

全日制十年制学校高中课本

物理教学参考资料

上 册

(第二分册)

北京教育学院

30044

目 录

第六章	机械能	(1)
第七章	动量	(37)
第八章	机械振动和机械波	(65)
第九章	气态方程 气体分子运动论	(119)
第十章	内能 能的转化和守恒定律	(160)
学生实验		(174)

第六章 机 械 能

一、全章概述

本章是在运动学和动力学的基础上，讲述功、功率、动能、势能等几个基本概念，同时还讲述了动能定理、机械能守恒定律这两个基本规律。

功和能是物理学中两个极为重要的概念。能是物质运动的一般量度，而功又是能量变化的量度。它们关系密切但意义并不相同。这两个概念应用到物理学的各个部分，弄清它们的物理意义及它们的关系，不仅对于学习以后的机械振动、热力学第一定律、电场、直流电路、电磁感应、交流电路等有着重要的影响，而且还有助于学生把握住各部分知识之间的联系。

能量转化和守恒定律是自然界的一个普遍规律。它贯穿于整个物理学中，而学好机械能的概念和机械能守恒定律，是学生掌握能的概念和能量转化和守恒定律的第一步。

同时，本章对前几章所学的力学知识也有提高和概括的作用。所以，本章是全书的重点章。

本章教材可分为五个单元。第一单元讲授功和功率（教材第一、二节），第二单元讲授动能定理及其应用（教材第三、四节），第三单元讲授重力势能和弹性势能（教材第五、六节），第四单元讲授机械能守恒定律及其应用（教材第七、八节），第五单元讲授功能原理（教材第九节）。

关于功和功率的概念，学生在初中已经学过。教材是在初中教材的基础上又有提高和加深。

功的概念，教材通过实例强调了做功的两个必要因素，着重阐明了谁对谁做功的问题。正功和负功的问题不但要从公式 $W = F \cdot S \cdot \cos\alpha$ 加以讨论，并且要从概念上明确正功和负功的意义。

功率的概念，教材提出了平均功率和即时功率。物体做匀变速运动时，其功率要随时间而变化。要研究某一段时间的功率，就用平均功率；要研究某一时刻的功率，就用即时功率。

关于动能的概念，教材在初中物理的基础上，通过功和能的联系，结合牛顿第二定律和运动学公式，推导出动能的表达式，并阐述了动能的大小和哪些因素有关。

动能定理是力学中的一条重要规律。它贯穿于全章教材，是本章的重点知识之一。教材首先明确外力对物体所做的正功等于物体动能的增加，外力对物体所做的负功等于物体动能的减少。然后证明了合外力所做的功等于各外力所做功的代数和，由此得出了动能定理。

应用动能定理解决力学问题，往往比直接用牛顿定律要简便。第四节教材中所选用的三个典型例题，是与第三节教材的内容紧密联系的。要使学生掌握好用动能定理解题的基本方法。

重力势能和弹性势能的概念都是通过研究重力做功和弹力做功而建立起来的。

重力对物体所做的功只与起点位置和终点位置有关，而与路径无关，教材得出 $W = E_{p1} - E_{p2} = -\Delta E_p$ ，即重力对

物体所做的功等于物体重力势能增量的负值的结论。这与前边动能定理所得 $W = \Delta E_k$ 的结论不同，教学中应注意加以区别。

教材还对重力势能作了讨论。一是重力势能的相对性。二是重力势能为物体系统所具有。在这一点中，提出了重力势能的正负。在第二点中，阐明了势能都为物体系统所具有。从重力势能的概念还引深得出分子势能、电势能的概念。对上述问题，只要求学生有所了解，而不要求进一步深入讨论。

