钥匙丛书

JIE GAOZHONG WULITI DE YAOSHI

展素敏 关尔昌

解高中物理题的钥匙

解高中物理题的钥匙

JIE GAOZHONG
WULITI
DE YAOSHI

钥匙丛书

中国少年儿童出版社

解高中物理题的钥匙

展素敏　关尔昌　著

*

中国少年儿童出版社　出版　发行

北京景山学校印刷厂印刷　新华书店经销

*

787×1092　1/32　12.75印张　1插页　250千字

1992年10月北京第1版　1992年10月北京第1次印刷

ISBN 7-5007-1500-5/G·422

印数 1—5,000册　定价3.95元

凡有印装问题，可向承印厂调换

内 容 提 要

本书通过大量实例，讲解物理题的演变规律；并通过对演变过程的分析，指出正确的解题思路和方法。可以帮助读者更准确地理解物理概念，掌握物理原理、定律、公式、提高分析、判断能力和综合运用物理知识的能力。

前　　言

学习物理，总会接触到许多题，而且题的变化很多。有的同学会陷入茫无边际的题海中，找不到正确的航道。做了好多题可是解题能力却提高不多，碰到新的题型时，又会茫然不知所措。

解物理题，首先要搞清题目所反映的物理内容及物理过程。不同的物理过程都有其特定的物理规律，将物理过程分析透，掌握了每一个环节所遵守的物理规律，那么不管是什么题型（填空题、选择题还是计算题）或在一个题中如何设问，都能找出正确的解题思路。

对同一个物理学内容，可以提出许多不同的问题，同时，同一个物理学内容与其他内容又有许多相联系的形式，在这些问题中总能找到反映这个物理内容特定规律的“基本题”。其他的题可以说都是由这个基本题演变出来的，只不过是在基本题上附加一些条件，使题目进一步深化，向纵横发展。这些条件不外乎：1.在基本题上添加附加物；2.改变基本题中物件的形体；3.改变物体的状态，进行动静变化。

下面分七个方面，通过大量的题目实例，讲解物理题的演变规律；通过对演变过程的分析，指出正确的解题途径。可以帮助读者更准确地理解物理概念，掌握物理原理、定律、公式，提高分析、判断能力和综合运用物理知识的能力。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目　　录

力矩平衡 …………………………………… 1

牛顿第二定律 ………………………………… 48

动量守恒定律 ………………………………111

弹簧 ……………………………………………166

摆 ………………………………………………218

理想气体状态方程 ……………………………281

电磁感应定律 …………………………………336

力矩平衡

研究物体的平衡，在日常生活和工农业生产中有重要的意义，学好物体受力分析，应用力矩平衡来研究物体平衡问题是学习的重要内容。

关于力矩平衡，是指具有固定转轴物体所具有的平衡条件。应用力矩平衡解题，首先要明确使物体转动的效果，决定于两个因素：力和力臂。一个力的力矩等于力和这个力的力臂的乘积，即，$M=F \cdot L$（力矩是矢量，这里不详谈）。要特别指出，理解力矩使物体向哪个方向旋转和力臂的定义（力臂是从转动轴到力的作用线的垂直距离）是两个关键问题。

具有固定转轴（或拟定转轴）物体平衡时，遵守力矩平衡原理，即，使物体沿顺时针方向转动的力矩之和等于使物体沿逆时针方向转动的力矩之和。用符号表达：$M_{顺}=M_{逆}$ 或 $\Sigma M=0$。

利用力矩平衡规律为核心解题的大量题中，可以看出最简单、最基本的情况是，一端为固定转轴，另一端悬挂重物，并由绳吊起的轻杆为基本物件，使杆保持水平状态时，分析绳的张力大小，就是本部分的基本题。如第1例题。

