习要点〕	(39)
一、现象 概念 规律 方法	(40)
二、疑难解析 知识小结	(47)
三、错解分析 典型例题	(50)
四、自学练习 自测试题	(54)
五、阅读材料	(61)
力学综合练习 (一)	(64)
力学综合练习 (二)	(73)
第八章 分子运动论 热和功	(85)
〔学习要点〕	(85)
一、现象 概念 规律 方法	(85)
二、疑难解析 知识小结	(89)
三、错解分析 典型例题	(39)

四、自学练习 自测试题	(96)
五、阅读材料	(102)
第九章 固体和液体的性质	(104)
〔学习要点〕	(104)
一、现象 概念 规律 方法	(104)
二、疑难解析 知识小结	(114)
三、错解分析 典型例题	(115)
四、自学练习 自测试题	(117)
第十章 气体的性质	(120)
〔学习要点〕	(120)
一、现象 概念 规律 方法	(120)
二、疑难解析 知识小结	(135)
三、错解分析 典型例题	(139)
四、自学练习 自测试题	(154)

第六章 机械能

【学习要点】

(1) 正确理解功的概念, 明确做功的两个必要因素。掌握恒力功的计算公式 $W = FS \cos\theta$, 并能用于解决实际问题。明确功是标量, 掌握功的单位, 理解正功和负功的意义。

(2) 掌握功率的概念、公式和单位。能区分公式 $P = \frac{W}{t}$ 及 $P = Fv$ 的适用条件, 并能用于分析和解决实际问题。

(3) 理解功和能的联系、区别, 知道功是能量转化的量度。

(4) 理解动能、势能的概念, 掌握动能、重力势能的计算公式。

(5) 正确理解动能定理和机械能守恒定律的内容、物理意义和适用范围, 并能熟练运用, 解决有关实际问题。

一、现象 概念 规律 方法

1. 功和能

(1) 功 (W)。在日常生活里, 我们常说某人“有功”, 某人是“有功之臣”。这里所说的“功”, 跟付出代价, 取得成果, 联系在一起。也就是说人们试图把带成果性的作用过程

称为“做功”。物理学中功的概念的形成，大概也考虑了付出代价，取得成果这两个因素。例如，人把重物举起，人推小车前进，人都付出了代价（对物体施力），也都取得了成果（物体发生了位移，使重物到了高处，使小车从甲地到了乙地）。我们把这类作用过程称为人对物体做功。

起初，人们只把人作用于物体，付出代价，取得成果的过程称为做功，因为人们习惯于把自己当做世界的主宰。然而，在日常生活中，人们发现：付出代价（对物体施力），取得成果（物体发生了位移），并不是人作用于物体所独有的现象。像马拉车走，风吹草动，水冲堤崩，等等，都具有付出代价（对物体——车、草、堤施力），取得成果（物体发生了位移）的特征，于是，在物理学中，为了定量描述这类过程，引入了一个新的物理量——功。它由两个因素组成：一是力，二是位移。考虑到力与位移的方向可能不在一条直线上，计算功的公式可写成 $W=FS \cos\theta$ （ θ 是 F 和 S 的夹角）。

当 $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$ ， $W > 0$ ，力做正功；

当 $\theta = 90^\circ$ ， $W = 0$ ，力不做功；

当 $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$ ， $W < 0$ ，力做负功。

因此，判断力对物体是否做功，做功正负及大小，既要看法力 F 与位移 S 的大小，又要看法力 F 与位移 S 夹角 θ 的余弦 $\cos\theta$ 。例如一个人头顶重物站了半天，人对重物做功了没有？没有做功。因为只有头顶重物的力，缺少物体在力作用下的位移，所以人对重物没有做功。又如另一个人，头顶重物，坐在匀速前进的车上，人对重物做了功没有？因为头顶重物的力跟重物位移的方向互相垂直， $\cos\theta = 0$ ，所以人对重物还是没有做功。上述两例中人都付出了代价（对物体施力），但都没有取得成果（在力的作用线上，或等效到力的作用线

上，没有发生位移)。从物理学中功的概念来判断，上述现象均属劳而无功。

(2) 能(E)。当外力对物体做功时，物体的运动起了什么变化？或者说，力对物体做功会产生什么效果？

功的效果，从表面现象看，是多种多样的：马用力拉动车，车的速度有明显变化；人用力举起重物，重物的高度有显著改变，等等。无论是速度变化，还是高度改变，都从某一侧面反映了力对物体做功产生的效果。若我们把做功前后物体所处的状况，包括高度和速度，统称为“状态”，那末力对物体做功的结果必然使物体由一种状态（始态），变到另一种状态（末态）。

