



能量世界



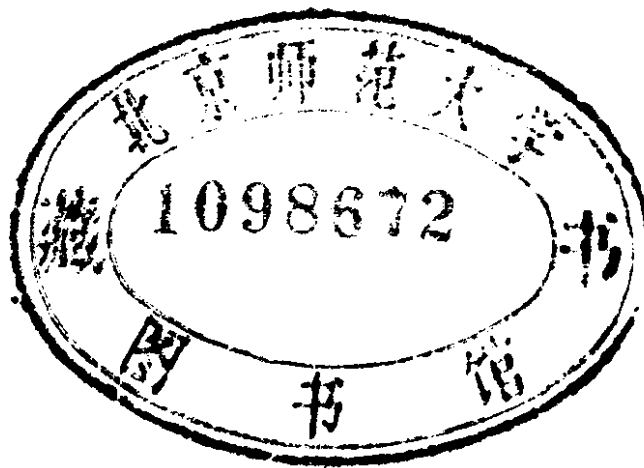
艾 瑛 编

科学出版社

741/152/26

能 量 世 界

艾 瑛 编



科 学 出 版 社

1 9 8 3

内 容 简 介

十九世纪，能量守恒与能量转化定律的发现，大大改变了人类对自然界的认识，揭露了表面上看来毫无关系的力学、热学、电学、光学的内在联系，指出了物理学和其他科学，特别是与化学的关系。

本书通俗、形象地介绍了能量守恒与能量转化等方面的知识，可供具有中等文化程度的广大读者阅读，也可作为中学生的课外读物。

能 量 世 界

艾 瑛 编

责任编辑 陈永锵

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

石家庄地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1983年1月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1983年1月第一次印刷 印张：5 1/4

印数：0001—7,850 字数：116,000

统一书号：13031·2137

本社书号：2916·13-3

定价：0.70元

目 录

第一章 真理的里程碑	(1)
一、测量运动的尺子	(1)
古老的争论 (1) 想到了测量运动 (3) 动量的发现 (4) “活力”和“死力”的争论 (5) 糊涂的判决 (7) 哪把尺子能测量一切运动? (8) 用能量代替“活力” (10) 作功的本领 (11) 物质与能量 (12)	
二、从个别、特殊到一般	(14)
从钻木取火开始 (14) 一个否认摩擦生热的理论 (15) 实验的判决 (16) 能量转化的涌现 (18) 法拉第的发现 (19) “永动机”之谜 (21) 发电机能凭空产生电能吗? (23) 真理受到怀疑 (24) 定律得到了承认 (25) 叫什么名字好? (27) 伟大的自然定律 (29)	
三、能量的种类和换能器	(31)
能量的家族 (31) 换能器与传能器 (33) 间接变换与直接变换 (34)	
第二章 千变万化的热能	(36)
一、热是什么?	(36)
分子运动的镜子 (37) 向中间看齐 (38) 温度高运动快 (39) 温度是什么? (40) 微观世界的能量 (41)	
二、热能变成机械能	(42)
永动时钟的秘密 (42) 微小的推动者 (44) 在火箭的内部 (45) 利用蒸汽的“风车” (47)	
三、热能变成电能	(47)
汽轮发电机的苦恼 (47) 蒸发电子的装置 (48) 正负电荷的分选机 (49) 汽轮发电的新生 (50)	
四、热能变成光能	(52)

发光和发热 (52)	浪费的光源 (52)	理想的转化条件 (53)	灯
泡里的哨兵 (54)	理想的白炽灯 (55)		
第三章 现代生活的主力——电能	(57)		
一、关于电的几个基本概念	(57)		
巨大的力量 (57)	电压是什么? (58)	什么叫发电? (60)	什么是电能? (61)
二、电能变热能	(62)		
三、电能变化学能	(63)		
冶炼金属的能手 (65)	储蓄能量的专家 (67)		
四、电能变光能	(68)		
让电子放开步伐 (68)	必须改造的光源 (70)	水银灯的改造	(71)
第四章 前途似锦话光能	(74)		
一、光的本质和光能	(74)		
光的微粒说 (74)	光的机械波说 (74)	机械波学说的困难 (77)	
光的电磁振动说 (78)	光子之谜 (80)	光子的怪行径 (82)	光是场物质 (83)
微观世界的严重事件 (84)			
二、光的热效应, 光能变成热能	(85)		
阳燧的后代 (86)	光热变换, 大有前途 (88)	萤眼的启示 (89)	
三、硅光电池, 光能变电能	(91)		
从砂子到硅电池 (92)	向传统挑战 (93)		
四、光合作用, 光能变化学能	(94)		
认识的道路 (95)	光合作用三部曲 (97)		
第五章 化学能的化装	(99)		
一、原子外层的能量	(99)		
引力产生的能量 (99)	是万有引力还是电力 (100)	电子位置变化的	奇迹 (102)
放能反应与吸能反应 (102)	化学能化装的舞台		(103)
二、化学能变成电能	(105)		
活发电机 (105)	向炉子学习 (106)	效率“超过”100% (109)	
麻烦还有不少 (110)			
三、化学能变成光能	(111)		

