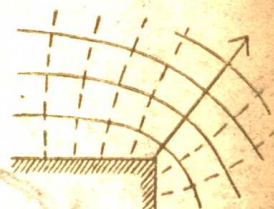
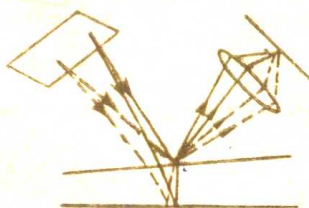


中国物理学会《物理教学》编辑部选编

普通物理教学 参考文集

(第一集)



PUTONG WULI JIAOXUE
CANKAO WENJI

高等教育出版社

普通物理教学参考文集

(第一集)

中国物理学会《物理教学》编辑部选编

高等教育出版社

1984

普通物理教学参考文集

(第一集)

中国物理学会《物理教学》编辑部选编

*

高等教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

祝桥新华印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 13.125 字数 312,000

1987年9月第1版 1987年9月第1次印刷

印数 00,001—3,250

书号 13010·01111 定价 2.70 元

出版说明

《普通物理教学参考文集(第一集)》是根据教育部高等学校理科物理教材编审委员会的建议,委托中国物理学会《物理教学》杂志编辑部选编的。本集共47篇,主要选自1951—1966年《物理通报》和1978年以后《物理教学》杂志,内容涉及高等学校普通物理课程力、热、电、光等部分的教学中某些重难点问题或典型实例的讨论分析等,对于提高教学质量有较高的参考价值。文章选入时经作者或编辑部作过若干订正。沈克琦教授特为本集写了前言。

本书可供高等学校理、工、农、医各专业、本专科日校及广播电视大学、函授、夜大、职工大学、教育学院与教师进修院校的教师、研究生、大学生进行普通物理教学的研究、备课与学习时参考,也可供广大中学、中专、中师的物理教师及自学青年阅读进修之用。

前 言

中国物理学会教学研究委员会主任

沈 克 琦

解放后,直至十年动乱以前,各高等院校的领导和教师同志们普遍重视教学研究,一些有名的学者也在努力深入探讨与教学内容、教学方法有关的问题,对于提高教学质量作出了贡献。在中国物理学会主办的《物理通报》上曾发表过许多很好的文章。这些文章深受读者欢迎,对提高教学水平曾起了促进作用。十年动乱结束以后,教育战线工作转入正轨,物理教学研究工作的规模更大,物理教学刊物的种类大为增加,反映了这个领域欣欣向荣的景象,远非过去仅有《物理通报》一个刊物的情况所可比拟。但是,不少同志认为过去《物理通报》上有不少好文章至今仍值得参考,希望能选编出版一本文集,以饕读者。《物理教学》编辑部为此请宓子宏、苏云荪、张梦心、蒋可玉四位同志选编了这本《普通物理教学参考文集》。《文集》中三分之二的文章选自1951至1966期间出版的《物理通报》,三分之一左右(除极个别外)选自1978年以后出版的《物理教学》。这些文章的内容,主要是对物理学基本概念、基本原理的深入探讨和教学方法的讨论,也有少数是运用物理原理解释某个实际问题。这些都是作者们教学经验的结晶,对于目前正在从事普通物理教学的同志,特别是对一些年轻的同志,是很有参考价值的。当然,限于篇幅,这本《文集》中不可能把过去所有的好文章都收集进来。对于同一个物理问题常常有好几篇从不同角度阐述的好文章,在这里也只能选用一篇或两篇。普通物理实验是物理教学的重要方面,近年来在刊物上也发表了不少文章。《物理

实验》是专门发表实验教学方面文章的刊物，办得很有生气。但是，也因限于篇幅，《文集》(第一集)中还未及选录。在选编过程中，有些文章曾经原作者作少量修改，某些地方也由编辑小组作了适当修改。文中所用单位制则仍旧未变，没有改为SI单位制。

