

高等学校教学用书

# 人体及动物生理学 大实验

Л. Л. 瓦西尔耶夫 主編  
И. А. 維秋科夫

高等教育出版社

高等学校教学用书



人 体 及 动 物 生 理 学  
大 实 验

Л. Л. 瓦西尔耶夫 主編  
И. А. 維秋科夫  
徐学崢 李茂之 等譯

高等教育出版社

本書系根据“苏維埃科学”出版社(Государственное издательство “Советская наука”)出版的瓦西尔耶夫(Л. Л. Васильев)、維秋科夫(И. А. Ветюков)主編、阿維尔巴赫(М. С. Авербах)、別列濟娜(М. П. Березина)、瓦西列夫斯基(Н. Е. Василевская)、維秋科夫(И. А. Ветюков)、果利科夫(Н. В. Голыков)、古亞耶夫(П. И. Гуляев)、茹科夫(Е. К. Жуков)、拉特馬涅佐娃(Л. В. Латманцова)、馬卡罗夫(П. О. Макаров)、尼基季娜(И. П. Никитина)、斯彼蘭斯卡婭(Е. Н. Сперанская)編著“人体及动物生理学大实验”(Большой практикум по физиологии человека и животных) 1954年版譯出。原書經苏联高等教育部审定为国立大学教学参考書。

担任本書翻譯工作的是浙江医学院生理教研組李茂之、徐学峰、汪宋宝、尹效孟、蔭秀勁、盛仲武、姜起立、陈庚新、張荣宝等同志。

## 人体及动物生理学大实验

Л. Л. 瓦西尔耶夫, И. А. 維秋科夫主編

李茂之 徐学峰等譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7号  
(北京市书刊出版业营业許可証出字第054号)

商务印书館上海厂印刷 新华书店发行

統一書号 13010·448 开本 787×1092 1/16 印張 316/8 插頁 4  
字數 723,000 印數 1—1,600 定价(8) 3.69  
1953年10月第1版 1953年10月上海第1次印刷

## 序 言

在研究如像人体及动物生理学这样实验性的科学时，实验室的实习起着特别重大的作用。所以，生理学的教学参考书籍中有着丰富的不同方向与范围的各种生理学实验指导。

但是，全部已有的实验指导在篇幅方面都不能作为大学生理学教研组进行大实验时所适用的参考书籍。列宁格勒国立大学人体及动物生理学教研组的全体教师承担了为满足这样要求的实验参考书籍的编辑工作。

著者们力图从大量实际的生理学资料中蒐集这样一些实验课题，即能最明显地与真实地来演示机体内一些最重要的生理过程的实验课题，为此并采用了最新的研究方法。同时，这些实验课题的完成，亦并不需要贵重的仪器与材料。从本指导所载的大量实验中，高等学校生理学教研组的教师们能够选出符合于该教研组的课程范围与技术设备的那些内容。若干方法的记述对于研究生们以及初开始做科学工作者们也同样是有用的。实验指导的篇幅不允许作者以同样完备的程度来介绍生理学的全部章节。而对构成我们祖国生理学的光荣与骄傲和正吸引着最多的研究者们的一些章节则更完善地予以介绍，这些章节乃指血液循环器官的生理学，消化器官生理学，神经肌肉的生理学及电生理学，最后为高级神经活动生理学及分析器生理学。

由于同样的原因，实验指导的编著者们没有可能详细地叙述所载的方法上的理论根据，也没有篇幅来记述最重要的研究方法的發展历史，以及分析在布置某些实验时可能的方法上的错误等等。

由于参加编著实验指导人员的众多，不免会引起实验指导的不同部分在说明形式上的若干不一致性。

实验指导的编著者们愿以感谢的心情接受认真的指正和批评，可按著者们的地址寄交我们，这将大大有助于修改“大实验”的第二版，如果需要再版的话。

I. I. 瓦西尔耶夫教授

II. A. 维秋科夫副教授

# 目 录

## 序言

### 第一章 生理学实验的主要器材与一般操作方法(維秋科夫)

主要器材.....	1	计时器.....	15
伽氏电池.....	1	记纹器.....	16
蓄电池.....	1	检压计.....	17
感应圈.....	2	进行急性与慢性实验的一般方法(斯彼蘭斯卡娅).....	18
电键.....	4	实验动物的选择及其饲养.....	18
自动电流断续器.....	5	外科器械.....	18
变向器.....	6	手术准备.....	19
调整电流强度的仪器.....	7	动物的固定.....	26
电极.....	8	动物手术后的护理.....	32
电极支柱、支架与夹子.....	10	插动静脉套管.....	33
润湿器.....	11	借灌肠器导入各种溶液.....	34
肌动描记器.....	12	插入胃导管.....	34
记录肌肉等长收缩的肌动描记器.....	13	离体器官灌注与静脉注射用的溶液.....	36
依靠空气傳遞记录肌肉的收缩.....	14	进行实验时若干一般方法学上的规则.....	37

### 第二章 血液(別列济娜)

血液的比較生理学实验(茹科夫).....	38	血紅蛋白.....	62
研究用的取得.....	39	血液中血紅蛋白量的測定.....	62
从人类和动物身上采血.....	39	血紅蛋白及其衍生物的光譜分析.....	64
血塊、血清及纖維蛋白的获得,血漿容积的測定.....	41	氯化血紅素結晶的获得.....	67
血液的物理化学特性的研究.....	42	血紅蛋白結晶的获得.....	68
血液比重的測定.....	42	血液气体的測定.....	68
血液粘度的測定.....	43	按謝切諾夫氏法測定血液气体.....	68
血液的有形成分.....	44	按巴克勞夫特氏(Barcroft)方法測定血液气体.....	69
血液塗片的制作.....	44	按文斯萊克氏(Van-Slyke)測定血液气体.....	69
有形成分的計算.....	45	血型的測定.....	69
紅血球渗透稳定性的測定.....	50	血液凝固.....	70
紅血球沉降速度的測定.....	51	血清蛋白的分离.....	71