“活灯笼” (112)	萤火虫的秘方 (113)	人造的冷灯笼 (114)
冷光的妙用 (115)		
四、化学能变机械能		(117)
直接还是间接 (117)	收缩的内幕 (118)	人造肌肉 (119)
第六章 新世纪的能量		(120)
一、原子能		(120)
镭的魔术 (120)	不倒翁的故事 (120)	原子世界的不倒翁 (122)
在原子的心脏 (123)	原子核里的浆糊 (123)	原子能的来历 (125)
裂变与聚变 (125)		
二、“长明灯”		(127)
三、原子电池		(129)
四、原子的“燃烧”		(134)
原子的“自燃”现象 (134)	快速燃烧的发现 (136)	控制反应的“龙头” (137)
干净的原子能 (139)	点火条件 (140)	无形的牢笼 (141)
激光点火 (143)		
第七章 锐利的武器		(145)
一、能量守恒定律在物理学中的应用		(145)
从“永动机”不可能推导出的定律 (145)	理论推测到的粒子 (147)	
二、理解万物运动的关键		(149)
太阳的发动机 (149)	地球自转能量的归宿 (152)	移山扩海的“大力士” (155)
说不完的用途 (157)		
结束语		(159)

第一章 真理的里程碑

一、测量运动的尺子

物理的研究对象是物质运动和它们间的相互转化。要研究运动，就必须对运动进行精密测量。物理学家用秒、分、小时……来测量时间，用毫米、厘米、米……来测量长度（距离），那么，他们用什么来测量运动的大小呢？

例如，我们凭感觉就能区别炮弹的运动量比子弹大，因为炮弹可以摧毁坦克，可以炸毁碉堡，而子弹奈何不了它们。但是，在科学上如何客观地测量炮弹和子弹的运动大小呢？

物理学家在较晚的时候才想到测量运动的大小，值得注意的是，历史上最先关心这个问题的，不是物理学家，而是哲学家。

这是为什么呢？这是哲学论战的需要！

古老的争论

在两千四百年前，我国古代哲学家老子说：宇宙好象是个大风箱，动而生风，变化无穷，于是，产生了万物，产生了运动。这就是说，世界本来没有运动，运动是从空虚中涌现出来的。

