

电学基础讲座 第二册

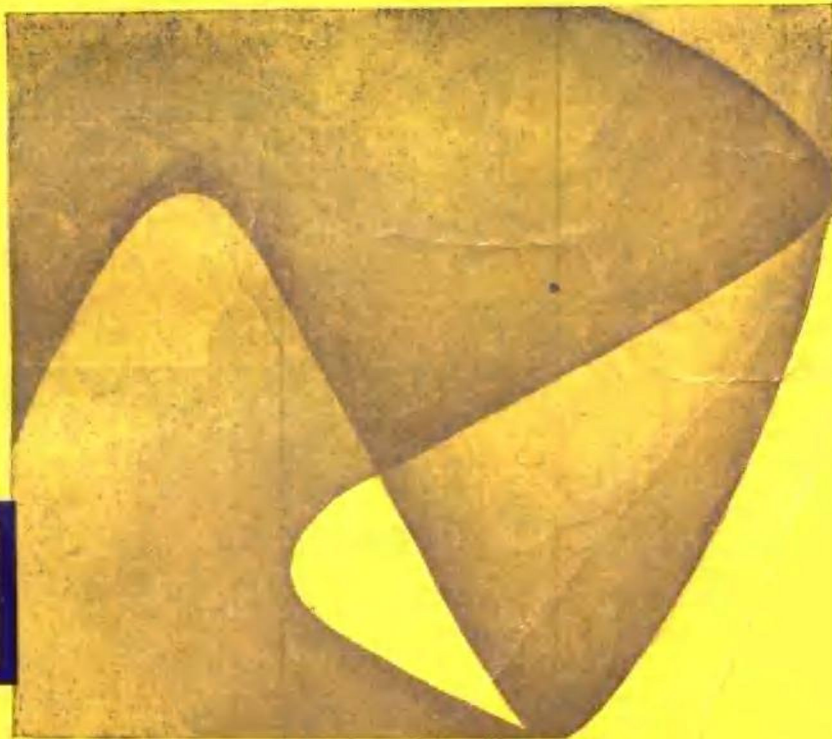
程序式学习法

基础电工学

磁与静电

〔日〕末武国弘 主编

松下电器工学院 编著



机械工业出版社

本书是日本松下电器产业有限公司培训机构——松下电器工学院对公司人员进行电学基础知识教育的教材，这套《电学基础讲座》共六册（书目附后），这是第二册《磁与静电》。内容讲述磁的性质、电流的磁效应、电磁感应、电感、电磁力、铁的磁化曲线、磁路、磁场能量、静电的性质、电场与电通量、电位与等位面、电容及电容器的连接法等基本概念、具体计算及实际运用。每章附有练习题并附解答，书末附有考核试题及答案。

本书是采用当前世界流行的程序式学习法进行编写的，深入浅出、形象喻比、引人入胜、通俗易懂；内容由浅入深、有问有答、概念清晰、便于自学。特别适合作为工矿企业职工培训教材和工人、干部及中学生自学读物，也可作为技工学校和职业中学教学参考用书。

電気基礎講座 2
プログラム学習による
基礎電気工学〔磁気・静電気編〕

監修 末武国弘

編著 松下電器工学院

発行 松下電器産業株式会社

昭和51年9月10日初版発行

昭和56年4月1日11刷発行

* * *

程序式学习法

电学基础讲座 第二册

基础电工学 磁与静电

〔日〕末武国弘 主编

松下电器工学院 编著

纪铜城 译

樊宝泉 校

*

责任编辑 董保申

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

河北省永清县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 850×1168¹/₃₂·印张 7³/₄·字数 263千字

1987年12月北京第一版·1987年12月北京第一次印刷

印数 0,001—7,400·定价：2.55元

*

统一书号：15033·6270

主编者的话

有这样的成语：“明珠暗投”或“马耳东风”。这就是说，无论给谁多么好的东西，总要对方对那件东西感兴趣才行，如果他本人不喜欢，就会无动于衷。上述的成语所比喻的最能表明这种情况。学习也是如此，如果学习者对其所学习的不感兴趣，即使内容再精彩也是枉然。

就是说，无论谁如果没有学习的欲望，而是漫不经心地学习，必然会毫无成效。

如果，学习者从一开始就具有学习的欲望，那当然最好；但也有这种情况，就是在学习开始之后才产生兴趣的。对于学校教学的情况，从其效果来看就与后者相当，所以，教师就应千方百计地想办法来激发学生的学习的积极性。