这个集子的名字虽然是《普通物理教学参考文集》，但由于讲的都是基本概念和基本原理，我相信，它不仅有助于提高大学普通物理的教学水平，对于广大中学教师 and 有志自学物理学的青年都将是一本有用的参考书。

进入二十世纪以来，物理学获得了迅速的发展，并已渗透到其他科学技术领域，从而形成了许多新的应用学科。因此，我国物理学(包括应用物理学)的发展对于我国实现四化具有重要作用；物理教学的质量与各种科技人才的质量有着密切的关系。许多同志感到当前物理教学还存在许多迫切需要加以研究和改进的问题。例如，教学缺乏启发性，知识灌得过多，对学生能力的培养注意不够，就是突出的问题。要解决这些问题，关键在于提高教师的学术水平。这里所说的学术水平是指教师对教学内容的掌握是否深入和全面，知识面是否够宽，对与教学内容有关的实际问题是否了解较多等。如果具备了这些条件，教师就能对教学内容进行概括、提炼，然后抓住要点深入浅出地讲授，启发引导学生独立思考，使学生学得生动活泼。如果教师对所教的内容只是一般地了解，那就不可避免地只能照本宣科。现在的教学方法也存在一些问题，例如偏于注入式，往往习惯于讲得过细，要求过死等等，都要进行改革。但是，我觉得，根本问题还在于教师的学术水平不够。要提高学术水平，对高校教师来说，进行科学研究工作是重要的。因为通过科研实践，对于科学技术问题如何提出与如何解决才会有所了解，对于一个科技工作者应该具有什么样的知识与能力，以及应该如何进行培养才会有所体会，从而对于当前教学应如何进行改革也会

看得更清楚。另一方面,单有科研经验也是不够的,还必须认真钻研教学内容,对它要有比较全面、透彻的了解(包括一些重要的科学史内容在内),还要研究学生,了解学生的基础,通过教学实践对学生认识过程的规律有所掌握,进行教学与教材方面的研究,才能找到一条方向比较正确而且比较切合实际的改革途径,使我们的教学成为高水平的,卓有成效的,并且是生动活泼的。这样才有利于培养高质量的人才。我国高等学校有许多学术造诣较高、教学经验丰富且热心于改革教学的教师,我衷心地希望他们在提高师资学术水平方面能发挥更大的作用,也希望在物理教学刊物上能不断地见到这方面的好文章。

目 录

出版说明	(1)
前言	沈克琦(1)
1. 三角螺纹螺旋的摩擦何以大于方形螺纹螺旋的摩擦的推导	<u>朱正元</u> (1)
2. 略谈帆船走风	王燕生(12)
3. 一个力学问题的讨论	孙雄曾(16)
4. 有关受迫振动的若干问题	葛旭初(24)
5. 向心力及转动直杆上小球的运动问题	顾建中、和建奎(40)
6. 关于科里奥利力的教学	谈瑞龄(47)
7. 使用动量定理应该注意的一个问题	熊秉衡(53)
8. 在不同惯性系中的机械能守恒定律	熊秉衡(58)
9. 关于力学中的三条守恒定律的适用范围	魏墨鑫(66)
10. 关于应用功能原理解一个习题的错误分析	胡在铭(75)
11. 秋千问题	沈俊锋(79)
12. 物体与固定表面的碰撞问题	王瑞旦(87)
13. 负质量法在力学中的应用	<u>瞿鸣荣</u> (93)
14. 滚动物体所受静摩擦力的方向问题	刘 涛、程富华(97)
15. 对于瞬时转动轴的动量矩定理	梁昆森(103)
16. 炮弹怎样在空气中飞行	胡挹刚(107)
17. 旋转的陀螺为什么不倒	梁昆森(113)
18. 从相对论看牛顿三定律	李学远(117)
19. 惯性质量与引力质量	朱世昌(128)
20. 液体的性质	黄 昆(137)
21. 一个毛细现象的问题	焦德尧(148)
22. 弯月面和毛细现象	黄 昆(153)