1. 如图1-1所示，BC是一根轻杆，一端安在B轴上，另一端C用不可伸缩的绳AC拉着。使杆BC可绕B端在竖直平

面内转动，C 点挂一个40牛顿的物体，若不计绳的质量，求当BC杆水平时绳AC对杆的拉力。

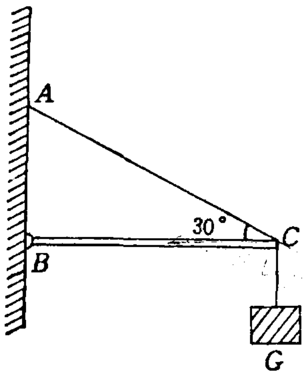


图 1-1

以杆为研究对象，杆一端安装在轴上，是一个具有固定转轴的物体，如图 1-2 所示。设 $BC=L$，绳的拉力为 T，物体对 C 点的作用力等于F，F 的力矩是 $F\cdot L$，力 T 的力矩是$T\cdot L\sin 30°$，应用具有固定转轴的平衡条件，$M_{顺}=M_{逆}$，有

$$FL=TL\sin 30°$$

$$T=\frac{FL}{L\sin 30°}$$

当重物静止时，物体对 C 点的拉力 F 等于重物的重力，$F=G=40$牛顿，所以，

$$T=\frac{GL}{L\sin 30°}=\frac{40}{\frac{1}{2}}=80\text{牛顿}$$

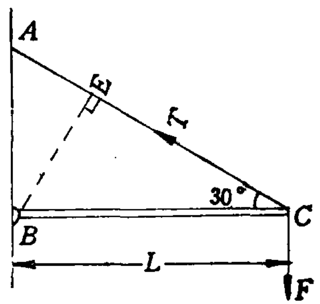


图 1-2

在这个基本题的基础上，改变条件可以演变出许多题。如，使轻杆变为重杆；改变悬挂重物的位置；改变杆与竖直方向的夹角；使直杆变为折角杆；在杆上附加其他物件；使附加物在杆（板）上发生相互作用，如碰撞等；改变悬挂重物的状态，由静变动；改变杆上拉绳的方向或作用点，甚至完全改变轻杆系统的形体，等等。题目不管如何变化，解题

的核心都是依据力矩平衡；其他附加条件所涉及的物理规律，要具体问题具体分析，灵活应用相关知识，这是培养综合能力的关键。

解题时，首先确定固定转轴，分析物体受力，确定各力的力臂。如在基本题中，端点B为固定转轴，因为杆是轻杆，就是说可以不考虑杆本身的重力。杆的另一端C，受到两个力的作用：绳对杆的拉力和重物对杆的拉力。在不考虑杆重的情况下，还可以用分解F力的方法求解，把F力分解为沿AC和CB方向的两个力，沿AC方向的力大小等于绳对杆的拉力。

将基本题中的轻杆，改为重杆，这就变成了第2例题。

2．如图1-3所示，BC是一根质量均匀的重杆，一端安在轴B上，另一端用轻绳AC拉着，杆的重力为20牛顿，杆可绕B端在竖直平面内转动，C点挂一重40牛顿的物体。求当BC杆保持水平时，绳AC对杆的拉力。

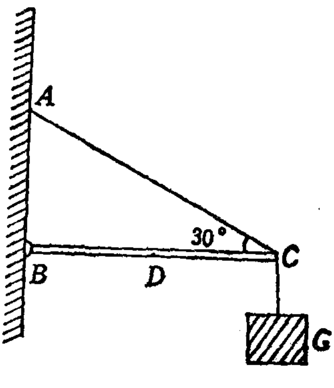


图 1-3

解题时不能像上题那样，把重物G对C点的拉力沿AC和CB方向分解，来求绳的拉力，否则就会得到错误的结果。原因是绳的拉力不仅与重物有关，而且也跟杆的自重有关。对于质量分布均匀的杆或板，重力的作用总在杆的中心。这样，在应用力矩平衡时要进一步理解“使物体沿顺时针方向转动的力矩之和等于使物体沿逆时针方向转动的力矩之和”

中"之和"的意义。

解：设BC为L，绳的拉力为T，重物对C点的拉力等于物体的重力G，杆的自重为G'。如图1-4所示，以B为轴，顺时针力矩之和：$GL+G'\cdot\frac{L}{2}$，逆时针力矩之和：$T\cdot L\sin 30°$。根据具有固定转轴物体的平衡条件，有