这种无中生有的观点，遭到唯物主义哲学家的猛烈抨击。明末清初的思想家王夫之，是我国古代对这种观点清算得较彻底的学者。



图1 王夫之

王夫之在青少年时代，喜欢观察自然，喜欢向有经验的人请教，他提的问题，往往是一般人不注意的事情，但这个“学生”并不一味听别人的叙述，他还注意实际考查，明辨真伪。

王夫之很关心当时的政治风云，青年时代，两次参加抵抗清兵南下的斗争，失败后隐

居起来，进行学术研究，在思想战线上和唯心主义斗争。

王夫之不同意老子的见解，质问道：是谁对“宇宙风箱”打气的呢？是什么力量使它动而生风、变化无穷呢？这只能是超自然的力量。

我们记得，十七世纪英国的大科学家牛顿也主张，宇宙本来是不动的，后来，由于“一个全能的主宰的推动”，才使地球和其他天体运转起来。这个主宰不是别人，正是上帝！

杜林曾武断地宣称，在遥远的过去，宇宙中的物质处在一个没有运动的“自身等同状态”，运动是后来产生的。

这些断言世界是从不动走向运动的人，都必须请上帝或变相的上帝帮忙推动使世界摆脱静止，老子也不例外。

王夫之发挥了宋代唯物主义者张载的“运动永恒”的思想，认为运动有“过去”和“未来”，形式也会发生变化，但运动的数量不会增减。

另外，王夫之通过对生产过程的观察，还发现物质是不灭的，不会无缘无故地消失，也不会无缘无故地增加。

换句话说，物质和运动一样，是始终存在的，不会创造，也不会消灭。老子认为运动可以无中生有，是毫无根据的主观臆说。

这样，王夫之就比自然科学家差不多早两百年，提出了运动守恒的思想。

在我国古代研究过物质运动的学者，除王夫之和张载以外，还有宋朝的诗人刘禹锡，明朝的哲学家王廷相、刘璣、吕坤……

想到了测量运动

王夫之等人的物质不灭和运动不灭的思想，在世界思想史上，虽然具有领先的地位，但带有严重的哲学思辨性，脱离社会实践，说服力差，没有导致能量守恒与转化定律的发现，他们的思想几乎被遗忘，对科学的发展没有产生积极的影响。

在与王夫之差不多的时代，欧洲经历了伟大的文艺复兴运动，科学摆脱了封建思想和教会的束缚，开始了蓬勃的发展。法国的数学家哲学家笛卡尔，也提出了运动是不生不灭的主张，为了证明“运动守恒”，他努力寻找测量运动的尺子。



图2 笛卡尔

从表面现象上看，到处有运动在产生，也有运动在“消失”，例如，爆竹“啪”地一声，产生了爆竹纸片的运动；再例如，在空中运动的石块，掉在地上，就不运动了……爆竹的运动是凭空产生的吗，石块的运动无

端消失了吗？这当然是假象。

笛卡尔想，要证明这些运动的消失和产生是表面现象，起码得有把测量运动的尺子，才谈得上对这些运动进行研究。有了计算运动的方法以后，就可以用数学方法精确地证明运动在数量上守恒。

测量任何东西的大小，都有最合适的尺子，例如，衡量人的发育程度，用年龄最合适，而身長和体重一般不能正确地衡量人的发育程度。

测量运动的大小，用什么尺子好呢？

他在意大利科学家伽利略那里，找到了测量运动的尺子。

动量的发现

粗心的人往往会认为，测量运动大小的方法很简单，只要用速度来衡量就行了，速度大的，运动量大，速度小，运动量小。

但是，伽利略不是这样想的。

伽利略生活在十六—十七世纪，是第一个用望远镜观察天空的人。他首先发现月亮上有高低不平的山脉，看到太阳上有黑子。更重要的是，他发现木星有四个卫星在周围旋转，木星和它的几个卫星构成了一个缩小了的太阳系模型，从而证实了哥白尼关于地球绕太阳转动同时又自转的观点。

那时，教会的力量很强大，由于伽利略坚持哥白尼学说，晚年遭到教会的残酷迫害。

伽利略是个很仔细的人，对科学问题从来不相信表面现象，轻易下判断。他对运动尺子的选择也是如此，觉得只采用速度做运动大小的标准是不妥当的。

例如，伽利略知道，从同一高度掉下来的不同质量的两

个圆球，将同时到达地面，而且到达地面时速度相等。

能不能说，这两个球的运动量相等呢？不能！

重球的运动量大得多。不是吗？重球掉到地上，撞击的力量比小球大得多。

这说明，在速度相同的情况下，质量大的物体有较大的运动量。

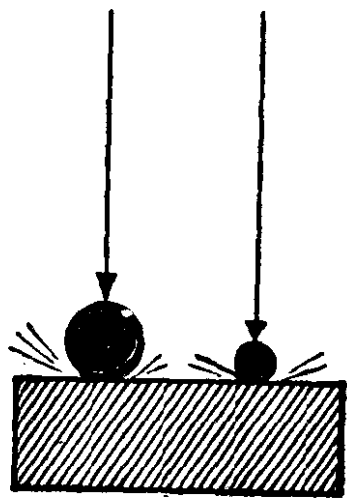


图 8

于是，伽利略提出用速度和质量同时来测量运动，也就是说用质量和速度的乘积来计算运动大小。后来，人们把“质量 $\times$ 速度”叫动量。

可惜，伽利略提出“运动测量”的概念以后，只用它解释了几个试验，没有把问题研究下去。

笛卡尔觉得这个发现很重要，继续进行研究，利用碰撞理论，终于用数学方法证明了著名的“动量守恒定律”。

“活力”和“死力”的争论

每个学过物理的读者都知道动量守恒定律的内容，它告诉我们：几个物体在没有外力作用的情况下，具有的动量（即速度 $\times$ 质量）是恒定的，既不会增加，也不能减少。