弹性势能和重力势能有很多相似之处。教材也是从弹力对物体做功出发，引出弹性势能。弹力所做的功也与路径无关，但教材不要求对这一点作过多的讨论。

关于机械能守恒定律，教材首先通过事例分析了动能和势能（重力势能或弹性势能）的互相转化，从而说明，在重力或弹力对物体做功时，机械能可以从一种形式转化成另一种形式。然后以动能和重力势能为例，进一步定量地证明，只有重力做功时机械能保持守恒。最后总结出只有重力和弹力做功的物体系统内，动能和势能可以相互转化，而总的机械能保持不变。

机械能守恒定律的应用，教材选了三个例题，讲解这三个例题，要注意强调机械能守恒定律的适用条件，以避免学生乱套这个定律的公式。教材不要求解那些把动能、重力势能、弹性势能都包括在内的题目。

关于功和能，教材首先通过事例说明机械能不守恒的现象是普遍存在的。然后分析了机械能不守恒的原因。通过分析得出：机械能不断增加，是因为有外力（除重力和弹力

外)对物体做了正功,机械能不断减少,是因为有外力(除重力和弹力外)对物体做了负功。最后根据动能定理,推证出功能原理。教材在这里着重于阐明功的含义,使学生理解功和能的关系,知道功是能量转化的量度。不要求学生应用功能原理来解题,因为这些问题用动能定理都可以得到解决。

本章的重点内容是:功、功率,动能和势能(包括重力势能和弹性势能)等概念以及动能定理、机械能守恒定律。

本章的难点是:动能、势能(包括重力势能与弹性势能)概念的引入;机械能守恒定律的适用条件。

在过去使用的教材中,动能和势能的概念都是从“能是物体做功的本领”这一定义而引入的。而本教材中动能、势能概念的引入,都是从功与物体运动状态的变化之间的联系而引入的。这种引入方法,有助于向学生渗透能量是物质运动的一般量度的物理含义,使学生初步了解到能是由物体运动状态而决定的物理量。因而,教材中动能、重力势能、弹性势能的定义方法更为本质也更加严密。但是,其抽象概括程度较高,学生接受起来比较困难。因此,在教学过程中应力求由简到繁,由具体到抽象,使学生较容易接受。同时,关于能的物理意义,学生要有个认识过程。只有在结合解决具体问题的过程中,不断讨论,逐步引深,才能有较完全的理解。

机械能守恒定律就其本身内容而言,学生掌握它不会有多大困难。但是,机械能守恒定律的适用条件是一个难点。学生往往对于什么问题中可以用机械能守恒定律,什么问题中不能用机械能守恒定律,不会区分。这就要求教师在教学

中要突出机械能守恒定律的适用条件，要通过对具体问题的分析，逐步培养学生分析判断在一个具体问题中，机械能是否守恒的能力。对学生的这种分析问题能力的培养，是学好物理的一个重要条件。

(一) 目的要求

1.理解功的概念，明确力和在力的方向上发生的位移是做功的两个必要因素。掌握功的计算公式 $W = F \cdot S \cdot \cos\alpha$ ，并会运用功的公式解决实际问题。明确功是个标量，掌握功的单位，理解正功和负功的意义。

2.掌握功率的概念和公式。掌握功率的单位及其换算关系。理解平均功率与即时功率的区别并会进行计算，会运用公式 $P = FV$ 分析和解决实际问题。

3.理解动能、势能的概念，熟练掌握动能、重力势能及弹性势能的公式。

4.熟练掌握动能定理、机械能守恒定律，并能解决有关的实际问题。

5.理解功和能的关系，了解功能原理，进一步了解功是能的转化的量度。

(二) 课时安排

第一节	功	1课时
第二节	功率	1课时
第三节	动能 动能定理	2课时
第四节	动能定理的应用	2课时
第五节	重力势能	2课时

第六节	弹性势能	2课时
第七节	机械能守恒定律	1课时
第八节	机械能守恒定律的应用	2课时
第九节	功和能	1课时
〔学生实验〕	验证机械能守恒定律	1课时
复习课		1课时
测验		1课时
共计:	17课时	

