

中学生课外读物丛书

物 理 世 界

趣 谈 机 械 能

张 越 编

上海科学技术出版社

中学生课外读物丛书

物理世界

趣谈机械能

张越编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行

江苏溧水印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 4.625 字数 100,000

1990年6月第1版 1990年8月第1次印刷

印数 1—5,800

ISBN 7-5323-1985-7/G·329

定价: 1.45元

编辑出版说明

本《丛书》是一套为广大中学生提供的课外读物。第一批先编辑出版数学、物理、化学三门学科的分册。目的是为了引导学生开发思维,拓广知识视野,充实数、理、化各门学科本身的知识及这些知识在实际中的应用。但所涉及的基本知识不超过全日制中学数、理、化教学大纲所规定的范围。

本《丛书》的特点是知识性与趣味性相结合。注意揭示数、理、化知识本身内在的联系与规律;重视联系实际应用,联系邻近学科,使学生学到的知识能融会贯通;同时适当介绍学科领域里的新进展,以帮助学生开阔眼界。

本《丛书》的体例不拘泥于章节编排,而以专题篇目的面貌出现。各篇内容既有相对联系的系统性,又有相对的独立性,既体现生动活泼,又注意科学严谨。适合于广大初、高中学生阅读。

在组织编写本《丛书》的过程中得到上海市教育局教研室有关同志的热忱指教和协助,在此表示衷心致谢。由于编写出版时间仓促,《丛书》中的缺点及不当之处在所难免,欢迎广大读者提出批评指正。

编 者 的 话

本书是一本中学生课外读物。内容涉及功、功率、动能、势能、功和能的关系、动能定理、机械能守恒定律等基础知识及其广泛应用。

叙述形式上既有历史回顾，又有轶闻趣事；既有概念辨析，又有规律阐述；既有难题解析，又有实际应用。同时还配有一定数量的问题和习题，小实验和小制作。内容充实，富有趣味性。

本书可以作为高中学生学习物理的辅助读物，课堂学习的补充材料，也可以作为课外提高用的选修课教材，还可以作为广大青年读者发展个性特长的自学资料。

目 录

一、能量世界的发现

1. 缺乏生气的古代物理学[1]
2. 莱布尼兹带来了“活力”[2]
3. 达朗贝尔的裁决[3]
4. 焦耳和扬的贡献[4]

二、含义狭隘的机械功

1. 怎样才算做功[6]
2. 如何计算功[8]
3. 比较做功的快慢[8]
4. 你能区分这些概念吗[10]
- 想与练(二)[20]

三、用途广泛的动能

1. 动能跟人类休戚相关[24]
2. 动能的量度方法[26]
3. 各具特点的“连家三兄弟”[27]
4. 掌握“动能定理”这个法宝[30]
5. 动能定理的巧妙应用[34]
- 想与练(三)[39]

四、潜在的能量——势能

1. 为什么有威胁感[42]
2. 劳而无功的远征——势能的引入[43]

3. 重力势能和引力势能	[46]
4. 弹性势能及其量度	[50]
5. 势能的释放	[58]
想与练(四)	[60]

五、奇妙的机械能守恒

1. 操纵游乐场的魔手	[65]
2. 机械能守恒的例证	[67]
3. 机械能守恒的条件	[70]
4. 机械能守恒的妙用	[71]
想与练(五)	[94]

六、机械能的损耗与获取

1. 摩擦是机械能的“天敌”	[100]
2. 摩擦角	[101]
3. 枉费心机的设计——永动机	[106]
4. 机械能的获取	[121]
想与练(六)	[124]

参考答案

能量世界的发现

当今世界上无论是六、七岁的小学生还是年逾古稀的老人都知道能量这个名词。十万马力“阿童木”、“星球大战”的高能武器、变形金刚的能量块，无一不是描写能量的巨大作用。现代人生活中、生产中离不开机械能、热能、电能、化学能、光能、原子能的利用。能源短缺给人类带来了潜在的危机，开发新能源成为 21 世纪的重大研究课题。

