

心理物理学

心理物理学

xīnlǐ wu

lǐ xué

xīnlǐ wu lǐ xué

● 杨治良 编著

● 甘肃人民出版社

心理物理学

杨治良 编著

期 限

甘肃人民出版社

心理物理学

杨治良 编著

甘肃人民出版社出版

(兰州第一新村81号)

甘肃省新华书店发行 青海新华印刷厂印刷

开本850×1168毫米 1/32 印张11.5 插页1 字数281,000

1988年7月第1版 1988年7月第1次印刷

印数: 1 — 2,280

ISBN 7-226-00162-4

B·11

定价:4.00元

内 容 简 介

心理物理学是心理学的一个重要分支，是研究心理量和物理量之间函数关系的科学。

本书主要介绍了心理物理学的基本知识，以及国内外心理物理学研究的新成果和新进展。内容包括古典心理物理学、现代心理物理学、心理实验技术和心理学仪器等四部分。

本书内容丰富，取材新颖，并附有大量珍贵图片。可作心理物理学课程的教材，可供心理学、医学、哲学、物理学、计量科学和其它有关学科的工作者阅读参考。还可供广大心理学爱好者参考。

前 言

心理物理学在整个科学史上，尤其在心理学史上占有极重要的地位。从1860年心理物理学创始人费希纳(G. T. Fechner)的《心理物理学纲要》刊印问世，至今已有一百多年历史。一个多世纪以来，特别是近三十年来，随着邻近学科和实践应用的迅猛发展，这门交叉科学在理论和方法上都有了重大发展和新的突破。

编写这本书的目的就是企图将国内外关于心理物理学基本的新近的材料有选择地加以系统地介绍。诚然，心理物理学所涉及的范围很广，限于篇幅，本书不可能面面俱到。值得注意的是，近几年来，国内心理学仪器的研制和心理实验室的建设迫切需要有这方面的专著。本书充实了仪器这方面的内容，古今中外，详为介绍，以作引玉之砖。

在编写过程中，参考了国内外有关心理学专著、论文、文献资料，吸取了国内外许多学者的研究成果，在此谨向原作者致以谢意。

在国内编写《心理物理学》，据我们所知，这是初次尝试，加之编者的时间和水平所限，必然存在许多缺陷和错误，恳请专家和读者批评指正。

编 者

1987年6月于上海华东师大

目 录

第一编 古典心理物理学

第一章 心理物理学的诞生	(1)
一、心理物理学的创始人——费希纳	(2)
二、《心理物理学纲要》一书的主要内容	(4)
三、简短的评价	(12)
第二章 古典心理物理学	(15)
一、阈限及其测定	(15)
二、极限法	(20)
三、常定刺激法	(30)
四、调整法	(42)
五、三种心理物理法的比较	(48)
第三章 心理量表法	(50)
一、间接量表和直接量表	(51)
二、古典心理物理学的三种基本量表	(54)

第二编 现代心理物理学

第四章 史蒂文斯定律	(70)
一、阈限概念和感觉理论的发展	(70)
二、神经量子理论	(74)
三、史蒂文斯的幂定律	(77)
四、物理相关论	(83)
第五章 信号检测论	(86)
一、信号检测论的由来	(86)
二、信号检测论的统计学原理	(88)

三、信号检测论的二个独立指标	(93)
四、接受者工作特性曲线 (ROC曲线)	(101)
五、评价	(106)
第六章 信息论在心理学中的应用	(115)
一、概 况	(115)
二、信息论的一些基本概念	(118)
三、信息的传递效率和通道容量	(125)
四、信息论在心理学中的应用	(133)
第七章 反应时新法	(139)
一、反应时新法的产生和发展	(139)
二、减法反应时实验	(143)
三、加法反应时实验	(152)
四、速度—准确性权衡	(157)

第三编 心理实验技术

第八章 变量分析	(160)
一、从一个故事谈起	(160)
二、自变量	(163)
三、因变量	(165)
四、控制变量	(167)
五、变量的函数式	(169)
六、基本变量的实例分析	(173)
七、多自变量和多因变量	(176)
第九章 实验设计	(182)
一、实验的程序	(182)
二、实验设计的基本类型	(191)
三、控制无关变量的方法	(204)
第十章 实验数据的统计分析	(212)
一、算术平均数和标准差	(213)
二、显著性检验	(213)

三、t检验	(223)
四、F检验	(228)
五、 χ^2 检验	(236)