为了描述物体始、末两个状态的差别，反映出功的作用效果，引入一个反映物体状态的物理量——能（能量的简称）。物体状态不同，物体具有的能量也不同。

人们认识能的概念，经历了漫长的过程。在日常生活里，我们常说某人具有“能力”、某人是“能人”。这里所说的“能”，反映了完成某件事情的本领。物理学中能的概念，也具有类似的含义。例如，马拉动车，马对车做了功，说明马具有做功的本领——能。人用力举起重物，人对重物做了功，说明人具有做功的本领——能。做功的结果马和人都减少了“能量”，那末车和重物是否得到了“能量”？假如是这样，具有速度的车和放在高处的重物，也会有对外做功的本领。事实正是如此，以一定速度运动的车能撞毁建筑物而做功，高处的重物下落时能把木桩打进土里而做功。足见具有速度的车和放在高处的重物确实具有做功的本领——能。物理学中把与速度、高度有关的能，分别叫做动能和重力势能。

综上所述，功和能的关系可作如下体会：甲物体对乙物

体做功。甲物体的能量不断减少，乙物体的能量不断增加，甲、乙两物体都由一种状态（能量），变成另一种状态（能量）。没有做功（过程）也就没有能量的变化。变化了多少能量，可以由做功的多少来确定。因此，我们可以说，功是能量变化的量度。

2. 动能和动能定理

在第四章学习动量定理时，我们已经懂得：力对时间过程的积累，要引起该物体动量的变化（若物体最初状态是静止，或在力的方向上运动），动量定理的公式是：

$$Ft = mv_2 - mv_1 = m(v_2 - v_1)。$$

上式表明，冲量与速度变化有关。但是，单用速度变化不能反映冲量的作用效果。如物体接受同样的冲量 Ft ，可以使质量小的物体获得较大的速度变化，也可以使质量大的物体获得较小的速度变化。因此，只有把 mv 当做一个整体（动量），才能反映出冲量的作用效果。也就是说，相同的冲量作用于物体，不论物体的质量和速度如何不同，动量变化 $(mv_2 - mv_1)$ 总是相同的。这就是第四章引入动量概念的原因。

仿照推导动量定理的方法，由牛顿第二定律公式 $F = ma$ ，运动学公式 $v_2^2 - v_1^2 = 2aS$ ，可得

$$FS = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)。$$

上式表明：功与速度变化有关，但单用速度变化不能描述功的作用效果。如物体接受同样的功，可以使质量小的物体获得较大的速度变化，也可以使质量大的物体获得较小的

速度变化。只有把 $\frac{1}{2}mv^2$ 当作一个整体，才能描述功的作用效果。即相同的功作用于物体时，不论物体质量和速度如何不同， $\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ 的量总是相同的。这就是人们把 $\frac{1}{2}mv^2$ 作为一个独立的物理量——动能的原因。力对位移过程的积累，引起物体动能变化的规律 $W = FS = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ ，叫做动能定理。

3. 机械能守恒定律

(1) 重力势能和弹性势能。

①重力势能(E_P)。根据能的转化和守恒规律，当你匀速举起一块石头时，石头受到你对它做的功，你体内的化学能要减少，石头的能量要增加。你把石头举得越高，你消耗的化学能就越多，石头得到的能量也越多。由于石头是被匀速举起，它的动能没有变化，因此，一定质量的石头获得的能量，只跟上升的高度有关。地球上的物体具有的跟高度有关的能，叫重力势能。

重力势能大小如何计算呢？根据功是能量变化的量度，人用大小等于 $F = mg$ 的力，把物体匀速举高 h ，人对重物做功 $W = Fh = mgh$ 。重力势能的变化量 $E_{P_2} - E_{P_1} = W = mgh$ 。假定初始状态石头在地面 ($h = 0$) 的重力势能为零 ($E_{P_1} = 0$)，则石头终了状态的重力势能 $E_{P_2} = mgh$ 。据此，引入重力势能的公式 $E_P = mgh$ 。

②弹性势能。当你从平衡位置匀速压缩或拉伸一根螺旋弹簧，你要对弹簧做功，你体内的一部分化学能就要减少，而弹簧的能量就要增加。在弹性限度内，你把弹簧压缩得越短，或拉伸得越长，你消耗的化学能就越多，弹簧得到的能量也越多。因为匀速压缩或拉伸弹簧，弹簧的动能不变。弹簧由于弹性形变而具有的能叫弹性势能。高中物理不对弹性势能做定量计算，只要求应用弹性势能解释某些有关的现象。