23. 分子物理学中的几个问题·····	黄 昆(164)
24. 热学教学研究·····	吴瑞贤(180)
25. 气体动力论的基本概念·····	葛清泉(189)
26. 能量守恒定律·····	王竹溪(204)
27. 关于自由电荷、束缚电荷和极化电荷的一些 讨论·····	尹道先(214)
28. 孤立带电导体面电荷密度的分布·····	王国权(226)
29. 普通物理学中的“电源电动势”的教学·····	王忠亮(234)
30. 安培定律是如何建立起来的? ·····	赵凯华(243)
31. 关于“B”和“H” ·····	冯致光(252)
32. 略论安培力和海仑兹力的关系 ·····	张靖武(263)
33. 是磁场作功,还是电源做功? ·····	王燕生(272)
34. 带电粒子在电磁场中的运动 ·····	王明智、王义民(277)
35. 浮环实验和趋肤效应的解释·····	阮可妃(290)
36. 静电场和感生电场·····	陆永康(301)
37. 电偶极子辐射的图示问题·····	姚启钧(308)
38. 关于“透镜光心”的讨论·····	王良安(314)
39. 关于最小偏向角的条件及其证明·····	华春年(319)
40. 惠更斯原理·····	褚圣麟(325)
41. 惠更斯-菲涅耳原理及其发展 ·····	陈熙谋、陈秉乾(337)
42. 关于光在反射时的半波损失问题 ·····	虞福春(354)
43. 关于菲涅耳半波带法的若干讨论 ·····	陈秉乾(361)
44. 薄膜干涉的定域问题·····	陈熙谋(378)
45. 眼睛、望远镜、显微镜的放大率和分辨率 ·····	李维城(386)
46. 偏振光的相干条件·····	陈秉乾(396)
47. 天空的蓝色·····	崔明成(404)

1. 三角螺纹螺旋的摩擦何以大于方形 螺纹螺旋的摩擦的推导

朱正元 (苏州大学物理系)

1. 关于斜面的公式

图 1.1 中 $O'A_1$ 为一斜面 π_1 在垂直于斜面底边的竖直面上的投影, 斜面的仰角为 α . 当以水平作用力 F_1 拖曳重物 W , 使其沿斜面上升时^①, 物体所受的摩擦力 f_1 指向斜面之底端, 其大小等于 μN_1 , 这里 μ 为摩擦系数, N_1 为重物所受斜面对它的法向反作用. 当物体缓慢滑动或匀速滑动时, 作用在物体上诸力 (W 、 F_1 、 f_1 、 N_1) 必互相平衡, 因而它们在 Y 方向(水平)和 Z 方向(竖直)的分力也分别平衡, 即

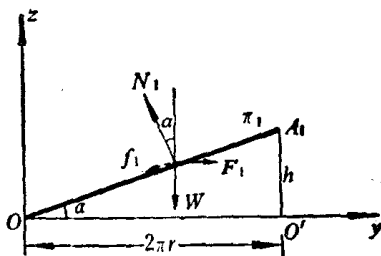


图 1.1

$$\sum F_y = F_1 - N_1 \sin \alpha - \mu N_1 \cos \alpha = 0, \quad (1)$$

$$\sum F_z = N_1 \cos \alpha - W - \mu N_1 \sin \alpha = 0, \quad (2)$$

由此两式解得

$$N_1 = \frac{W}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}, \quad (3)$$

$$F_1 = \frac{(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) W}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}, \quad (4)$$

① 在拖曳重物的斜面上, 作用力一般是和斜面平行的, 但实际施于螺旋上的作用力则是水平的, 这里用水平力来说, 以便于对比。

而摩擦力为

$$f_1 = \mu N_1 = \frac{\mu W}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}. \quad (5)$$