程序式学习法的课本是以自学自习为主的，对于没有学习欲望的人本来是不适用的；但是，现在我们从教育工程学的角度对以往的程序式学习法的课本加以研讨，并对它进行了改革，从而编写成这套世界上少有的新程序式学习法的课本。我们把这种形式命名为：

“模仿家庭教师形式”

这种形式与传统的程序式学习法的课本基本相同，所不同的只是它增加了解答栏。

在解答栏中，除了普通的答案之外，还加上了模仿“家庭教师的批语”。有时提问、有时提示；有时评论、有时鼓励。根据情况从学习者的角度出发有问有答，从而使人产生一种感觉，宛如在学习者的身边有老师和同学在一起上课似的。

这种形式，从教育工程学上说，就是给予学习者一种有效信息的反馈方法，或者叫做效果认识法 (Knowledge of Results)，使学习者随时获悉学习所得成果。

发行前言

这套讲座是松下电器产业有限公司的教育训练机构——松下电器工学院用作对公司人员进行电学基础知识教育的教材，它一方面参考了中等工业学校及各职业训练学校的教学大纲，一方面参考历来的学校教科书与程序式学习法的课本，但不拘泥于以往的教学方法，而是根据教学体会以新程序式学习法的形式编写而成的。

因此，本书可望适用于下列目的：

1. 可供中等工业学校、中等职业训练学校，其它各类技术学校及企业内教育机构用作电学基础课的教科书或参考书。
2. 对于机械、化工、经营管理等非电专业的技职人员，为了适应在现代社会活动中对科学知识的需要，可用作学习有关电工、电子技术知识的读物。
3. 对于从事高级电器产品、自动化装置、自动车床及工业测量仪表操作的技术工人，为了理解所操作的设备，可作为学习必要的电学基础知识的读物。
4. 可用作电化教育设备的软件。
5. 可用作通俗的自学读物。

本册是《电学基础讲座》的第二册——《磁与静电》，是为初学电气知识的人编写的。它讲述了磁铁的性质、电流的磁效应、磁场与电流的相互作用、线圈的作用、铁磁材料的磁化现象、静电的性质及电容器的作用等等，书中引用人们身边经常遇到的事物现象进行解说，借助图解来讲述实验和观察的程序，使学习者获得电气知识的基本概念和进行计算与运用的技能。

本书的缺点，如蒙读者批评指正，则不胜荣幸。

编著者代表

本书的特色和目的

- 1 本书各章由下列几部分构成：
 - ① 学习目标
 - ② 内容提要
 - ③ 学习内容
 - ④ 练习题
 - ⑤ 试题（及格测验）
- 2 在“学习目标”中，简单地叙述了该章进行学习的目标。
- 3 在“内容提要”中，对该章的学习内容进行归纳，并作出简要的概括，也可用作学习的小结。
- 4 在“学习内容”中，学习内容以新程序式学习的教学方法展开；在解答栏中，除答案之外，还采用了效果认识法（Knowledge of Results），加上了模仿“家庭教师的批语”，这是教育工程学上用以提高读者学习积极性和随时获悉学习所得成果的一种新的方法。
- 5 “练习题”是为了使读者充分掌握学习内容中所学到的概念、定律，以及提高计算能力而选择的广泛内容，并附有详细解答。
- 6 “试题”可用作检查学习者对各章学习成效的测验题目。每章出10题，100分为满分。
- 7 曾在学校里学过的人，在走向社会后获得再受教育的机会，打算再一次学习时，如嫌本书学习内容过分详细，则可采取以内容提要为主和做练习题入手进行学习的方法。
- 8 在集体教学的单位采用本书作教材时，可根据内容提要进行讲授。
- 9 若把试题的内容选取一些给与学习者作为测验题目，就可以对学习者的学习成果作出评价。
- 10 在企业内的教育培训机构中，举办在职培训、短期集训、函授教育及组织自学等采用本书进行教学时，可根据内容提要讲授，并可把试题作为及格测验和汇报学习成果的试题。

本书的使用方法

- 1 初学电学知识的人请从“学习内容”开始学习。
- 2 “学习内容”是根据新程序式学习的教学方法与教师的讲授一样地展开的。

先用一块特别配制的盖板（如图粗线隐格所示），把解答栏遮盖起来，这样，读者先不看答案，仔细阅读内容，认真思考，并在____处填空。

第一格	1. 本书依内容提要、____内 容、练习题、然后为试题的次序 构成。	(学习)
第二格	2. 内容____是对该章的学习内 容作简洁的叙述。	(提要)
	3. 学习____中,学习内容根据 程序式学习的教学方法简单易学 地展开着。	