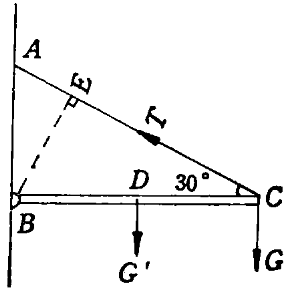


图 1-4

$$G\cdot L+G'\cdot\frac{L}{2}=T\cdot L\sin 30°$$

$$T=\frac{L\left(G+\frac{G'}{2}\right)}{L\sin 30°}=\frac{40+10}{\frac{1}{2}}=100\text{（牛顿）}$$

在此题的基础上，把重物的悬点位置移动一下，又变成了第3例题。

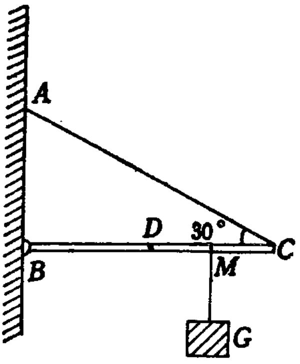


图 1-5

3．如图1-5所示，BC是一根质量均匀的杆，一端安在B轴上，另一端用轻绳AC拉着，杆自重为20牛顿，杆可绕B端在竖直平面内转动，M处挂一重40牛顿的物体，M距C端$\frac{1}{4}$杆长，求当BC杆水平时，绳AC对杆的拉力。

解法与上题相同，只不过由于重物悬点位置的改变而改变了重力对轴B的力臂的大

小。

解：如图1-6所示，设 BC 为 L，则 $BM=\left(1-\frac{1}{4}\right)L=\frac{3}{4}L$。以 B 为轴，根据具有固定转轴物体的平衡条件，有

$$\frac{3}{4}L\cdot G+G'\cdot\frac{L}{2}=T\cdot L\sin 30^{\circ}$$

$$T=\frac{L\left(\frac{3}{4}G+\frac{1}{2}G'\right)}{L\sin 30^{\circ}}$$

$$=\frac{\frac{3}{4}\times 40+\frac{1}{2}\times 20}{\frac{1}{2}}=80$$

（牛顿）

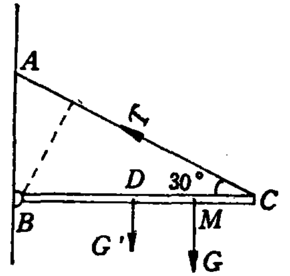


图 1-6

在基本题的基础上，若拉杆的绳子长为定值，并且绳子与杆的连结点及绳与墙的连结点的位置均未知。讨论怎样用绳连结墙和杆，绳子受的拉力最小。这就演变出了有一定难度的第 4 例题。

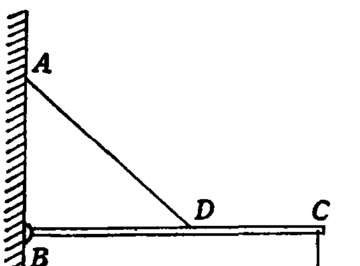


图 1-7

4．如图1-7所示，有一均匀轻杆 BC，长为 l，水平放置，以 B 端与墙的连结点为轴。杆的 C 端挂一重物，质量为 m。有一长度为 a 且不可伸长的绳子 AD，其一端 A 与墙相

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

连，另一端D与杆 BC 上某处相连，怎样确定 AD 的位置，AD绳对水平杆BC的拉力最小，这个最小力是多少？

根据题目所反映的物理过程分析，它是在基本题基础上发展变化而来，其核心仍是力矩平衡问题。但问题的焦点在于绳子的拉力方向和作用点未确定。如何找出绳子的拉力方向和作用点的位置呢？关键环节在于理解：力矩是力和力臂的乘积，当力矩一定时，力臂越大，则力越小。如果找到了绳的拉力具有最大力臂时绳的位置，也就找到了绳的最小拉力。这样，问题就转化为求极值的问题。