2. 关于方形螺纹螺旋的公式 上面是关于寻常的斜面公式, 它们可以应用到方形螺纹螺旋. 现在把这种螺旋分析一下:

图 1.2 表示在固定螺母中运动的方形螺纹举重螺旋. 被举物体压在螺旋顶上, 它的全部重量 W (即机械的阻力) 分布在螺旋螺纹跟螺母螺纹相接触的表面 (图中 π_1 面) 上, 因而引起相互间的作用. 设以 dW 表示在螺旋螺纹的某一微小表面 dS 上分布的重量, dN_1 表示螺母在 dS 上对螺旋的法向反作用, df_1 表示 dS 上的摩擦力, dF_1 表示和这些力平衡而使螺旋匀速转动的水平动力 (所谓水平是说垂直于螺旋轴线并且垂直于从 dS 引到轴线的垂线), 则因微小表面 dS 是仰角为 α 的斜面, 故它们之间的关系正如 (3) — (5) 式所示, 即

$$dN_1 = \frac{dW}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}, \quad (6)$$

$$dF_1 = \frac{(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) dW}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}, \quad (7)$$

$$df_1 = \frac{\mu dW}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}. \quad (8)$$

就整个螺旋来说, 每一微小螺纹表面在空间中的方向是连续变化的, 故所需的动力 dF_1 的方向也是连续变化的, 好象不能用算术加法来计算总的作用力 F_1 . 但是, 施于螺旋的动力是使螺旋发生转动作用的, 因此可从各个 dF_1 对于螺旋轴线的力矩来考虑. 这些力的力臂的大小, 本视各微小表面离螺旋轴线的远近而定, 但为简单计, 我们可以假设螺旋的阻力在它跟螺母接触的螺纹表面上的分布是均匀的, 因而各 dF_1 的力臂都可用一个公共距离 r 来表示. 既然各 dF_1 的力臂相等, 而力矩的方向又皆相同 (皆

平行于螺旋轴线), 那么, 要想得到一个跟各微小表面上的 dF_1 所产生的力矩之和相等的总力矩, 只须在半径为 r 的螺旋线上任一点用一个大小等于各 dF_1 的算术和的水平力 F_1 就行; 因此, 转动螺旋所需的水平力 F_1 可用下式来计算:

$$\begin{aligned} F_1 &= \sum dF_1 \\ &= \sum \frac{(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) dW}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha} \\ &= \frac{(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) W}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}. \end{aligned} \quad (9)$$

这正与上面所得关于斜面的公式(4)相同。

关于摩擦力, 前面虽已求得各微小表面上的 df_1 , 但这些 df_1 的方向是连续变化的, 那么, 总摩擦力又应该怎样计算呢? 这可以从功的观点来考虑: 当螺旋转过一转时, 每个微小表面上的摩擦力 df_1 移动了的距离都是 $2\pi r / \cos \alpha$ (即图 1.1 中的 OA_1 之长), 故反抗各 df_1 而做的总功为

$$A = \sum (df_1 \cdot 2\pi r / \cos \alpha) = (\sum df_1) \cdot 2\pi r / \cos \alpha. \quad (10)$$

这个功又等于总摩擦力 f_1 乘它的移动距离 $2\pi r / \cos \alpha$, 即 $A = f_1 \cdot 2\pi r / \cos \alpha$, 所以总摩擦力应该是

$$f_1 = \sum df_1,$$

也就是各 df_1 的算术和. 由此从(8)式得总摩擦力

$$\begin{aligned} f_1 &= \sum \frac{\mu dW}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha} = \frac{\mu \sum dW}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha} \\ &= \frac{\mu W}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}. \end{aligned} \quad (11)$$