二、教学建议

第一节 功

(一) 目的要求

通过讲述和讨论使学生在初中已有知识的基础上,明确物理学中机械功的概念及机械功跟“做工”、“工作”含义的区别。明确功是一个标量,掌握功的计算公式及其单位。弄清正功、负功的物理意义。

(二) 教材分析和教法建议

1. “功”这个概念是从人们长期的生产实践和科学实验中逐渐形成的,它和“做工”、“工作”等概念有一定的联系。但是在物理学中所讲的“功”,是具有比较狭窄而严格的含义的,必须把“功”与“工作”严格区分开来。因此,

教师在引入功的概念时，通过对具体问题的分析，使学生对上面所说的问题留下深刻的印象。

教师还要通过对大量具体问题的分析，使学生明确力和在力的方向上发生的位移，是做功的两个不可缺少的因素。为说明这点，可以举下列三种不做功的情况。

(1) 物体在外力作用下静止不动；

(2) 物体在不受外力的情况下，依靠惯性作匀速直线运动；

(3) 物体所受外力的方向与位移方向垂直。

2. 关于功的计算。教材从“功”的两个必要因素出发，通过复习初中有关功的计算，从特殊到一般，运用力的分解的知识，最后得出 $W = F \cdot S \cdot \cos\alpha$ 的结论。

在讲授上述公式时，教师应引导学生注意以下几点。

(1) W 为力 F 对物体所做的功。

(2) $W = F \cdot S \cdot \cos\alpha$ ，只有在 $F \cdot S \cdot \cos\alpha$ 三者都不为零的情况下，才有功。

(3) W 为一个标量。

(4) 教材中导出 $W = F \cdot S \cdot \cos\alpha$ ，是通过把力 F 分解得到的（图6—1），即

$$W = F_1 \cdot S.$$

$$\because F_1 = F \cdot \cos\alpha,$$

$$\therefore W = F \cdot S \cos\alpha.$$

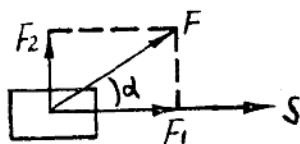
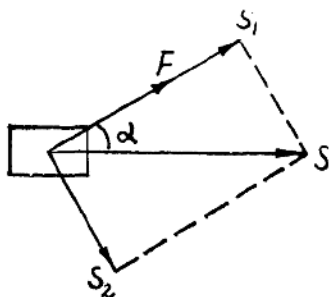


图6—1

还可向学生说明，如图6—2所示，把位移 S 分解也可得出同样的结论。



$$W = F \cdot S_1$$

$$\because S_1 = S \cdot \cos \alpha$$

$$\therefore W = F \cdot S \cdot \cos \alpha.$$

图6—2

向学生说明这种方法有助于开阔学生的思路。在有些问题中把力分解来求功方便，但在另一些问题中把位移分解来求功较为方便。

3. 功的单位在国际单位制中为焦耳。同学在初中所学功的单位为千克·米。当 g 取 9.8 米/秒²时，1千克米 = 9.8 焦耳，而 g 取 10 米/秒²时，1千克米 = 10 焦耳。另外，在厘米·克·秒制中功的单位为尔格，至于尔格与焦耳间的换算关系可留给同学在作业中（教材第182页练习一中第2题）自己去推算。

4. 力对物体做正功还是负功，教材是通过对公式 $W = F \cdot S \cdot \cos \alpha$ 的进一步分析和讨论而得出的。

当 $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ 时， $W > 0$ ， F 对物体做正功；当 $\frac{\pi}{2} < \alpha < \pi$ 时， $W < 0$ ， F 对物体做负功。考虑到以后的实际应用，对 $\alpha = 0$ 时， $W = FS$ ； $\alpha = \frac{\pi}{2}$ 时， $W = 0$ ； $\alpha = \pi$ 时， $W = -FS$ 几种情况也应加以分析和讨论。