第四编 心理学仪器

第十一章 心理学常用仪器	(240)
--------------	-------

一、仪器在心理学研究中的作用	(240)
二、工具类仪器	(246)
三、感觉类仪器	(258)
四、知觉类仪器	(276)
五、记忆类仪器	(287)
六、技能类仪器	(298)
七、情绪类仪器	(304)
八、个性类仪器和测验材料	(309)

第十二章 计算机在心理学中的应用	(320)
------------------	-------

一、计算机和心理学研究的关系	(320)
二、人一计算机系统的研究	(322)
三、心理和行为的计算机模拟	(326)
四、计算机在心理实验中的应用	(330)
五、使用计算机的优点和不足之处	(334)

附录:

附录一 度量衡单位名称、进位和换算表	(339)
附录二 正态分布密度函数值表	(342)
附录三 正态分布数值表	(343)
附录四 t分布数值表	(344)
附录五 F分布数值表	(345)
附录六 χ^2 分布数值表	(349)
附录七 相关系数r的显著性水准表	(351)
附录八 从相关系数r变换成z表	(352)
附录九 随机数表	(353)

参考文献	(357)
------	-------

篇一编

古典心理物理学

第一章 心理物理学的诞生

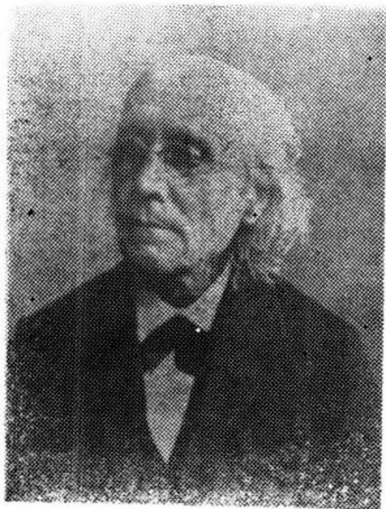
心理物理学在整个科学史上，尤其是在心理学史上占有很显著的地位。在科学史上，一种探究各种现象的真正有效的方法需要经过几十年、甚至几个世纪的时间。为使人相信各种传统观念应当被科学的观念所代替，科学家们进行着极为艰苦的斗争。人同其他有机体有许多共同处。但是，人的心理活动是在较低级的动物身上找不到的。长期以来，人们认为，物理的、化学的、生物的某些东西是可以测量的，但人的心理是不能加以测量的。这样，研究心理现象就被排斥于自然科学之外。

后来，那些早期的科学家，不去争论心理活动能否测量，而只是着手去测量整个心理过程的某一部分，即属于感觉或知觉方面的心理活动。他们所测量的各种活动起先都很简单，象判断物体的重量以及判断物体重量的变化，但重要的是说明了心理活动是能够测量的。

十九世纪下半世纪开始，一个实验科学的心理学诞生了。到了1860年，伟大的心理物理学家费希纳（G. T. Fechner）的《心理物理学纲要》刊印问世，其标题为“身心函数的关系或其相互依存的关系的精密科学”。

一、心理物理学的创始人——费希纳

费希纳（1801—1887）是德国心理学家，为公认的心理物



理学的奠基人。1801年4月19日生于德国下路萨提亚的格罗斯——萨尔兴，1817年入莱比锡大学学医，1822年毕业，定居于莱比锡，从事物理学的研究和译作。1834年担任莱比锡大学物理学教授，不久又担任哲学教授。费希纳因研究后象，用有色镜注视太阳，以致伤害他的眼睛，加上身体虚弱，1839年辞去物理学讲席。

图1-1 心理物理学孕创始人——费希纳

他病中备尝苦痛，三年不和任何人来往，这个病似乎突然来临，结束了他开始时朝气蓬勃的事业，但费希纳后来又恢复健康，也似为一奇迹。社会上称这个时期为费希纳一生中的紧要关头，对于他的思想和后来的生活都有深刻的影响。费希纳喜欢谢林的自然科学，怀有宗教灵学的神秘思想，并为论证他的泛灵论，长期致力于寻求一种科学方法，借以使具有精神与物质两方面的范畴统一于灵魂之中。他在德国生理学家E. H. 韦伯研究的基础上，假设最小可觉差（ J_n ）是感觉单位，经过许多实验和推导，最后得出感觉与刺激的对数为比例这一公式： $S = K \log R$ （ S 代表感觉， R 代表刺激， K 系常数）。他于1860年发表著名的《心理物理学纲要》。费希