- 3 仔细阅读每格的内容，如果弄清了应填入____中的答案，就把它记在笔记本上。
- 4 如果自己思考的答案有把握了，就挪一挪盖板，与解答栏中的答案对照，判定是否正确。
- 5 如果自己思考的解答正确，就进行到下一格；如果错了，就再仔细阅读一遍，直至掌握并理解正确解答时为止。
不必追求速度，最重要的是一格一格地充分理解并稳步前进。
- 6 最后，请对书后所附的“试题”作出解答，以便检验学习的成效。

目 录

第一章	磁的性质	1
第二章	电流的磁效应	13
第三章	电磁感应	31
第四章	电感	51
第五章	电磁力	77
第六章	铁的磁化曲线	91
第七章	磁路	105
第八章	磁场能量	117
第九章	静电的性质	129
第十章	电场与电通量	141
第十一章	电位与等位面	155
第十二章	电容	169
第十三章	电容器的连接法	187
各章练习题解答		207
试题(及格测验)		221
试题答案		241

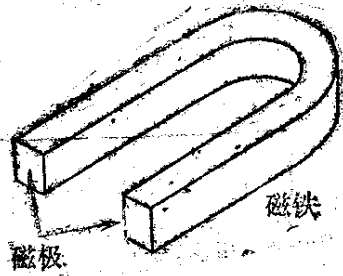
第一章 磁 的 性 质

学 习 目 标

1. 知道磁铁的性质，并懂得磁、磁极、磁力、磁场这些专门术语的意义。
2. 能够说明磁通具有什么样的性质？
3. 能够根据磁通的性质说明作用于磁极间的吸引力与排斥力。
4. 能够应用比例符号 \propto 表示作用于磁极间的力（磁力），其大小与磁极间的距离及磁极强度之间的关系。
5. 懂得强磁性物体与反磁性物体的差别。
6. 知道磁通具有顺利通过磁性物体内部的性质。

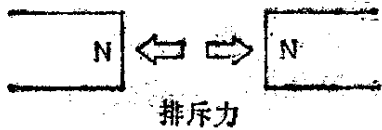
内 容 提 要

1 磁铁之所以吸引铁片等磁性物质，是因为磁铁具有磁性。磁铁中磁性最强的部分称为磁极。



2 磁铁的磁极，必定是N极（+极）与S极（-极）成对出现的。而且，将二个

磁铁互相靠拢时，在同性磁极之间作用着排斥力，在异性磁极之间作用着吸引力。



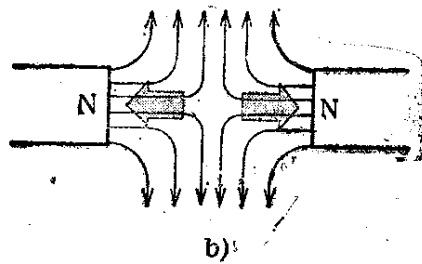
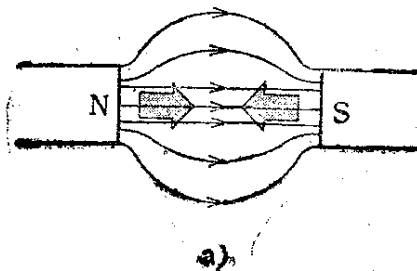
3 磁极作用于其周围的力称为磁力，磁力作用的空间称为磁场。

4 为了便于研究磁场内所产生的现象，若使用一种称为磁通的、眼睛看不见的假想线来表明磁场的现象，便很方便。可以认为，这种磁通线具有如下的性质：

(1) 磁通线从N极出发而终止于S极（图a）。

(2) 磁通线好象拉紧的橡皮筋一样，其本身有自行收缩的趋势。

并且，沿相对方向通过的磁通线相互排斥（图b）。

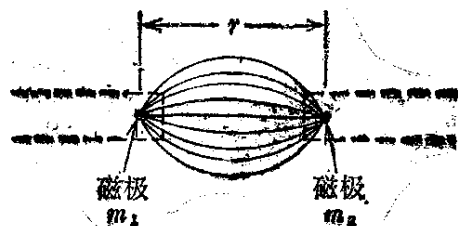


(3) 磁通的方向规定为：与置于该处的磁针的N极所指的方向相同。

5 作用于磁极间的力

(1) 磁铁的N、S极的磁通线集拢起来的端点可认为是磁极。

(2) 作用于磁极间的力 F ，与两磁极间距离 r 的平方成反比，与两磁极强度 m_1 、 m_2 的乘积成正比。



$$F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

(3) 我们称上式为倒平方定律或磁场的库仑定律。

6 磁感应

(1) 如果把一磁性物体置于磁场中, 如图所示, 该磁性物体在靠近磁铁的 N 极侧感应为 S 极, 在靠近磁铁的 S 极侧感应为 N 极。这种现象称为磁感应, 这时磁性物体被磁化了。