可是，你是否知道，能的概念和规律是力学中解决得最晚的一个问题，它的诞生几经周折，非同寻常。从概念初步形成到建立完整的一套术语，经历了 150 年时间。

1 缺乏生气的古代物理学

在 17 世纪之前物理学虽然有非常巨大的成就，但跟以后的物理学相比是缺乏生气的。人们最早对物理学的研究集中在对运动的研究上。运动永恒，运动不灭的思想推动着物理学的发展。牛顿三大定律的建立是力学发展的一个里程碑。但是究竟应当怎样来量度运动呢？开始人们用速度来量度，速度大运动量大，速度小运动量就小。但伽里略发现单就速度并不解决问题。例如两个质量不同的球同时从同一高度落地，它们的速度是相同的，但是对地面的打击效果是不一样的。质

量大的打击力大,质量小的打击力小,伽里略认为必须用质量和速度两个量同时测量物体的运动,可惜他没有把这个问题研究下去。后来物理学家、数学家笛卡儿(1596~1650年)对这个问题深入研究,利用碰撞理论通过数学方法证明了“动量守恒定律”,于是用动量 mv 来量度物体的运动,指出动量是比速度更科学的量。不过,在当时并没有能量这样的概念。无法解释滑行的物体在摩擦力作用下停止时,运动的量到哪里去了?在当时更无法建立物理学各部分,如力与热,电与热,化学反应与物理效应之间的种种联系。可以说物理的各部分是孤立的,物理学对其他科学也是孤立的,也就是说缺乏生气的。

2 莱布尼兹带来了“活力”



戈特弗里德·威廉·莱布尼兹

图 1-1

德国数学家和哲学家莱布尼兹 1686 年著文对笛卡儿的观点提出了反对意见,他认为在自然界中存在着另一个 mv^2 的量,将它称为“活力”。于是出现了将 mv 改写成 mv^2 有必要吗、量度运动用 mv^2 有什么根据等问题。

且看如下的事实:

将物体以 v_0 速率上抛,上升高度为 H ,若抛出速率为 $2v_0$,物体达到的高度将不是 $2H$,而是 $4H$ 。若上抛速度为 $3v_0$,物体达到的高度将是 $9H$ 。显然高度跟速度的平方成正比。据此莱

布尼兹建议用质量 $\times$ 速度平方来测量运动大小。

事实上在这之前 1669 年惠更斯在研究碰撞问题时已经发现在完全弹性碰撞前后 mv^2 这个总量值保持不变。只是没有提出“活力”这个名称。

莱布尼兹的意见引起了运动的两种量度的激烈争论。许多学者都参加了这场论战, 争论的焦点是究竟用 mv 还是 mv^2 来量度运动? 在自然界中这两个值哪个没有改变? 这场争论无论在 17 世纪还是在 18 世纪一直没有平息下来。

3 达朗贝尔的裁决

法国著名力学家、理论力学权威达朗贝尔(1717~1783 年)在他 1743 年所著《动力学》中对这场争论作了裁决, 他既同意莱布尼兹的观点, 又认为可以用动量来量度运动。

他认为, 一个以 5 米/秒的速率上抛的物体, 要 0.5 秒才完全丧失运动能力(即达到最高点), 当速度扩大到 2 倍, 则需要 1 秒钟丧失运动能力; 速度扩大到 3 倍的话丧失运动能力的时间就扩大到 3 倍, ……。这就是说物体在重力作用下爬高的能力从时间上看跟速度成正比, 因此笛卡儿用质量 $\times$ 速度来衡量运动的大小同样是正确的。