求极值的方法很多，高中一般只能采用初等数学和物理知识求极值。用什么方法，如何求出极值，就需要动一番脑筋了。如果用列方程求函数极值的方法行不通，就要想到用几何法。巧妙地运用几何知识求极值正是本题的妙处。不仅能发展思维，也能培养应用数学知识解决物理问题的能力。

分析和解：如图 1-8 所示。以 B 点为轴，根据具有固定转动轴物体的平衡条件，则有

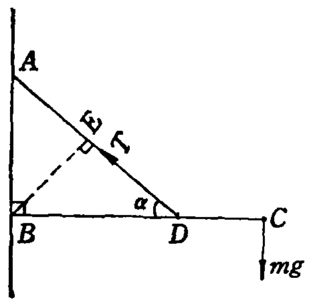


图 1-8

$$mg\cdot BC = T\cdot BE$$

$$\therefore \quad T = \frac{mg\cdot BC}{BE}$$

若使 T 有最小值，则 BE 应有最大值。因为 $BE = BD\cdot\sin\alpha$，其中BD与α都不确定，所以就必须研究 BD、α 在何种情况下使得 $BD\cdot\sin\alpha$ 有最大值。

在$\triangle ABD$中，$\angle B$为直角，AD 为定值 a，根据几何知

识，圆的直径所对的圆周角为直角。在以 a 为直径的多个直角三角形中，等腰直角三角形斜边上的高有最大值，这个最大值是圆的半径，如图1-9所示。即

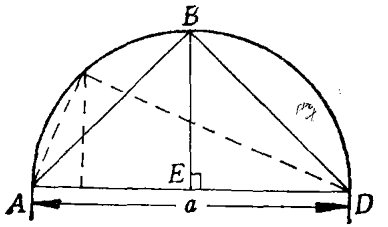


图 1-9

$$BE = \frac{a}{2}$$

$$\angle \alpha = 45^\circ$$

$$\therefore \quad BD = \frac{BE}{\sin 45^\circ} = \frac{\frac{a}{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}a$$

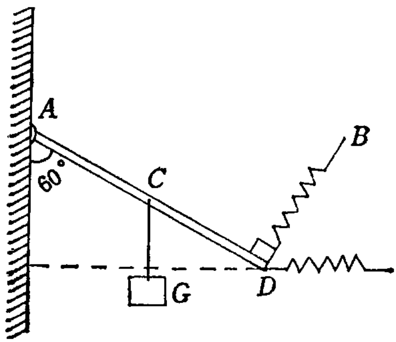
$$T = \frac{mg \cdot BC}{BE} = \frac{mgl}{\frac{a}{2}} = \frac{2mgl}{a}$$

所以，D点的位置距B 端为$\frac{\sqrt{2}}{2}a$，AD 与 BC 夹角为 45°，AD对BC 杆的最小拉力为$\frac{2mgl}{a}$。

还可以把基本题中的拉绳改为弹簧，同时改变重物的悬

挂位置，并将直杆由水平位置变成与竖直方向成一定角度，就又演变为第 5 例题。

5．重量不计的均匀杆AD，A端为固定的转轴，在杆中点C处挂一重物$G=2$牛顿，如果沿水平方向用弹簧拉杆的D端，杆恰好平衡，此时杆与竖直方向夹角为60°，弹簧伸长 4 厘米。若改为与杆AD垂直的方向用此弹簧拉杆的D端，使杆仍于原位置平衡，弹簧伸长多少？如图1-10所示。



1-10

题目通过上述变化，在于进一步理解力矩的概念，巩固确定力臂的方法，应用力矩平衡解题。与前面不同的是引入了弹簧，有弹簧就要考虑弹簧的特性，应用胡克定律解题。在弹性限度内，$F=K\triangle x$，$\triangle x$为弹簧的伸长量。