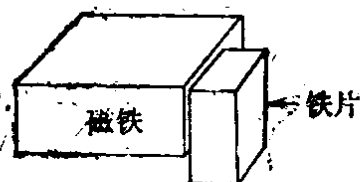
(2) 物体根据磁化状态的不同分为强磁性物体, 顺磁性物体及反磁性物体。

7 磁通具有易于通过磁性物体内部的性质。

学 习 内 容

1 磁铁之所以吸引铁片之类的物体，是因为磁铁具有**磁性**。

由此，我们把带有磁性的物体称为_____。



喂，已经开始啦，坚持学习吧！

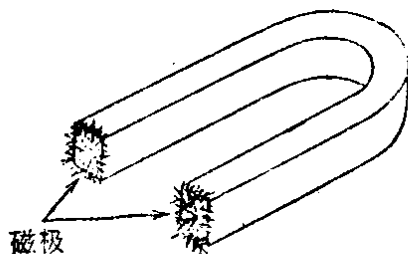
[磁铁] ⊖

⊖ [] 中内容系左栏中的答案，下同。

2 如果用U字形磁铁搅拌铁砂子，众所周知，在磁铁的两个端部就会沾满铁粉。

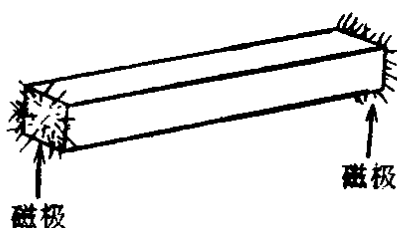
磁铁的这两个端部称为**磁极**。

磁极可认为是磁铁中磁性最强的部分。



3 同理，在如图所示的棒状磁铁的场合，也存在两个磁性最强的部分即**磁极**。

在这种磁铁中，有两个强烈吸引着铁粉的_____。



在磁铁中总是有两个磁极罗！

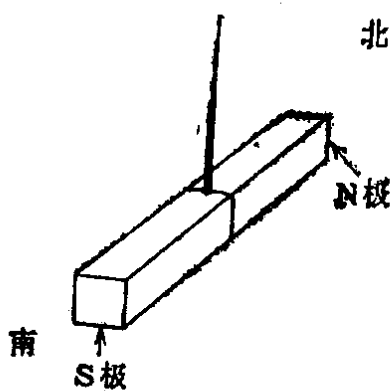
“但是，这两个磁极的性质有点不同吧！”

[磁极]

4 假若如图示那样，用线绑住棒状磁铁的重心位置，将其悬吊起来，则磁铁的两磁极大体上指南北方向。

这时，指北的磁极称为**N极**或正(+)极，指南的磁极称为**S极**或负(-)极。

就磁铁而言，N极与S极必定是这样成对出现的。

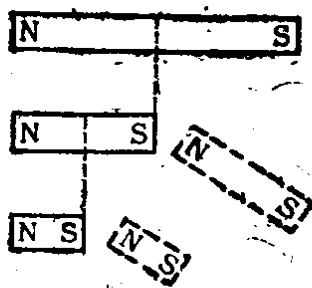


“北的英语单词是North，南是South吧！”

因此，取头个字母，指北的磁极称为N极，指南的磁极就称为S极！

5 若就一个磁铁来加以考察，则N极与S极必定成对存在，不可能单独将一边的磁极取出来。

如图所示，若不断将磁铁一分为二，则在分出的每块磁铁上总是产生一对N极和S极。



噢，这怪有意思哩！

“只有N极或S极的磁铁是不存在的！”^①

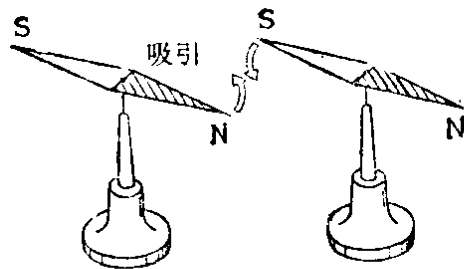
^①据国外报导，已发现有单磁极。
——编辑注

6 并且，若把两块磁铁互相靠近时，根据其方向的不同，可以看出或是互相排斥，或是互相吸引。

这种现象当用两根注明磁极极性的磁针进行检验时，就能看得一清二楚。

当将两根磁针的端部互相靠近时，同性磁极相互排斥，异性磁极相互吸引。

譬如，S极与S极互相 (a) _____，S极与N极互相 (b) _____。



(a) [排斥]
(b) [吸引]
同极相斥异极相吸!
“异性相吸，万物皆然，对吧？”
噢，磁铁也不例外!