达朗贝尔的言论具有“权威性”。他居然把两把尺子全承认, 在当时引起了极大的混乱。人们同时采用动量和活力来



让·莱隆·达朗贝尔

图 1-2

量度运动，显然大家都知道质量 $\times$ 速度不等于质量 $\times$ 速度平方。但是不知道在什么情况该用动量来量度，什么情况该用活力来量度。

4 焦耳和扬的贡献

19 世纪以前的物理学的发展水平，使大多数科学家只认识到机械运动是运动，尚不知道热现象，电现象，化学现象等等都是运动。



焦耳

图 1-3

后来人们才逐渐知道机械运动跟机械运动之间的转换可以用动量来量度，机械运动转化为其他运动(如热、电、光、化学等运动)可以用“质量 $\times$ 速度平方”来量度，不能用动量来量度。这项工作是由英国物理学家焦耳通过大量的实验加以确认的。

1807 年，英国物理学家托·扬建议用能量这个词来代替“活力”。它的大小为 $\frac{1}{2}mv^2$ ，并指出能量还表示物体的工作本领，引入功的概念。具有能量的物体能够做功；做功也得消耗能量。

18 世纪末欧洲各国生产发展很快，在工业生产中许多机械都有机械运动和热的转化，蒸汽机，电堆，电磁感应发电机相继出现，终于在 19 世纪四十年代由德国青年医生迈尔

发表了划时代的定律——能量守恒与转化定律。至此，一个完整的能量世界才被人们发现出来了。

如果别人问你，能量是什么？你可以这样简单地回答他：能量是物质运动的一般量度。相应于不同形式的运动，能量分为机械能、分子内能、电能、化学能、原子能等。当物质的运动形式发生转变时，能量形式同时发生转变。能量可以在物质之间发生传递，这种传递过程就是通过做功和传递热。自然界一切过程都服从能量守恒和转换定律，物体要对外界做功，就必须消耗本身的能量，或从别处得到能量的补充。因此，一个物体的能量愈大，它对外界就有可能作更多的功。

含义狭隘的机械功

自然界中通常因物体能够做功而显示出物体具有能，能量的变化通过做功的多少来量度。因此说到能量就不能不涉及到功的概念。

物理学中功的定义跟生活上、生产中辛苦，疲劳，有成绩，有贡献，立功劳的“功”是大不一样的，机械功的含义是十分狭隘的。

1 怎样才算做功

物理学上的功必须有两个要素，即力和位移，但这样说还不够，必须指出功是力和力的方向上通过的位移的乘积。这就是说必须在力的方向上有位移，或者说在位移的方向上有作用力。如果力和位移相垂直，那么在位移的方向上没有力，在力的方向上无位移，这个力就不做功。

某人手托住可能倾倒的木板；手拉住山崖上垂危的失足者，手举沉重的钢铃纹丝不动(图 2-1)，他们虽十分费劲，但是都不做功。即便举重运动员举着钢铃匀速前进，运动员也不做功。