(2) 机械能及其转化。我们把动能、重力势能、弹性势能，或它们的总和统称为机械能。

机械能之间是可以互相转化的。如自由下落的物体，在下落过程中，重力势能不断减少，动能不断增加。又如，竖直上抛的物体，在上升过程中，物体的动能逐渐减少，重力势能不断增加。再如水平放置的弹簧，一端固定，另一端连接物体，在弹性限度内，物体压缩或拉伸弹簧后被释放，物体的弹性势能和动能不断地相互转化。

(3) 机械能守恒定律。高中物理乙种本上册第六章第七节，以自由落体为例，利用运动学公式，计算各个位置物体的动能和势能，归纳出机械能守恒定律及其守恒条件。

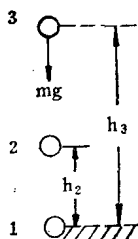


图 6-1

我们还可以直接用动能定理，推导机械能守恒定律。如图6-1所示，自由下落物体，由位置“3”落到位置“2”时，根据动

$$\text{能定理可得 } mg(h_3 - h_2) = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}$$

$$mv_3^2。 \text{因 } v_3 = 0, \text{ 可得 } mgh_3 = mgh_2 + \frac{1}{2}$$

mv_2^2 ，即物体在位置“3”的机械能等于物体在位置“2”的机械能。

物体由位置“2”落到位置“1”时，根据动能定理可得

$$mgh_2 = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2。移项后可得 mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 =$$

$\frac{1}{2}mv_1^2$ ，即物体在位置“2”的机械能等于物体在位置“1”的机械能。

$$\text{由上述两式可得：} mgh_3 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}mv_1^2，$$

此式表明，只有重力对物体做功时，物体在运动过程中，动能和势能之间可以相互转化，但动能和势能的总和保持不变，这就是机械能守恒定律（若物体还受到弹簧的弹性力对它做功时，机械能也守恒，因高中物理对弹性势能的计算未做要求，所以举例中未涉及弹性力做功和弹性势能）。验证机械能守恒定律的实验，除高中物理课本的学生实验外，还可参考本章阅读材料中的内容。

综观三、四、六章。可见，第六章（机械能）和第四章（物体的相互作用）教材内容，都是第三章（运动和力）教材内容的延续和深化。这三章都研究运动和力的关系。力的作用规律有三条：一是力的瞬时作用规律——牛顿第二定律；二是力对时间过程的积累作用规律——动量定理；三是力对位移过程的积累作用规律——动能定理。另外，还引申出两条守恒定律：动量守恒定律和机械能守恒定律。

牛顿第二定律表明物体受力的同时，立即获得加速度。但是物体的速度并不立即改变。要使物体的速度改变，必须经历一个“时间过程”或“位移过程”。如运动学所学过的，

$v_t - v_0 = at$ 和 $v_t^2 - v_0^2 = 2as$, 前者表明物体虽有加速度 a , 如果不经历时间过程 t , 物体的速度不可能有改变; 后者表明不经历位移过程 s , 物体的速度也不可能有改变。

二、疑难解析 知识小结

1. 功和做功的区别, 功的计算, 正功和负功的意义

(1) 功和做功的区别: 功是量度能量改变多少的物理量; 做功是指引起能量变化的物理过程。

(2) 功的计算: 公式 $W = FS \cos \theta$, 反映了做功必须具备力和位移两个因素。因此, 公式可理解成: 功的大小等于力和物体在力的方向上的位移的乘积, 即 $W = FS_F$ 。或者理解成功的大小等于沿位移方向上的力和位移的乘积, 即 $W = F_s S$ 。两个公式是等效的, 计算时, 可根据方便程度, 从其中选用一个公式。但要注意公式中力 F 是恒力。

恒力对物体做功, 无论物体做匀速直线运动、变速运动, 也无论物体是否还受其它力, 做功大小都由 $W = FS \cos \theta$ 确定 (变力做功不能用此公式)。

另外, 要明确哪个力、对哪个物体、在哪段位移上做功。这里讲的力, 可以是作用力, 也可以是合力或分力, 对应的功是作用力的功, 合力功或分力功。

(3) 正功和负功的意义: 由 $W = FS \cos \theta$ 可得:

当 $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$ 时, $W > 0$, 外力对物体做正功, 使物体动能增加;

当 $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$ 时, $W < 0$, 外力对物体做负功, 使物体动能减少。力对物体做负功也可以说成物体克服阻力做功。采用后一说法时, 功的大小用绝对值表示。

当 $\theta=90^\circ$ 时, $W=0$, 力对物体做零功(不做功), 物体动能保持不变。

因此, 正功、负功只是说明力对物体做功, 还是物体克服这个力做功, 绝不说明功具有方向。功的标量性还可以从公式 $W=FS\cos\theta$ 来理解: 不论力 F 和位移 S 的夹角 θ 多么不同(θ 在 $0^\circ\leq\theta<90^\circ$ 之间变化), 只要 $FS\cos\theta$ 的值一样时, 功都是相同的。说明功不是由方向决定的矢量, 而是标量。