7 大家看到了在磁极之间产生一种吸引力或排斥力吧。

我们把这种力称为磁力。

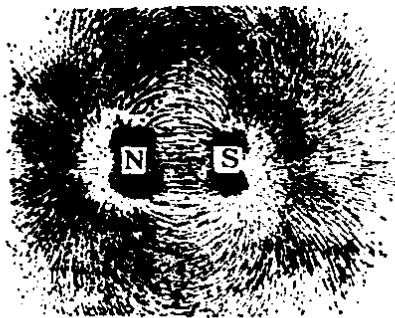
磁力有两种：

- (1) 吸引力 (作用于异极间的力)
- (2) 排斥力 (作用于同极间的力)

由于是磁性作用引起的力，故称为磁力!

8 这里，将铁粉撒在一块玻璃板上，在玻璃板的下面放置磁棒，则铁粉便作如图所示的分布。由图可以看出，是N极与S极使力作用在铁粉上。

这样，我们把磁极在其周围所产生的力称为磁力，而把磁力作用的空间称为磁场。



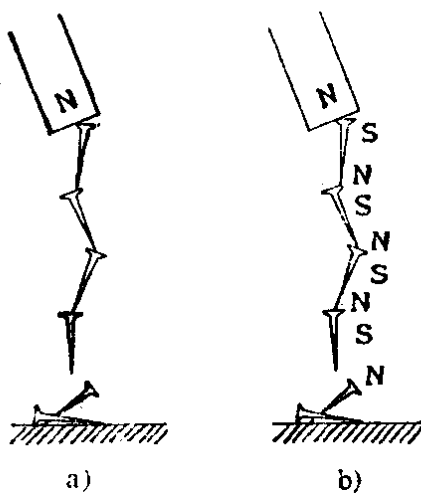
“做物理实验时就会看到这种现象吧!”

9 那末，下面我们来研究为什么铁粉会以这样的形状进行分布的呢?

试联想起如下的实验：

若如图 a 那样，用一磁铁吊起小铁钉时，则很有趣地很多小铁钉一个接一个互相沾连着。

小铁钉之所以会这样互相沾连起来，是由于每根铁钉形成一个磁铁，而在异性磁极间彼此作用着一种力。



小孩子最喜欢作这种实验!

“下面再来回答‘为什么?’这个问题!”

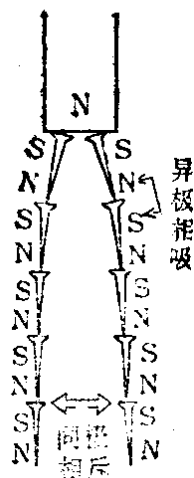
[吸引]

10 这里，我们试将另一串铁钉悬挂在同一磁铁上。

那末，这两串铁钉会形成什么状态呢？

- (a) 互相吸引着。
- (b) 互相排斥着。

究竟属于哪一种，若对每根铁钉标上N，S的磁极符号来观察，就一目了然啦。

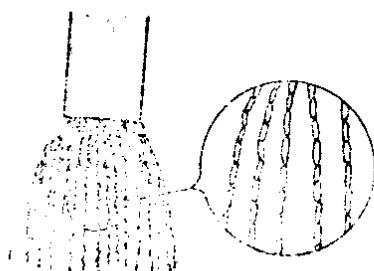


〔互相排斥着〕

的确如此，因为异性磁极间彼此互相吸引，同性磁极间彼此互相排斥呀！”

11 实际上，将撒满铁粉的玻璃板放置于磁铁之上，若用放大镜观察，就可看见板上的铁粉象小虫一样互相沾连，这与铁钉的情况相似，每粒铁粉形成了小磁铁而互相吸引，并组成一串串的队列。