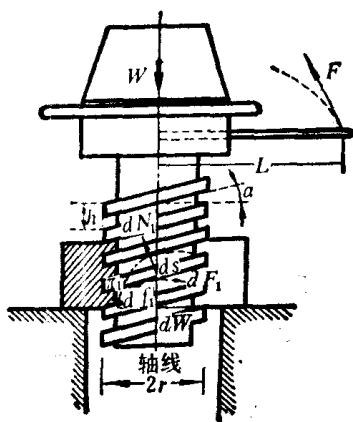


图 1.2

在无摩擦的理想情形,即在 $\mu = 0$ 时,从(9)式得动力为

$$F_1^0 = W \operatorname{tg} \alpha \quad (12)$$

事实上,转动螺旋所需的动力并不是作用于螺旋表面上,而是作用于一个杠杆(螺旋把)的末端。设杠杆的长(即动力作用点与螺旋轴线的距离)为 L (图 1.2),则与 F_1 有同一力矩而施于杠杆末端的动力 F 应该由下式计算:

$$rF_1^0 = LF, \quad \text{即} \quad F = \frac{rF_1^0}{L}$$

以(12)式代入上式,并应用关系式

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{2\pi r},$$

则得

$$F = \frac{Wh}{2\pi L}. \quad (13)$$

这正是一般课本中关于理想螺旋的公式。

比较(9)式与(12)式,可以看出有摩擦时的动力比无摩擦时的动力大,差数为

$$\begin{aligned} \Delta F_1 &= F_1 - F_1^0 = W \left(\frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha} - \operatorname{tg} \alpha \right) \\ &= \frac{1}{\cos \alpha} \cdot \frac{\mu W}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha} = \frac{f_1}{\cos \alpha}. \end{aligned} \quad (14)$$

这便是克服阻力 W 使螺旋转动时由于摩擦而要求的附加动力。

应该指出,这个附加的动力 ΔF_1 虽然由摩擦所引起,但它并不等于总摩擦力。这又是什么道理呢? 这是因为: dF_1 的方向并不与 df_1 方向平行,而是互成一个角度 $180^\circ - \alpha$ (图 1.1),因而 dF_1 的附加部分乘以 $\cos \alpha$ 其大小才等于 df_1 ,求和之后,则得

$$\Delta F_1 \cos \alpha = f_1,$$

这跟(14)式是符合的。但是附加动力所做的功正等于克服摩擦所

做的功, 因为当螺旋转过一转时, 从(14)式可知 $\Delta F_1 \cdot 2\pi r$ 正等于 $f_1 \cdot 2\pi r / \cos \alpha$.

3. 关于偏倾斜面的公式 在图 1.3 中我们取水平面为坐标面 xOy , 向上竖直线为坐标轴 Oz . 设有一平面从水平位置 $OABO$ 绕 Ox 轴转过一角度 α , 到达位置 OA_1B_1C (跟图 1.1 的 OA_1 面和图 1.2 的 π_1 面相当), 然后再绕 OA_1 向上转过一角度 β , 到达偏倾位置 $OA_1B_2C_2$, 这样的平面正和三角螺纹螺旋与螺母相接触的螺纹表面相当(即图 1.5 的 π_2).

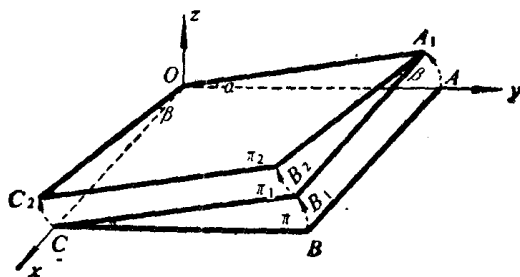


图 1.3

设偏倾的斜面 $OA_1B_2C_2$ 上有重为 W 的物体. 现在用平行于 Oy 的水平力 F_2 拖着它沿着与 OA_1 平行的方向 (即图 1.4 中点线 $O'A_1'$ 的方向) 在斜面上匀速上升, 则摩擦力 f_2 也沿着 $A_1'O'$ 方向朝下, 其大小等于 μN_2 , 这里 N_2 为物体所受斜面的法向反作