2. 功率

功率是反映做功快慢的物理量。它等于功跟完成这些功所用时间的比值。公式 $P=\frac{W}{t}$ 。功率是标量, 单位是瓦特

(1瓦=1焦/秒), 还常用千瓦(1000瓦)、马力(735瓦)做单位。

用 $W=FS\cos\theta$ 代入 $P=\frac{W}{t}$, 得 $P=F\frac{s}{t}\cos\theta=Fv\cos\theta$ 。

当 F 与 v 的方向一致时, $P=Fv$ 。若 F 、 v 均为恒量, 那么 P 也是恒量。若 F 或 v 是变量: 当式中 F 或 v 取平均值时, P 是平均值; 当 F 或 v 取即时值时, P 是即时值。

从公式 $P=Fv$ 可知, P 一定时, F 与 v 成反比, 但不能由此得出 v 趋于零, F 趋于无限大。一部机器具有的功率、能达到的最大速度和能承受的最大作用力, 都有一定限度。在额定限度内, F 与 v 乘积总是等于功率 P , 公式 $P=Fv$ 才有真实物理意义。不能单纯从数学关系理解公式, 任意扩大公式适用范围。例如汽车发动机工作在额定功率时, 牵引力与运动速度成反比。汽车上坡时, 只能用减速来获得较大的牵引力, 就是这个道理。发动机额定功率是指发动机正常工作

时的最大输出功率。汽车行驶时发动机的输出功率可以是额定功率，也可以小于额定功率。当发动机输出功率小于额定功率时，汽车增大牵引力时，就加大输出功率，但速度可以不减。

3. 计算动能和重力势能应注意的问题

(1) 动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ，不出现负值，当物体静止时 ($v=0$)，没有动能 ($E_k=0$)。因为速度大小跟参照物的选取有关，所以动能大小也跟参照物的选取有关。通常取地球为参照物。

(2) 重力势能 $E_p = mgh$ ，高度 h 的大小跟参考平面的选取有关，计算时必须事先选定一个基准面，作为参考平面。对选定的参考平面， h 可以有正值、负值，从这个意义上说， h 不应叫“高度”，应叫竖直位移。相应的重力势能也有正值、负值。选取不同的参考平面，重力势能的值和正负可以不一样。但物体在两位置之间的重力势能的变化量与选取参考平面无关。

另外，从某种意义上说，重力势能不能离开地球而存在，没有地球，就没有地球对物体的作用，也就没有重力势能。所以重力势能不是物体单独具有的，而是物体和地球所共有的。我们平时说物体具有多少势能，只是一种简化的习惯说法而已。

为计算方便，通常选取地面，或物体运动的最低位置，做为重力势能的零参考平面。

4. 应用动能定理应注意的问题

(1) 动能定理由运动学公式和牛顿第二定律推出。因

此，它的研究对象应是单一物体，研究方法是先分析物体受力，再确定哪些力对物体做功。做功的力可以不作用于运动的全过程，而只作用于某一段位移或某一段时间。

(2) 动能定理反映了外力(物体所受的一切力)对物体做功的代数和；跟物体动能变化量之间的数量关系。因此，可以用所有外力做功的多少量度物体动能的变化量，也可以用动能的变化量量度所有外力(包括恒力和变力)做功的多少。

(3) 动能定理(或动量定理)虽然由牛顿第二定律和运动学公式推得，但其适用范围比牛顿第二定律更广泛。应用动能定理时，可以不考虑物体运动的路径是直线还是曲线；加速还是减速；受恒力还是变力；匀变速还是非匀变速；宏观还是微观。

(4) 应用动能定理解题的步骤：

①根据题意，确定研究对象，了解物理过程；②分析物体受力，判断哪些力做功(正功、负功、零功)，求出合功；③写出始、末状态的动能，以及它们的变化量(取同一惯性参照物)；④统一单位，用定理列方程求解。

(5) 动能定理和动量定理的异同。动能定理和动量定理都是描述物体受力过程中状态量的变化与过程量的关系。前者反映物体动能变化与合外力做功之间的关系，也就是物体动能的变化是合外力对空间的积累效果；后者反映物体动量变化与合外力的冲量之间的关系，也就是物体动量的变化是合外力对时间的积累效果。

值得注意的是：动能定理是标量式(由于功、动能和动能变化都是标量)，功的正负表示谁做功，动能变化量的正负表示动能增加或减少，都没有表示矢量方向的意义。而动