为使學生明确正功和负功的概念，可举下面的例题引导学生进一步分析和讨论。

〔例题〕地面上有一个重 200 牛顿的物体，它与地面的摩擦系数为 0.1，水平拉力 F 为 30 牛顿，使物体前进 100 米，求：①物体所受各力对物体所做的功，②物体所受合外力的功。

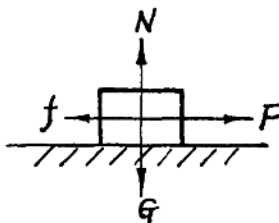


图6—3

解：首先对所研究对象进行受力分析。物体受四个力，即重力 G ，地面的支持力 N ，水平拉力 F ，地面对物体的摩擦力 f （图6—3）。

① $\because$ 重力 G 与支持力 N 都与位移方向垂直， $\therefore W_G = 0$ ， $W_N = 0$ 。

F 对物体所做功 $W_F = F \cdot S \cdot \cos\alpha$ ，此时 $\alpha = 0$ 。

$\therefore W_F = FS = 30 \times 100 = 3000$ （焦耳）

f 对物体所做功 $W_f = f \cdot S \cdot \cos\alpha$ ，此时 $\alpha = \pi$ 。

$\therefore W_f = -f \cdot s = -200 \times 0.1 \times 100 = -2000$ （焦耳）

②利用正交分解法求合力 ΣF ， $\because G$ 与 N 是一对平衡力， $\therefore \Sigma F = F - f$ 。

合外力对物体所做的功为 $W = \Sigma F \cdot S = (30 - 20) \times 100 = 1000$ （焦耳）。

解完此题后，可将物体所受合外力所做的功，与物体所受各力所做功的代数和加以对比，从对比中可发现二者量值完全相同。这可为后面动能定理的讲述打下基础。

教材中还提出了“物体克服阻力做功”这种提法，要使

学生明确“阻力对物体做负功”与“物体克服阻力做功”这两种说法其含义是相同的，但是，只要提到“物体克服阻力所做的功”，其值就是正的。在教材中是以质点动能定理为重点，因而还应以阻力对物体做负功这种说法为主，而且其物理含义也更为明确。

5. 后面讲解弹性势能时要涉及到求变力做功的问题，为

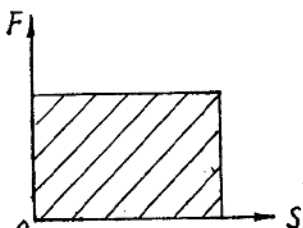


图6—4

了给后面作准备，可补充介绍用图解法求功的方法。

当物体受一恒力 F 作用发生位移时， F 对物体所做功 $W = F \cdot S$ ， $F \cdot S$ 正好为此图线所围面积。所以，可用 F 与 S 轴所围的面积来表示功