纳的公式引起种种怀疑和争论。经过多年研究，他又于1882年发表《心理物理学要义》一书，竭力为他的心理物理学辩护。

心理物理学 (Psychophysics) 这个名词是由两个希腊字根 Psyche 和 Physike 所组成。如果说费希纳的巨著《心理物理学纲要》震动了沉睡的世界，那是不公允的。费希纳是不为世所欢迎的。他的其他一些著作，如《植物的心灵生活》、《天堂与下世》等，曾引起科学家的歧视，他也从未以哲学家见称于世。当时谁也没有想到他的书后来会重要起来，也没有引起热烈的称赞。然而他的研究是有学术价值的，并有实验和数学的良好基础，虽不免有哲学的偏见，但对这些问题感兴趣的其他科学家也给予注意。即在此书尚未发表之前，1858年的论文即已为赫尔姆霍茨及马赫所注目。赫尔姆霍茨于1859年开始在时间感觉方面测验韦伯定律，1863年刊布其结果。冯特于1862年及1863年的心理学著作内，力称费希纳著作的重要。所以，这部《心理物理学纲要》虽未足使当世震惊，但其所已引起的注意，已足使它在心理学中占一重要地位了。

在《心理物理学纲要》公布后不久，费希纳的朋友福尔克曼 (A.W.Volkmann, 1800—1877) 发表其关于心理物理学的论文。德尔柏夫 (J.L.R.Delboeuf, 1831—1896) 于1885年受到费希纳的鼓舞，开始其对视觉的实验，后来对心理物理学的发展颇多贡献。维洛特 (K.V.Vierordt, 1818—1884) 于1868年进行他的对光的成分的时间感觉研究。特别是艾宾浩斯 (H.Ebbinghaus, 1850—1909) 受费希纳著作的鼓舞，着手对较高级的心理过程——记忆进行了测量。艾宾浩斯以自身为被试，系统地测量了他的记忆能力是怎样的，以及记忆的保持过程。他不用记忆的主观经验，取而代之的是客观指标——回忆量。在艾宾浩斯之后不久，比纳继而把心理物理法应用于智力的测量。当然，一门自然科学的成熟程度和它是否可以测量有关，而测量是

要将带有一定规则的对象和事件以数的形式表现出来，这就是说它在多大程度上可以利用数字。可以认为，经历了许多年的努力，心理物理学已经解决了它的核心问题：测量心理和物理量之间的函数关系以及制定达到正确测量的实验方法。到了二十世纪初，心理活动可以归属自然科学的范畴进行研究已成为明白不过的事了。所以，所有的科学家都把这一切归功于心理物理学。

二、《心理物理学纲要》一书的主要内容

费希纳的《心理物理学纲要》一书，共数百页，主要阐述了五个问题：①对数定律；②心理物理学的三种基本方法；③内部心理物理学；④意识阈；⑤负感觉。在这五个问题中，最主要的是前二个问题。下面我们分别叙述。

（一）对数定律

费希纳在韦伯等人研究得到韦伯定律的基础上，应用微积分公理，提出感受的强度与刺激的强度的对数成正比。这就是费希纳对数定律。这个定律确定了心物之间的定量关系，因而成为心理物理学确定感觉强度和刺激强度之间函数关系的基本定律。

费希纳选择了辨别力，即 Jnd (just noticeable difference) 作为他的测量单位，因此，在他的系统里，这 jnd 与我们日常进行的长度物理测量中所熟悉的尺、寸、厘米等，具有同等的地位。为了求得他的量表，他作了这样一个假定：即虽然与处在标准的各个水平上的 jnd 与相应的物理值可能会不同，但 jnd 本身在心理学上是一个常数。因为各 jnd 常常被认作是均等的，不论各 jnd 在量表上发生在什么地方，在心理上都是相等的，于是费希纳从以下几个具体的步骤开始研究，他的研究手续如下：

(1) 用 ϵ 代表感觉的大小，R 代表刺激 (Reiz) 的大小。韦伯根据提重与长度判断的实验结果，提出最小可觉差 (jnd) 的概

念及其定律：一个刺激的最小可觉差的增值与刺激的大小成比例。这个定律隐含下列方程式：

$$\Delta R = KR \cdots \cdots (1.1)$$

$$\text{或 } \frac{\Delta R}{R} = K \cdots \cdots (1.2)$$

实际上，韦伯并没有用上述公式来概括他的结果，后来费希纳虽然独立地得出同样的结论，但费希纳把两个公式归功于韦伯。这两个公式只表示刺激与最小可觉差之间的关系为一常数，没有表示刺激与感觉之间的关系。然而此公式中隐含这种关系。