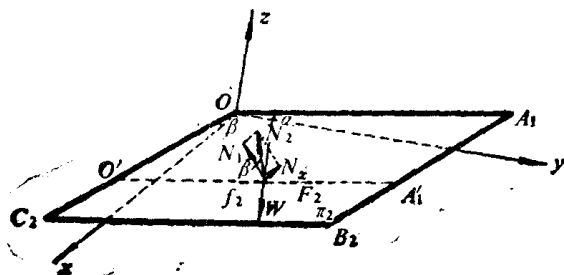


图 1.4

用。这时物体一共受了4个力,即 W 、 F_2 、 f_2 和 N_2 , 其中 W 、 F_2 和 f_2 在同一竖直面内(设以 P 表这个竖直面), 而 N_2 则和这个竖直面 P 成一角度 β , 所以这4个力不是互相平衡的。但是, 如果把 N_2 分解为两个分力, 一个分力 N_1 在平面 P 内并垂直于平面 σ_1 , 其大小为 $N_2 \cos \beta$, 另一个分力 N_x 垂直于平面 P 而和 Ox 轴平行(但在 Ox 的负方向), 其大小为 $N_2 \sin \beta$, 则 N_1 就和前三个力 (W 、 F_2 、 f_2) 互相平衡了(因为物体在平面 P 内做匀速运动^①)。现在把这平衡力系 W 、 F_2 、 f_2 、 N_1 分解到 Oy 和 Oz 方向, 则 $\sum F_y$ 和 $\sum F_z$ 都应为零, 即

$$\sum F_y = F_2 - N_1 \sin \alpha - f_2 \cos \alpha = 0,$$

$$\sum F_z = N_1 \cos \alpha - W - f_2 \sin \alpha = 0,$$

亦即

$$F_2 - N_2 \cos \beta \sin \alpha - \mu N_2 \cos \alpha = 0,$$

$$N_2 \cos \beta \cos \alpha - W - \mu N_2 \sin \alpha = 0.$$

由此二式解得

$$N_2 = \frac{W}{\cos \alpha \cos \beta - \mu \sin \alpha}, \quad (15)$$

$$F_2 = \frac{(\sin \alpha \cos \beta + \mu \cos \alpha) W}{\cos \alpha \cos \beta - \mu \sin \alpha}. \quad (16)$$

摩擦力则为

$$f_2 = \mu N_2 = \frac{\mu W}{\cos \alpha \cos \beta - \mu \sin \alpha}. \quad (17)$$

上面是关于偏倾斜面的公式。下面利用它们来分析三角螺纹

① 至于另一分力 N_x , 在斜面上确没有别的力和它平衡, 但在下面要讨论到的三角螺纹螺旋中, 这种分力(见图 1.5 的 dN_x)成对地相等相反, 虽然不在同一直线上, 但它们的作用线都通过螺旋轴线, 因而对轴线没有力矩, 对螺旋的运动来说, 就不必考虑了。

螺旋中各力的关系。

4. 关于三角螺纹螺旋的公式 图 1.5 表示仰角为 α 、尖角为 2β 的三角螺纹螺旋。螺旋与螺母相接触的任一微小表面 dS 在空间中的方向，正是图 1.3 或图 1.4 中偏倾斜面 π_2 的方向。因此，每一微小表面 dS 上所分布的阻力 dW 、螺母对它的法向反作用 dN_2 、摩擦力 df_2 和使螺旋反抗阻力而向上匀速转动所需的动力 dF_2 四者之间的关系，正可用 (15) — (17) 三式来计算，即