而且可以看出，这一串串的铁粉队列彼此互相_____着。

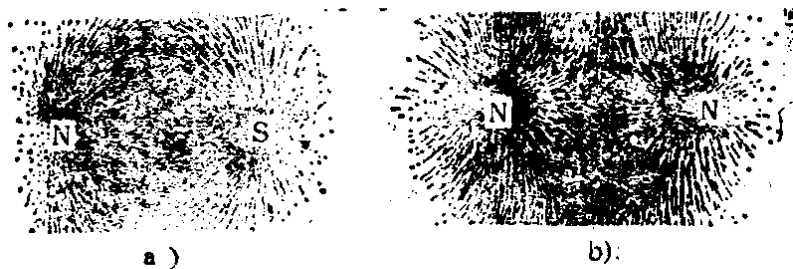


“无论铁粉，还是铁钉，情况都一样吧！”

〔排斥〕

12 N极与S极两个异性磁极间的磁力作用着的空间状态，就是磁场状态，可通过将铁粉撒在玻璃板上便能观察到，其形状如图a所示。

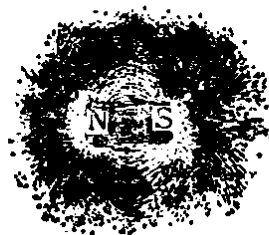
图b是用同样方法观察到的N与N（或S与S）的同性磁极的磁场状态。



“做一次实验看看就清楚了！”

13 这些铁粉的排列形状，看起来好象沿着一些什么线并行分布着似的。

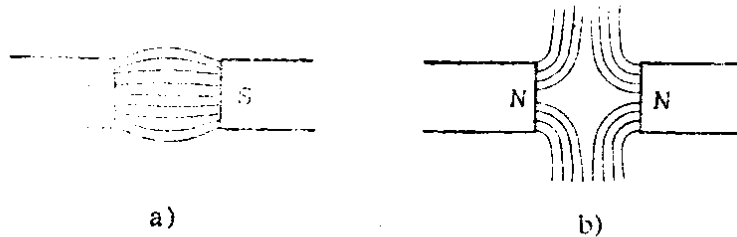
因此，即使在不撒布铁粉的场合，我们也可认为在磁铁附近的空间，存在着一种眼睛看不见的假想磁通线，这样，就可以进一步来进行学习了！



磁通线呀…

“这对于理解磁场的状态是很方便的！”

14 图 a 与图 b 分别画出了将两个异性磁极(N与S)的磁铁及两个同性磁极(N与N或S与S)的磁铁互相靠近放置,各自撒布铁粉时用眼睛观察到的磁通线图形。



根据上面图中所画的磁通线形状,显然可见,异性磁极彼此互相(a)_____,同性磁极彼此互相(b)_____。

嗯。

根据磁通线形状就能够说明排斥力及吸引力,对吧?

“是的!”

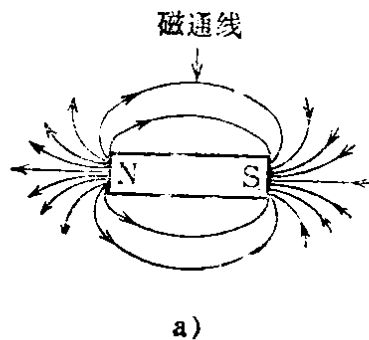
(a) [吸引]

(b) [排斥]

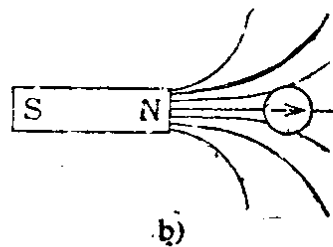
15 当有了这样假想的磁通线时,对于说明磁场内的各种现象是很方便的。

这里,我们对磁通线预先作出下列规定:

(1) 如图所示,规定磁通线从N极出发而终止于S极(图 a)。



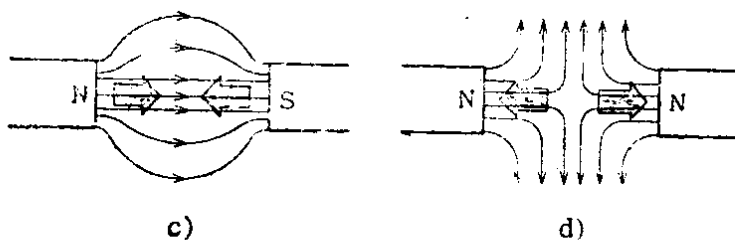
(2) 磁通线的方向,与放置于该处的磁针N极所指的方向相同(图 b)。



(3) 磁通线就象拉紧的橡皮筋一样,其本身具有自行收缩的趋势。

因此,可以看出,图 c 的情况作用着(a)_____力。

并且,因为朝着相对方向的磁通线彼此互相排斥,所以可知,图 d 的情况作用着(b)_____力。



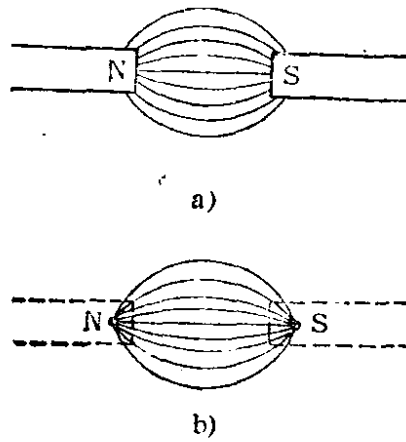
(a) [吸引]