解：杆AD在两种情况下的受力如图1-11所示。

根据力矩平衡：

用弹簧沿水平方向拉杆时，有

$$F_1\cdot AD\cos 60^\circ=G\cdot\frac{1}{2}AD\sin 60^\circ \qquad (1)$$

$$F_1 = K \cdot \triangle x_1 \tag{2}$$

由（1)(2）两式解得

$$K = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

用弹簧沿垂直于杆的方向拉杆时，有

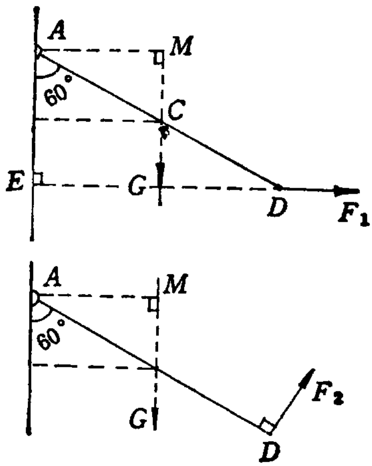


图 1-11

$$F_2 \cdot AD = G \cdot \frac{1}{2} AD \sin 60° \tag{3}$$

$$F_2 = K \cdot \triangle x_2 \tag{4}$$

由（3)(4）两式解得

$$\triangle x_2 = \frac{G \cdot \frac{1}{2} AD \sin 60°}{AD \cdot K}$$

代入数值得

$$\triangle x_2=\frac{2\times\frac{1}{2}\times AD\times\frac{\sqrt{3}}{2}}{AD\times\frac{\sqrt{3}}{4}}=2\ （厘米）$$

从题解中可以总结出，当弹簧从水平方向变到垂直于AD的过程中，因力矩不变，而力臂变大，所以弹力变小，则弹簧的伸长变小。

还可以用以上的结论把此题改为选择题型。

将基本题中的直杆变为折成一定固定角度的折杆。变化拉绳的方向，这样又衍生出几道相近的题，如第6、7、8、9例题。

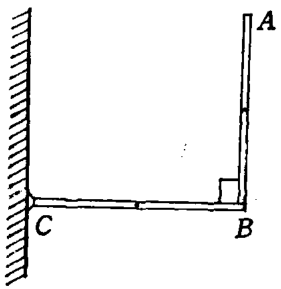


图 1-12

6．如图1-12所示，ABC为质量均匀的等边直角曲杆，重量为2 G，C端用铰链与墙相接。若不计摩擦，当BC部分保持水平静止状态时，加在A端的最小作用力是______牛顿，方向是_______。

分析：当BC保持水平静止状态时，杆的重力力矩等于A端所受力的力矩。因为杆重力的力矩大小不变，只有当加在A端的力F与CA垂直，且指向斜上方时，力F的力臂CA是最大值。所以这时F有最小值，受力分析如图1-13所示。

设 $AB=BC=L$，根据具有固定转轴物体的平衡条件，有

$$G_1\cdot\frac{L}{2}+G_2\cdot L=F\cdot CA$$

$$CA=\sqrt{L^2+L^2}=\sqrt{2}L$$

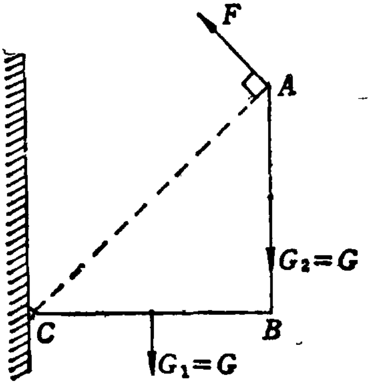


图 1-13

$$F=\frac{\frac{3}{2}L\cdot G}{\sqrt{2}\cdot L}=\frac{3\sqrt{2}}{4}G$$

力F的方向与竖直方向夹角为45°

从以上的分析可见，将轻杆改为质量均匀的折成直角的杆后，解题仍是根据$M=F\cdot L$，若M一定，L最大时，F最小为解题思路，首先分析加在A端的力方向如何才能得到最大的力臂。

下面7、8两题的特点是应用几何知识计算出力臂的大小，再根据力矩平衡解题。

7．如图1-14所示，均匀杆BC折成90°角，$BD=DC$，在D点悬挂重物为40牛顿，C端用AC绳拉住，AC与水平成30°角，全杆重20牛顿，求AC绳对杆的拉力。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com