W 。功 W 在示功图（图 6—4）中，可用标有斜线的面积来表示。因为，学生在以前就学过运用 $V-t$ 图线来求位移，因而接受这种方法，并不困难。

当物体受一变力（只是大小改变） F 作用发生位移时（图 6—5）， F 对物体所做功用图解法求就很方便了。

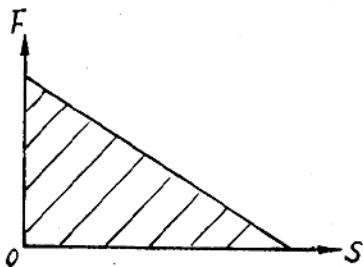


图6—5

这时 F 与 S 所围三角形的面积就是力 F 所做的功，

$$\text{即 } W = \frac{1}{2} F \cdot S。$$

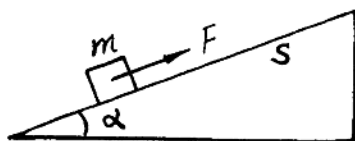
7. 下列补充题，可作为课堂讨论使用：

（1）质量为 m 的小球系于长为 L 的绳子的一端，绳的另一端系于钉在

水平桌面的钉子上,小球以速度 V 在这光滑的水平桌面上做匀速圆周运动,当小球转一圈时,求绳的张力对小球所做的功。

〔答案: 0〕

(2) 质量为 m 的物体, 在斜面上受一平行于斜面而向



上的拉力作用由斜面底端匀速上升到斜面顶端, 斜面长为 S , 倾角为 α , 物体与斜面间摩擦系数为 μ , 求

图6—6

①物体所受各力对物体所做的功, ②物体所受合外力对物体所做的功。

〔答案: ① $(mg\sin\alpha + mg\cos\alpha\mu)S$; $-mg \cdot S \cdot \sin\alpha$; $-mg\cos\alpha \cdot \mu \cdot S$; 0, 0; ② 0〕

(3) 汽车拉拖车共同前进100米, 汽车与拖车间相互作用力为1000牛顿, 求: ①汽车对拖车所做的功; ②拖车对汽车所做的功; ③汽车克服拖车拉力所做的功。

〔答案: ① 10^5 焦耳 ② -10^5 焦耳, ③ 10^5 焦耳〕

第二节 功 率

(一) 目的要求

1. 使学生理解功率的物理意义。掌握功率的定义式

$P = \frac{W}{t}$ 、功率的单位和单位间的换算关系。理解平均功率与即时功率的区别和联系。明确公式 $P = FV$ 的物理意义, 会运

用此公式进行有关问题的计算。

(二) 教材分析与教法建议

1. 教材通过具体比较两台机器做功的“快慢”不同，而引入了功率这一概念。这样引入功率的概念，就突出了功率是用来表示做功快慢的物理量。

学生对做功的快慢往往不容易很快理解，而且还容易与做功多少相混淆。为了强调做功的快慢，还可举一两个具体问题让学生思考，讨论。

〔例〕甲乙两台机器，甲在10秒钟内做了1000焦耳的功，乙在2秒钟内做了600焦耳的功，这两台机器谁做功快？

2. 为了比较做功的快慢，就需要引入功率的概念。根据功率的定义可得出 $P = \frac{W}{t}$ 这一公式，对于此式要求学生明确以下几点。

(1) 公式中的时间 t 必须是完成功 W 所经历的时间，否则就没有意义。

(2) 公式中的 P 一般是指在 t 时间内的平均功率。例如：火车头在 t 时间内，把列车从甲站牵引到乙站，共做功为 W ，由于在这段时间内火车每时每刻的功率——即做功的快慢并不是均匀一致的，所以 P 只能表示在 t 时间内的平均功率。做功的快慢均匀不变时，就称为匀功率。

(3) 在实际问题中，机械的功率往往是变化的，为了描述某一个力或某一个机械在某一时刻的做功快慢，我们就要引入即时功率这一概念。求即时功率的方法和求即时速度的方法一样。根据某一时刻的即时功率，就是从这一时刻起极短时间内的平均功率就可求出即时功率。

3. 功率的单位有瓦特、千瓦、千克力/秒、马力等, 要使学生掌握它们之间的换算关系。为此, 可让学生练习几个单位换算的小题。

4. 公式 $P = FV$ 学生不很容易理解此式的实际意义, 因而在使用中不加分析而乱套公式的现象。对此式含义的分析以及此式的运用应注意以下问题。

(1) 公式中的 F 是指沿位移方向的力, 所以 FV 不用乘以 $\cos\alpha$ 了, 但是, 若在具体问题中, 用 F 代表了物体所受的合力, 而 F 与 V 的方向又不一致而有夹角 α , 此时 $P = FV \cos\alpha$ 。

(2) $P = FV$ 式中 V 为平均速度时, 所求功率为平均功率; V 为即时速度时, 所求功率为即时功率。一般来说, 求即时功率都要由此公式来求。为说明上述问题可举一例题让学生练习。