功的含义中还告诉我们，力和位移必须是同时发生的，而不是先后发生的。

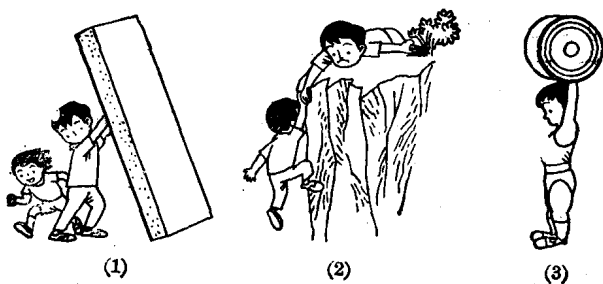


图 2-1

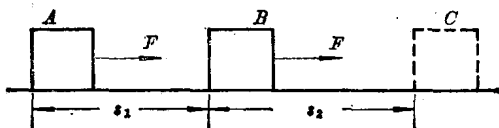


图 2-2

如图 2-2 所示，物体在光滑桌面上从 A 点起在水平力 F 作用下移动位移 s_1 ，到达 B 点后撤去作用力，物体又前进了 s_2 米，求力所做的功。

这里尽管 $s_1 s_2$ 都是力的方向上发生的位移，但力所做的功是 $W = Fs_1$ 而不是 $F(s_1 + s_2)$ 。

又如，足球运动员用 100 牛力踢一个足球，足球前进 20 米停止，能不能求出踢球所做的功？

这个问题中 100 牛和 20 米不是同一时间内的数据，这里不知道力作用时发生的位移，也不知道足球前进时受到的作用力，因此无法计算力所做的功。

2 如何计算功

当力和位移成一定夹角时计算功的公式写作

$$W = Fs \cos \theta。$$

这个公式正确反映了功的两个要素，它包含了力做功的各种情况： F 与 s 在同一方向则 $W = Fs$ ； F 与 s 相垂直 $W = 0$ ； F 与 s 成锐角 ($\theta < 90^\circ$) 力对物体做功 (称为正功)； F 与 s 成钝角 ($\theta > 90^\circ$) 物体克服这个力做功 (称为负功)。

对这个公式既可以理解为 $W = F \cos \theta \cdot s$ ，如图 2-3 所示。也可以理解为 $W = Fs \cos \theta$ ，如图 2-4 所示，牧童拉着一只山羊走下弯曲的山坡，山坡的高为 h ，求重力对羊所做的功。

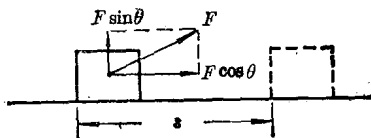


图 2-3

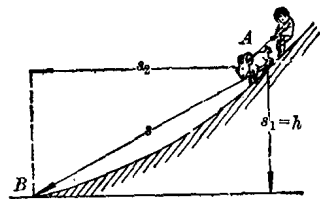


图 2-4

从山坡顶 A 至坡底 B ，羊的位移是 s ， s 与重力 G 的夹角是 θ ，则 $s \cos \theta = h$ ，根据功的公式

$$W = Fs \cos \theta = Gh，$$

这里如果采取分解重力的方法则没有如此简便。

3 比较做功的快慢

平时在完成工作任务时有快手慢手的不同，在物理上完

成功也有快慢的区别,将一箱 600 千克货物运到 10 米高的楼上,由四个人抬着上去需要 10 分钟,用起重机吊着上去只需 1 分钟,为了比较做功快慢程度引入了功率的概念,功率写作

$$P = \frac{W}{t}。(\text{单位: 瓦})$$

上面例子中四个人抬时的功率 $P_1 = \frac{600 \times 9.8 \times 10 \text{ 焦}}{600 \text{ 秒}} =$

98 瓦,电动机吊的功率 $P_2 = \frac{600 \times 9.8 \times 10 \text{ 焦}}{60 \text{ 秒}} = 980 \text{ 瓦}。$

将 $W = Fs$ 公式代入功率的公式,得到

$$P = \frac{Fs}{t}, \text{ 由于 } \frac{s}{t} = \bar{v},$$

$$\therefore P = F\bar{v}。$$

上式中 $\bar{v}$ 是平均速度,对匀速运动来说 $P = Fv$, v 是匀速运动的速度。这就是说功率等于力和速度的乘积。

当我们骑着自行车在水平路面上匀速前进的时候(图 2-5),常常会有一种疑惑:为什么在快速运动时人会感到气急劳累,而缓慢运动时人却心平气和。按理不考虑空气阻力的话,在这两种情况下,人和车受到阻力是相同的,也就是说人蹬车所用的力是相同的,这种用同样的力,有感觉不同是什么原因呢?