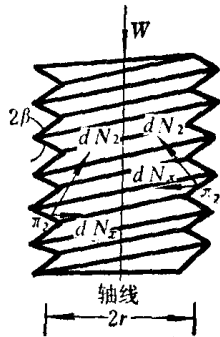


图 1.5

$$dN_2 = \frac{dW}{\cos \alpha \cos \beta - \mu \sin \alpha}, \quad (18)$$

$$dF_2 = \frac{(\sin \alpha \cos \beta + \mu \cos \alpha) dW}{\cos \alpha \cos \beta - \mu \sin \alpha}, \quad (19)$$

$$df_2 = \frac{\mu dW}{\cos \alpha \cos \beta - \mu \sin \alpha}. \quad (20)$$

就整个螺旋来说，根据前面导出关于方形螺纹螺旋的公式时所用的理由，同样求得使三角螺纹螺旋反抗阻力作匀速转动时所需的动力为

$$\begin{aligned} F_2 &= \sum dF_2 = \sum \frac{(\sin \alpha \cos \beta + \mu \cos \alpha) dW}{\cos \alpha \cos \beta - \mu \sin \alpha} \\ &= \frac{(\sin \alpha \cos \beta + \mu \cos \alpha) W}{\cos \alpha \cos \beta - \mu \sin \alpha} = \frac{\left(\sin \alpha + \frac{\mu}{\cos \beta} \cos \alpha \right) W}{\cos \alpha - \frac{\mu}{\cos \beta} \sin \alpha}. \end{aligned} \quad (21)$$

而总摩擦力(即各微小表面上摩擦力的绝对值之和)为

$$f_2 = \sum df_2 = \frac{\sum \mu dW}{\cos \alpha \cos \beta - \mu \sin \alpha}$$

$$= \frac{\mu W}{\cos \alpha \cos \beta - \mu \sin \alpha}. \quad (22)$$

5. 螺旋的自锁

上面推得的举重螺旋向上运动时所需的动力 F_1 ，以及因运动而发生的摩擦力 f_1 ，是指运动为匀速而说的。如果动力 F 大于(9)式所给的数值 F_1 ，则螺旋的运动显然是加速的；如果动力之值稍小于 F_1 ，螺旋就不动了，这时摩擦力相应地变为静摩擦力，而不等于 μN_1 了。那么，如果动力竟是为零，螺旋是否运动呢？我们可以从图1.1来看：物体的重力分力 $W \sin \alpha$ 有使物体在斜面上向下滑动的作用，因而这时阻止下滑的摩擦力 f 方向朝上了，即与图中所示 f_1 的方向相反；如 f 小于 $W \sin \alpha$ ，则物体向下滑动，当 f 等于 $W \sin \alpha$ 时，物体才能静止。由此可知，物体能在斜面上静止的条件是，摩擦力等于 $W \sin \alpha$ 。但是静摩擦力最大只能等于 μN ①，而 $N = W \cos \alpha$ ，因此静止的条件是 $\mu W \cos \alpha$ 不小于 $W \sin \alpha$ ，也就是

$$\mu \geq \tan \alpha. \quad (23)$$

这就是说， α 不过大或 μ 不过小而符合上式条件时，物体就能不借外力而静止于斜面上。对举重螺旋来说，如果摩擦系数 μ 和仰角 α 符合(23)式的条件，则螺旋虽受到阻力 W ，仍静止于螺母中。这就是所谓自锁现象。如上式不能满足，即 $\mu < \tan \alpha$ 时，螺旋便不能自锁了。

对三角螺纹螺旋来说，自锁条件也是 μN 不小于 $W \sin \alpha$ ，但这时 N 不等于 $W \cos \alpha$ 而是它的分力 $N \cos \beta$ 等于 $W \cos \alpha$ (见图1.5)，即 N 等于 $W \cos \alpha / \cos \beta$ ，所以自锁条件为： $\mu W \cos \alpha / \cos \beta$

① 严格讲这里 μ 应是静摩擦系数，它略大于前述滑动摩擦系数，现在我们略去这种甚小的差异，两种摩擦系数皆用 μ 来表示。