(2) 费希纳从此出发，提出：

$$\Delta S = K' \frac{\Delta R}{R} \cdots \cdots (1.3)$$

方程式 (1.3) 隐含在方程式 (1.2) 之内，假设心理强度的单位 ΔS ，为相应的刺激增量 ΔR 的对应品，通过最小可觉差可以间接地测量出来。

(3) 费希纳在推导公式 (1.3) 时提出两个假设：(A) 一定感觉维上所有的 ΔS 都是在大小或强度上相等的；(B) 一个较强或较大的感觉是零以上至此感觉的较小感觉的总和。

因此，一切 ΔS 如同 ΔR 一样都可分成更小的增量，可以应用微积分。于是费希纳把方程式 (1.3) 写成微分方程：

$$dS = K' \frac{dR}{R} \cdots \cdots (1.4)$$

(4) 因为假定阈上感觉量为许多最小感觉量的总和，所以方程式 (1.4) 写成积分形式：

$$\int dS = \int K' \frac{dR}{R} \cdots \cdots (1.5)$$

两边积分后，就可得到阈上感觉量 S 值。

$$S = K' \log_e R + C \cdots \cdots (1.6)$$

(5) 为消去积分常数 C ，求得以 R 值表示的 C 值。在公式 (1.6) 中， C 为求积分的常数， e 为自然对数的底。由于这个公式有未知

的常数，所以难以令人满意，于是费希纳根据其他已知的事实以消去C。他定 R_0 等于刺激的阈值， R 为 $S = 0$ 时的一种价值。因此，

$$R = R_0: \quad S = 0。$$

用此代入方程式 (1.6)，便成：

$$0 = K' \log_e R_0 + C$$

$$C = -K' \log_e R_0 \dots\dots\dots (1.7)$$

(6) 以方程式 (1.7) 代入方程式 (1.6)，得：

$$\begin{aligned} S &= K' \log_e R - K' \log_e R_0 \\ &= K' (\log_e R - \log_e R_0) \\ &= K' \log_e \frac{R}{R_0} \dots\dots\dots (1.8) \end{aligned}$$

(7) 现在若将常数由 K' 而变成 K ，便可由自然对数而变成普通对数。 K 为 K' 的倍数 ($\log_e N = 2.303 \log N$)。即：

$$S = K \log \frac{R}{R_0} \dots\dots\dots (1.9)$$

(8) 如果 R 以 R_0 为单位表示，亦即 R_0 为 R 的单位，那么：

$$S = K \log R \dots\dots\dots (1.10)$$

这就是费希纳的对数定律。这是说心理量是刺激量的对数函数，也就是说，当刺激强度以几何级数增加时，感觉的强度以算术级数增加。这个对数定律曾为用差别阈限法制作的等距量表所支持。把这个等距量表的数据在半对数坐标上作图，则心理测量函数应成为一条直线 (见图1-2和图1-3)。

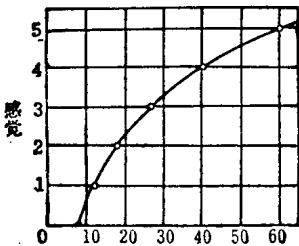


图1-2 刺激值

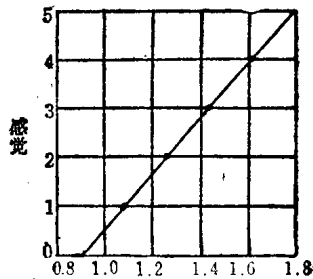


图1-3 刺激值的对数

费希纳的对数定律曾受到各方面的批评。由于费希纳在推导公式的过程中应用了微积分，同时提出了两个假设，也引起了许多不必要的争论。这些批评和争论，概括起来主要有四个方面。

首先，以詹姆士（W. James, 1842—1910）为代表的内省心理学家认为，每个感觉是完整的，是不能分解成部分的。他说：“粉红色的感觉显然不是深红色的感觉的一部分；电灯光的感觉似也不包含蜡光于其内”。屈尔佩（O. Kulpe, 1862—1915）补充说道：“这个‘灰色’的感觉非二倍于或三倍于那个‘灰色’的感觉。费希纳以数目字证明一个谁都知道不是正确的东西，就未免欺骗人了。这个批评虽不大中肯，但这是费希纳的咎由自取。我们知道费希纳说过，刺激可直接测量，而感觉则否，感觉须根据刺激及感受性，作间接的测量。