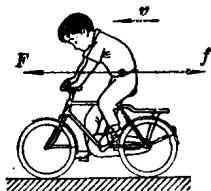


图 2-5

现在你应当清楚了,不能全部用力来说明这种现象。必须用力 and 用力时的速度两个因素来考虑问题。力虽然一定,速度大即功率大,而功率又是单位时间内,能量转化的数量,人在单位时间内消耗的能量越大,就越感到气急劳累。

4 你能区分这些概念吗

(1) 额定功率和实际功率，你也许很熟悉这两个名称。它们有什么区别呢？请看下列一组“镜头”。

一名运动员在剧烈的奔跑抗争中，突然倒下，不省人事；一辆汽车正在爬坡，突然熄火“放炮”了，车停着不能动弹；一台电动机吊起一箱货物艰难地上升，突然冒出白烟烧毁了。这是什么缘故呢？原来每种机械做功的快慢都有一个限度，称为额定功率，这是因为机械在工作时每秒钟转化的能量不能过多，否则在出现“供不应求”时就会产生故障，或损坏。机械结构不同，这个额定的值不同。因此额定功率就是机械长时间工作允许达到的最大功率。机械可以长期工作在额定功率范围之内，不能较长时间工作在超额定功率状态。

所谓实际功率就是小于或等于额定功率情况下实际消耗的功率。若额定功率用 P_m 表示，实际功率用 P 表示，则应有

$$P \leq P_m。$$

知道了额定功率就能求出在恒定牵引力作用下长时间工作的最大允许速度 v_m ，

$$v_m = \frac{P_m}{F}。$$

例1 汽车的额定功率为120千瓦，若阻力是 10^4 牛，那么他的最大速度是多少？如果汽车上坡时阻力变为 4×10^4 牛，那这时最大速度是多少？

解 $v_m = P_m / F = 1.2 \times 10^5 / 10^4$ 米/秒 = 12 米/秒。
当上坡时 $v'_m = P_m / F' = 1.2 \times 10^5 / 4 \times 10^4$ 米/秒 = 3 米/秒。

例2 汽车自静止起加速起动,若保持功率不变,在其达到最大速度之前,汽车的运动将是哪一种运动?

- (A) 匀加速运动; (B) 匀减速运动;
(C) 加速度逐渐增大的运动;
(D) 加速度逐渐减小的运动。

解 汽车保持功率不变,则只有牵引力减小时其速度才可以逐渐增大。根据牛顿运动定律,当力减小时,物体的加速度将减小,因此答案只能是(D)。

(2) 平均功率和瞬时功率 一般地说公式 $P=Fv$ 中 v 是平均速度,因此求得的功率是平均功率。但是将物体运动的总位移分成若干段,那么每一段中的平均功率是不相同的。如果把位移分得无限多,就可以求得这些极短时间内的平均功率,这就是即时功率。即时功率表达式可以写成 $P_t=Fv_t$, v_t 是即时速度。

例1 质量为1千克物体自由落下,历时为2秒,求这个过程中的平均功率和2秒末的即时功率。($g=10$ 米/秒²)

解 自由落体末速度 $v_t=gt=10 \times 2$ 米/秒 $=20$ 米/秒。

因此平均速度 $\bar{v}=\frac{v_t}{2}=10$ 米/秒。则平均功率

$$\begin{aligned}\bar{P} &= F\bar{v} = mg\bar{v} = 10 \times 10 \text{ 瓦} \\ &= 100 \text{ 瓦},\end{aligned}$$

即时功率

$$\begin{aligned}P_t &= Fv_t = mg(gt) = 10 \times 20 \text{ 瓦} \\ &= 200 \text{ 瓦}.\end{aligned}$$

例2 质量为1千克的物体,以初速度 $v_0=5$ 米/秒水平抛出。求2秒末的即时功率($g=10$ 米/秒²)。

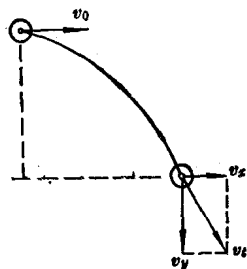


图 2-6