笛卡尔把这个定律应用到宇宙中去；认为既然动量是守恒的，那么宇宙中的运动量就是个有限的常数。这样，那种认为运动可以无中生有的观点就没有立足的地方了。他的观点基本上是正确的，但是宇宙无限，宇宙中的运动量也是无限的，笛卡尔把宇宙中的运动看成是有限的常数，是个严重的错误。

当时的科学家还看到笛卡尔的另一个错误。德国的数学

家兼哲学家莱布尼兹，在1686年著文反对笛卡尔，他发现不能用“质量 $\times$ 速度”测量运动的大小，要不，就能设计一架永动机，但是这是不可能的。

所谓“永动机”是这样的机器，它不用任何人力和物力，而能永远工作。过去，有不少能工巧匠花巨大的精力，企图试制这样的机器，但是这些企图都失败了。于是，物理学家总结他们的经验，认为永动机的概念是违反自然规律的。莱布尼兹正是利用这个事实来反驳笛卡尔。

他提出，应该用“质量 $\times$ 速度²”来计算运动的大小，并且把它称为“活力”，而把笛卡尔的“质量 $\times$ 速度”称为“死力”。

从表面上看，笛卡尔的观点是正确的，物体运动的大小，应该与速度成正比，速度大，运动量也大。那么，为什么莱布尼兹偏偏说运动的大小和速度的平方成正比，要用质量 $\times$ 速度²来作机械运动大小的标志呢？这不是把事情弄复杂了吗？真难以理解！

现象只是本质的反映，但不等于本质。机械运动的大小，不和速度成正比，而和速度的平方成正比，这虽然和我们的感觉矛盾，但得到事实的支持。

请看实验和计算揭露的事实。

用10米/秒的速度向上抛一块石头，石头上升的高度大约是5米；要是上抛速度扩大2倍，初速度为20米/秒，石块能达到的高度将不只扩大2倍，而扩大4倍($2^2=4$)，上升到20米高的地方；要是上抛速度扩大3倍，初速度为30米/秒，那么，石块上升的高度将扩大9倍($3^2=9$)，上升到45米高的地方……

莱布利兹首先发现这个情况和笛卡尔的观点相矛盾，因此认为，运动的大小和速度的平方成正比，建议用

质量 $\times$ 速度²来测量运动的大小。

这个意见遭到笛卡尔派的强烈反对。从此，拥护笛卡尔的人和讚成莱布尼兹的人形成了两大派，围绕运动尺子的选择，激烈地爭论了半个世纪。当时欧洲的著名物理学家和哲学家都卷入了这场爭论，他们公说公有理，婆说婆有理，谁也说服不了谁。

糊 涂 的 判 决

1743年，法国著名力学家达朗贝尔在他的“动力学论”中，对这场爭论作了判决，以不屑一顾的口气宣称，爭论的双方咬文嚼字，对科学来说是场毫无意义的爭论。

达朗贝尔是著名的理论力学权威，参加过当年法国的《百科全书》的编写工作。由于他下的这个结论，给了爭论者当头一棒，论战顿时冷了下来。

达朗贝尔是怎样判决的呢？

他同意莱布尼兹的观点，质量 $\times$ 速度²即活力，可以做测量运动大小的尺子，因为上抛物体的速度扩大2倍，上升高度扩大4倍，速度扩大3倍，上升高度扩大9倍……

但是，他的屁股也与笛卡尔坐在一起，因为他认为动量也可以作测量运动大小的尺子。

为什么呢？

达朗贝尔说，一个以5米/秒的速度上抛的物体，要0.5秒才完全丧失向上运动的能力（即速度为零）；当速度扩大2倍，上抛速度为10米/秒时，丧失运动能力的时间也扩大2倍，需1秒钟；要是速度扩大3倍，为15米/秒，丧失运动能力的时间扩大3倍，需1.5秒……换句话说，上抛物体在重力的作用下，丧失爬高能力的时间和速度成正比。笛卡尔用质量 $\times$ 速度来衡量运动的大小同样是正确的。