其次，另一种批评是说韦伯定律并不是到处都适用的，当刺激强度很低时就偏离了 ΔR 和 R 之间的简单的比例。我们知道，费希纳是以韦伯定律为出发点的，韦伯律的局限性势必给费希纳定律带来同样的局限性。

再次，有人对最小可觉差的主观量是否相等提出了疑问。他们认为把若干斤的重量加在100斤上所刚刚觉察出来的增量，比若干两的重量加在一斤上所刚刚觉察出来的增量要重。

最后，二十世纪中期，史蒂文斯（S. S. Stevens）根据他多年研究的结果建立了一个新的心理物理定律——幂定律。他在¹1957年曾指出，一百年来所以没有打破费希纳的对数定律，是因为批评家们只列举一些相反的事实，而没有提出一个理论来代替这个不好的理论。他认为费希纳的对数定律和作为对数定律的根据制作量表的间接方法都不合适。他说，费希纳把分辨能力作为测量单位。根据这种间接测量的哲学，离中趋势乃变成了测量感觉量的依据。因而，根据通过把离中趋势或辨别的离差转换成测量的单位，制作一个和心理量成比例的量表是不可能的。

其实，费希纳可以不用微积分来推导公式，可用代数求得基本上一样的公式。具体是：

假设韦伯律 $\frac{\Delta R}{R} = K$ 能够成立，则：

$$\frac{R + \Delta R}{R} = 1 + K = r$$

r ——为恰好感觉到有差别的两个刺激的大小的比率。

显然，要产生一个比刺激 R 恰好感觉到较大的刺激必须乘以这个比率 r 。同样，要求得一个恰好感到较小的刺激，要乘以这个比例的倒数 $\frac{1}{r}$ 。

这样，绝对阈限从刺激量 R_0 开始，可以写出下列的关系：

$$R_1 = R_0 r$$

$$R_2 = R_0 r^2$$

$$R_3 = R_0 r^3$$

.....

$$R_n = R_0 r^n$$

式中 R_n 的下标符号 n 表示绝对阈限 R_0 以上 jnd 的步骤。若将最后一式移项：

$$r^n = \frac{R_n}{R_0}$$

$$\text{二边取对数 } \log r^n = \log \frac{R_n}{R_0}$$

$$n \log r = \log \frac{R_n}{R_0}$$

$$n = \frac{1}{\log r} \log \frac{R_n}{R_0}$$

令 $K = \frac{1}{\log r}$ ，并且 R 以 R_0 为单位表示，可得：

$$n = K \log R \quad \dots\dots\dots (1.11)$$

上式 (1.11) 同前面公式 (1.10) 有所不同。式 (1.11) 中的 n 表示绝对阈限上 jnd 的数目, 而公式 (1.10) 中的 S 表示在操作上无意义的心理强度的单位, 没有明确的定义。如果费希纳提出公式 (1.10) 为心理物理学定律。关于“大感觉为小感觉的总和”的争论可能避免。而且“各 jnd 在心理上相等”的争论也可能减少一些。但是, 这样还存在有争论的余地, 特别是 $\frac{\Delta R}{R}$ 的恒定性问题。

以上我们仅仅是客观地略述了学者们对费希纳对数定律的争论和异议, 关于费希纳提出的心理物理学, 我们在下一节中将有专门的评论。

(二) 心理物理学的三种基本方法

费希纳在《心理物理学纲要》一书中, 用自己多年的研究提出了心理物理学有三种基本的方法: ①最小可觉差法 (the method of just noticeable differences), 后称极限法 (the method of limits); ②正误法 (the method of right and wrong cases), 后称常定刺激法, 或仅称常定法 (the constant method); ③平均误差法 (the method of average error), 后称调整法 (the method of adjustment) 和复制法 (the method of reproduction)。这些方法都伴有实验的手续和数学的处理, 而且各具有其特殊的形式。常定法因 G.E. 缪勒和 F.M. 乌尔班而有更进一步的发展。最近, 调整法显示了胜过其他方法的优越性。但是修改发展的结果, 适足增加费希纳之为发明家的荣誉。

(三) 内部心理物理学

前述公式 (1.10) 只是费希纳的外部心理物理学定律。所谓外部心理物理学是指对于心理现象与外界刺激的关系的研究; 内部心理物理学是指对于心理现象与身体内作用的关系的研究。