(b) [排斥]

“怎么样,由磁通的性质就可清楚地了解到作用的是哪种力了吧!”

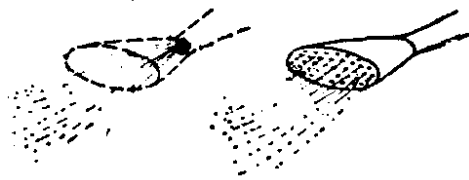
的确如此!

16 那末，如果仔细观察图 a 所示的两磁极附近的磁通线的形状，则可认为，在磁铁端部的附近存在如图 b 所示的、好象是磁通源的两个点。

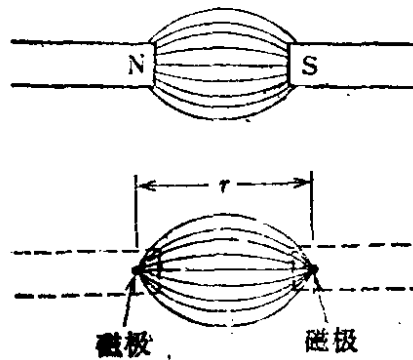


嗯，嗯，
这一来，这两个点不就构成磁极了吗…？
“显然是这样的！”

17 这种情况，与图中所示的，看成好象从水壶喷出的水，有一个水源点位于其管嘴相似。



18 根据上述情况，我们知道了在磁铁 N 极的端部，存在一个可看成磁通源的 (a) 极，在磁铁 S 极的端部，存在一个磁通集拢起来的 (b)

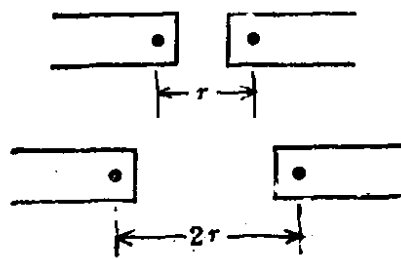


(a) [磁]
(b) [磁极]

而且，我们把图中所示的距离 r 看成为磁极间的距离。

的确如此！

19 那末，试来测量在两个磁铁之间的作用力吧！经过测量，我们发现，如果两磁极间的距离增加一倍，则相互间的作用力变成原来的 $1/4$ ；若距离变为三倍，则作用力的大小只为原来的 $1/9$ 。



“可知两磁铁的距离越大，作用力就越小。”

20 这样，由实验看出，作用于两个磁铁之间的力 F ，与两磁极间距离 r 的平方成反比。若将上述关系用式子表示，则可得：

$$F \propto \frac{1}{r^2} \quad (\propto \text{为比例符号})$$

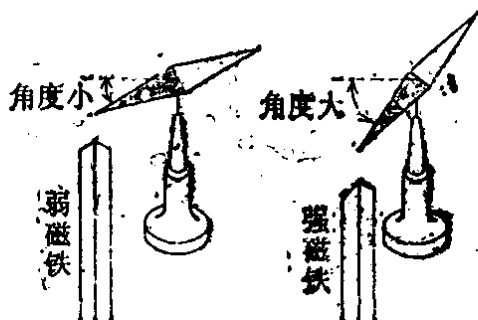
嗯，力与磁极间距离 r 的平方成反比。

21 可是，磁铁的强度及磁力的大小是怎样知道的呢？

根据磁极上吸附铁粉的多寡可大概知道一点吧。

然而，定量测量磁力的大小却有各种各样的方法，最简单的方法莫过于下面这一种。

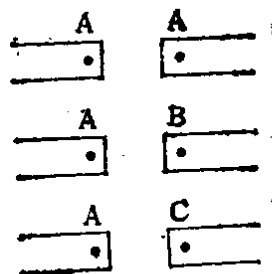
如图所示，即使磁针相同，但由于磁铁的强弱不一样，磁针受力作用而偏转的角度是不同的，所以利用这个原理就可求得强、弱磁铁的强度比。根据这种测量，例如，若用 m 表示某个磁铁的强度，即可得知其它磁铁的强度为 $2m$ ， $3m$ ……等等。