达朗贝尔是个骑墙派，两把尺子全承认。

他的“权威性”言论使运动尺子的选择混乱不堪，从此，人们同时采用动量和活力来测量运动的大小。虽然谁都知道：

$$\text{质量} \times \text{速度} \neq \text{质量} \times \text{速度}^2,$$

但是，人们说不上什么情况该用动量来测量，什么情况该用活力来测量。

达朗贝尔嘲笑别人糊涂，难道他自己就明白吗？

哪把尺子能测量一切运动？

为什么这些著名的科学家经过几十年的争论，还不能决定一把尺子的选取呢？除了他们的思想方法错误外，主要是当时的知识水平较低的情况造成的。

宋代诗人苏东坡说，“不识庐山真面目，只缘身在此山中”。是的，站在庐山里的人休想看清整个山的面貌，想看清庐山真实面目，只有站在山外较远的地方。

同样，如果人们局限在机械运动的范围内，永远也不能正确选择测量运动的尺子。但是，那时的科学家却又跳不出机械运动的圈子。

十九世纪以前，物理学的发展水平使大多数科学家只知道机械运动是运动，不知道热现象、电现象、化学变化也是运动，当然，更不会想到这些运动也需要有把尺子来测量。

到十九世纪以后，人们好不容易认识到热现象，电现象、化学变化……是地地道道的运动，而且，这些运动可以变来变去，能够用统一的尺子来测量（这个问题确实不是一下子能看清楚，下节详谈）。

这时，人们自然会问：既然达朗贝尔说质量 $\times$ 速度、质量 $\times$ 速度²都可以测量机械运动，那么，它们是不是都可以

测量热运动、电运动和化学运动呢，

运动在转化的时候，可以用质量 $\times$ 速度²来测量，却不能用动量来测量。

举个例子来说明：

当大炮射中铁甲船时，炮弹停止运动，炮弹的运动差不多全部变成了热运动，产生热量。实验证明，要是不考虑其他损失，产生的热量和炮弹的质量 $\times$ 速度²成正比；也就是说，炮弹的速度扩大2倍，产生的热量扩大4倍，速度扩大3倍，热量扩大9倍……这充分说明，用质量 $\times$ 速度²计算运动的大小是合理的。

这时要是用质量 $\times$ 速度来计算运动的大小就不正确了。原来，炮弹射中船体以后，船体得到一个非常微小的速度，在水上滑行。这时，船和炮弹（炮弹嵌在船壳上）的总动量等于原来炮弹飞行的动量，符合动量守恒定律。在一个不把热看成是运动而又死抱着机械运动不会消灭的人看来，炮弹的运动没有消失变成热运动，运动是永恒的，正好说明该用动量来测量炮弹的运动大小。但是，明明白白，炮弹的机械运动消失了，变成了热运动，动量这把尺子却不能如实反映情况，硬说机械运动没有消失。

不但如此，英国物理学家焦耳，在1840年前后，通过大量实验，发现热运动、电运动、化学运动经过折算以后，可以用物体的“质量 $\times$ 速度²”来测量，但不能用动量来测量。

例如，大家知道，热水瓶的塞子，有时会由于瓶内蒸气的膨



图4 焦耳

胀，冲出瓶口。这是开水的热运动变成了瓶塞的机械运动。有多少热量变成了机械运动呢？这可以用塞子的质量 $\times$ 速度²来衡量，但决不能用质量 $\times$ 速度来衡量。

可见，活力(即质量 $\times$ 速度²)不但可以测量机械运动的大小，还能测量热运动、电运动、化学运动……；动量却不能，它是把用途狭窄的尺子、只能测量机械运动，不能测量热运动、电运动、化学运动；而且，在机械运动变成热运动、电运动……的时候，动量连机械运动也不能测量。

因此，可以说，活力是测量运动大小的尺子。

用 能 量 代 替 “活 力”