〔例〕一个重10牛顿的物体做自由落体运动, 求重力在第1秒内的平均功率和第1秒末的即时功率。〔答案: 49瓦, 98瓦〕

求第1秒内平均功率可用第1秒内的平均速度与重力相乘; 求第1秒末的即时功率可用第1秒末的即时速度与重力相乘。

(3) 教材中第181页所举例题, 主要是通过对此题的分析使学生明确额定功率的意义以及当 P 一定时 F 与 V 的相互制约关系。对此例题要重在分析。为便于分析, 可将此题稍加改动。

〔例题〕卡车的发动机的额定功率是90马力。设在水平公路上行驶时受到的阻力是300千克, ①当卡车以速度54千

米/小时匀速行驶时，卡车发动机的实际输出功率是多少？

②若阻力不变，求卡车匀速行驶的最大速度是多少？

解：分析此题时，首先要向学生讲清什么是发动机的额定功率。额定功率是发动机正常工作时的最大的输出功率，这是一个正常工作时的限额，不是汽车发动机在工作时输出功率在各个时刻都为此值。

然后让学生解第①问，解出此时汽车发动机实际输出功率只有60马力，用此结果对上述的分析再加以说明。

在分析第②问时，要引导学生弄清最大速度的物理含义。要明确指出由于额定功率是发动机正常工作时的最大输出功率，所以在额定功率下的速度就是最大速度。

第三节 动能 动能定理

(一) 目的要求

使学生理解动能概念，掌握动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 的计算以及动能的单位。熟练掌握动能定理，能运用这一定理分析计算实际问题。

(二) 教材分析和教法建议

1. 动能概念是通过复习初中有关知识及结合具体事例的分析而引入的。

动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 的推导，是教材的一个难点。教材从功与运动状态有密切的联系这点出发，运用牛顿第二定律及

运动学公式得出了 $W = \frac{1}{2}mv^2$ 。然后说明与外力所做的功密切联系物理量不是 V 而是 $\frac{1}{2}mv^2$ 。 $\frac{1}{2}mv^2$ 就定义为动能。

教材中关于功和动能的关系的论述，学生看了不易明白。建议教师可通过列表的方法，引导学生共同分析讨论。

〔表一〕

	F	S	W	m	a	v	$\frac{1}{2}mv^2$
1	2F	$\frac{1}{2}S$	W	m	2a	v	$\frac{1}{2}mv^2$
2	$\frac{1}{2}F$	2S	W	m	$\frac{1}{2}a$	v	$\frac{1}{2}mv^2$
3	2F	S	2W	m	2a	$\sqrt{2}v$	$2 \times \frac{1}{2}mv^2$
4	3F	S	3W	m	3a	$\sqrt{3}v$	$3 \times \frac{1}{2}mv^2$
5	F	2S	2W	m	a	$\sqrt{2}v$	$2 \times \frac{1}{2}mv^2$
6	F	3S	3W	m	a	$\sqrt{3}v$	$3 \times \frac{1}{2}mv^2$
7			nW	m		$\sqrt{n}v$	$n \times \frac{1}{2}mv^2$

〔表一〕中 m 不变， w 是通过 $W = F \cdot S$ 求出的； a 是通过 $a = \frac{F}{m}$ 求出的； V 是通过 $V = \sqrt{2aS}$ 求出的。

表中第(1)、(2)行说明 W 不变时 (F 和 S 都为可变的，但是其积是不变的)， $\frac{1}{2}mv^2$ 保持不变。

表中第(3)—(6)行说明当 W 变化时，只有 $\frac{1}{2}mv^2$ 的变化是与 W 相同的，而 V 的变化却与 W 是不同的。

表中第(7)行概括了以上的讨论，说明当 W 为原来的 n 倍时，物体的速度只为原来的 $\sqrt{n}$ 倍，只有 $\frac{1}{2}mv^2$ 为原来的 n 倍。

通过〔表一〕的分析就不难看出与外力功 W 有密切联系