因为磁铁也有各种各样的呀！

“把这个实验再做一次是很有意思的吧！”

22 现在，如图所示那样将某个磁铁 A 固定置于左侧，在其右侧放置另一强度相同的磁铁 A，测得两者之间的作用力；如果在同一距离的位置分别放上强度为 A 的二倍及三倍的另两个磁铁 B 及 C，则可得知，各磁极间的作用力亦相应地分别变成二倍及三倍。



“磁铁的磁性愈强，吸引力或排斥力就愈大吧？”

的确如此，作用力与两磁铁磁极强度的乘积成正比！

其次，将右侧的磁铁固定，而将左侧的磁铁作同样的改变，则各个磁极间的力也同样分别变成二倍及三倍。

因此，我们得知两个磁极 m_1 、 m_2 之间的作用力，与两磁极强度的乘积即 $m_1 \times m_2$ 成正比。

23 因此，若将上述结果归纳一下并用公式表示时，即可得：

$$F \propto \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

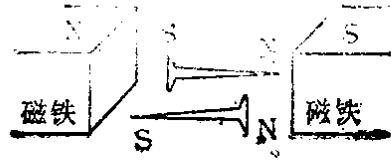
由上式就可看出，作用于两磁极间的力，与磁极间距离的平方成_____。我们把它称为倒平方定律，并仿照以后将叙述到的静电场的库仑定律，而称它为“关于磁场的库仑定律”。

“用式子表示， F ， m ， r 的关系就看得很清楚啦！”

〔反比〕

24 前面，我们学习了磁铁吸引铁钉和铁粉的现象。试对这种现象再稍微详细一点地来加以研究吧！

25 若将铁钉置于磁力作用着的空间（这个空间称为磁场），则如图所示那样，这些开始并不具有磁性的铁钉，现在却呈现出磁性了。



普通的铁片和铁钉受磁化后就浑身一变也成了磁铁吧！

这时的铁钉，在靠近磁铁N极侧的被感应为S极，在靠近磁铁S极侧的被感应为N极。

这样，我们把铁钉之类的物体在磁场中所呈现出的磁性现象称为**磁感应**，并说这时铁钉被**磁化**了。

铁，镍，钴所受的磁化特别强烈，即使去掉外磁场，它们仍然具有磁性。这样的物质称为**强磁性物体**。

此外，被磁化的强度不如强磁性物体强烈的物质，称为**顺磁性物体**，铝，锡，铂等等就是顺磁性物体。

“即使都是金属，也是各不相同呀！”

26 可是，与强磁性物体及顺磁性物体的性质相反，有一些物质沿着与外加磁场相反的方向稍微被磁化。这种物质称为**反磁性物体**。

铍，铋，铜等等，因为沿着与外磁场相反的方向被磁化，故称为_____磁性物体。

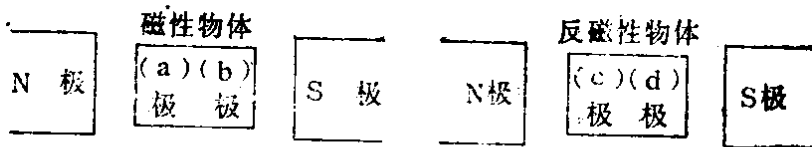
噢，经过磁化的反磁性物体要排斥磁铁了吧？

“力量非常微小啊！”

〔反〕

27 那末，当将磁性物体放入磁场内时，请将由于磁感应而呈现的磁极极性填入图中。

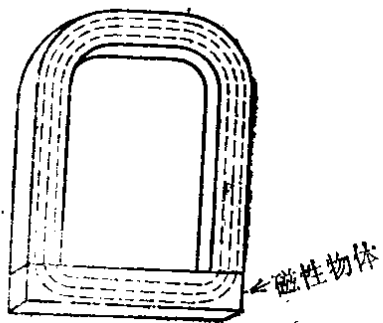
(1) 强（顺）磁性物体 (2) 反磁性物体



- (a) (S)
- (b) (N)
- (c) (N)
- (d) (S)

28 可是，与通过空气时相比较，磁通具有易于通过磁性物体内部的性质。

若如图所示那样，用一磁性物体把两磁极联接起来的话，则从N极出发的磁通几乎全部通过_____而进入S极（详细留在后面进行学习）。



〔磁性物体〕
嗯，可以说是因为磁化物体容易被磁化的缘故！