1807年，英国物理学家托·扬建议，用能量这个名词来代替活力，表示物体做功的本领，它的大小等于 $\frac{1}{2}$ 质量 $\times$ 速度²。

现在，在物理学中，人们把质量 $\times$ 速度²的一半称为物体的动能，它标志着物体运动时的能量。例如，炮弹和子弹的动能，就是用它们的 $\frac{1}{2}$ (质量 $\times$ 速度²)来表示的。

机械运动除了有动能外，还有势能，它是由物体的形状和位置决定的能量，象处在树上的叶片有势能，压缩的弹簧

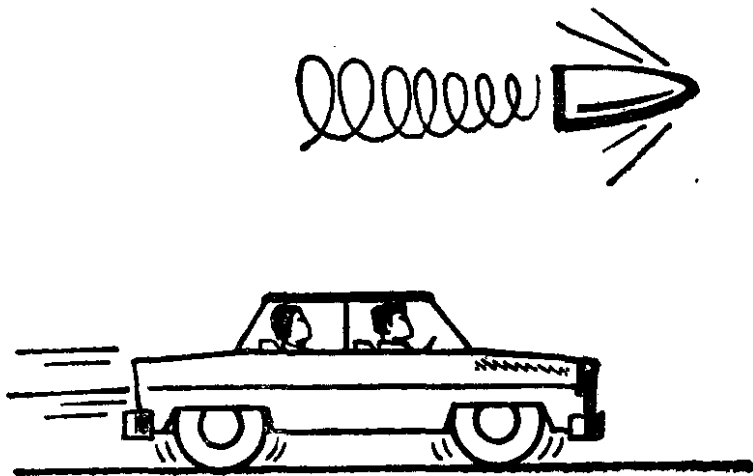


图 5 动能

有势能，相互作用的磁铁也有势能……

也许你看到呆在树上的叶片不会运动，就以为它永远不会运动；这是表面现象，叶片一有机会就会掉下来，产生机械运动，势能变成叶片的动能……可见，势能表示潜在的运动。

物体的动能加上势能，就是这个物体的机械能。机械能是测量物体的机械运动大小的尺子。

另外，人们又用热能测量热运动的大小，用电能测量电运动的大小，用光能测量光运动的大小，用原子能测量原子内部的运动大小。热能、电能、光能……都可以折算成机械能，折算成动能（即活力）。

现在，人们把机械能、热能、电能……统统称为能量，因此，能量这个词的意义和托·扬刚刚提出来的时候不一样，不仅表示机械运动的大小，还表示其他类型的物质运动的大小。

严格说来，能量是物质运动大小的度量。

作 功 的 本 领

按照托·扬的意思，能量还表示物体的工作本领。

炮弹、子弹和落下来的树叶，都是具有能量的东西，但

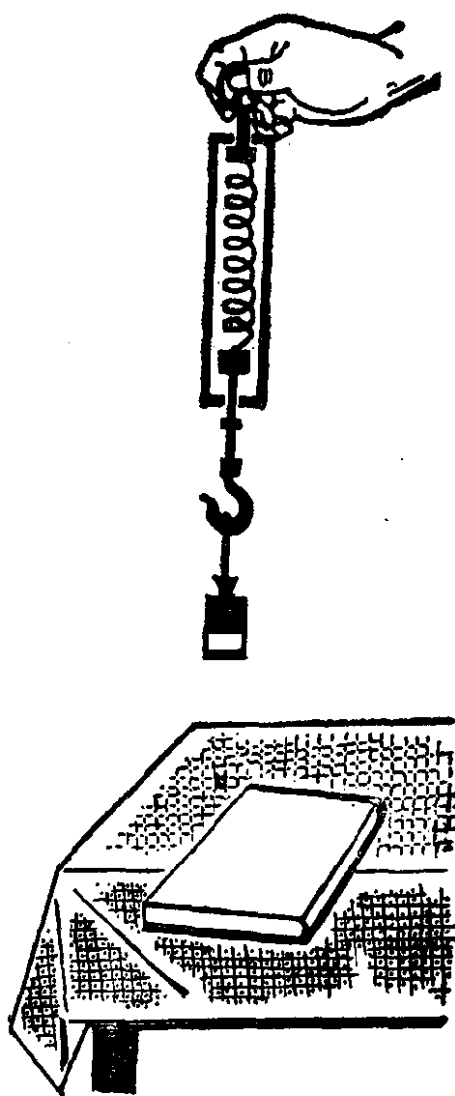


图 6 势能