### 第三章 血液循环(斯彼蘭斯卡娅)

低等动物的实验(茹科夫).....	73	心臟活动的自动性.....	99
血液循环的动力学.....	74	心肌的生理特性.....	100
血液循环模型实验.....	74	心臟的神經支配.....	102
动物实验.....	78	心臟的远心神經.....	103
心臟的生理.....	80	心臟的向心性神經.....	110
对心臟工作的观察及记录.....	80	身体各部对心臟工作的反射性影响.....	111
冷血动物(蛙)的心臟活动.....	80	血管的生理学.....	114
人和温血动物心臟工作的记录.....	88	离体器官的方法.....	114
温血动物心臟瓣膜活动的研究.....	89	在完整的机体上观察血管.....	118
温血动物心臟的容积描记法.....	94	血管的神經支配.....	119
温血动物离体心臟的制备法.....	95	血压的調节.....	125

血压的测量.....	126	血流速度测定的方法.....	132
影响血压高度的条件.....	128	研究对心脏-血管系统的反射性影响的实验.....	134
器官容积描记法.....	129	淋巴循环.....	136

#### 第四章 呼吸(阿维尔巴赫)

各种呼吸型的研究(茹科夫).....	138	人和动物呼吸的描记.....	141
皮肤呼吸.....	138	肺活量的测定(肺量计).....	142
鳃呼吸.....	138	二氧化碳在肺内的弥散.....	143
肠呼吸.....	138	肺通气量的测定.....	143
无脊椎动物的肺呼吸.....	139	吸入与呼出气体体积的比较.....	144
气管呼吸.....	139	肺呼吸的调节.....	144
脊椎动物肺呼吸的机制.....	140	空气成分对呼吸的影响.....	144
哺乳动物的胸腔模型.....	140	呼吸的神经调节.....	145
上部呼吸道纤毛上皮的作用.....	141		

#### 第五章 消化(斯彼兰斯卡娅)

低级动物的消化(茹科夫).....	147	幽门液的分泌.....	184
唾液腺的生理.....	149	胰腺生理.....	185
人及动物唾液的采取.....	149	胰腺的外分泌.....	185
唾液的组成与特性.....	153	胰液的成分与性质.....	188
对食物和厭弃物所分泌出的唾液的量与质.....	155	对于各种食物的胰液分泌.....	190
唾液腺的神经支配及血液供给.....	157	胰液分泌的神经——液透机制.....	191
胃的生理.....	161	肝脏的消化功能.....	197
胃底部的生理.....	162	胆汁生成及胆汁排出.....	197
胃液的采集.....	162	肠的生理学.....	201
胃液的成分及特性.....	172	小肠液的获取.....	201
对不同物质的胃液分泌.....	175	肠液的性质和成分.....	204
胃底腺分泌的神经——体液机制.....	177	肠液分泌的机制.....	205
幽门的生理.....	179	胃肠道的运动功能.....	208
幽门消化机能的研究方法.....	179	研究消化道运动功能的急性实验.....	208
胃幽门部分泌液的成分及性质.....	184	在慢性实验中研究肠道的运动机能.....	214

#### 第六章 吸收(斯彼兰斯卡娅)

#### 第七章 物质代谢(机体能量消耗的研究)(别列济娜)

直接测热法.....	219	基础代谢的测定.....	237
间接测热法.....	220	测定昆虫的气体代谢.....	237
气体代谢的测定.....	221		

#### 第八章 排泄(斯彼兰斯卡娅)

低等动物的排泄过程(茹科夫).....	239	膀胱的运动机能.....	246
脊椎动物肾脏的活动与膀胱的运动.....	240	汗分泌.....	247
肾脏的活动.....	240		

#### 第九章 内分泌腺(斯彼兰斯卡娅)

脑下垂体.....	250	甲状腺.....	255
胰腺.....	253	肾上腺.....	256
甲状旁腺.....	254	性腺.....	258

#### 第十章 神经及肌肉生理学(阿维尔巴赫)

神经-肌肉标本(维秋科夫).....	259	神经-肌肉标本的制备.....	259
--------------------	-----	-----------------	-----

感应电流刺激线路的組成.....	260	骨骼肌的緊張性收縮及强直性收縮.....	270
副线路及杜波-霍蒙氏电輪.....	260	肌肉收縮波的傳播.....	271
观察神經-肌肉标本活动的簡化裝置.....	261	肌肉的疲劳.....	272
測定神經对于通電及断電感应地震的兴奋閾值.....	261	神經生理.....	273
电流的单極傳播.....	262	神經冲動傳导的法則.....	273
电流溝.....	262	神經纖維生理完整的必要性.....	273
感应圈的額外电流.....	262	兴奋的絕緣傳导.....	273
感应地震的調整.....	264	兴奋在神經纖維中的兩向傳导.....	274
肌肉生理.....	266	神經冲動傳导速度的測定.....	274
肌肉固有的兴奋性.....	266	定电流对活組織的作用.....	275
記錄肌肉的等張收縮及等長收縮.....	266	極性法則.....	275
肌肉單一收縮的記錄及其分析.....	267	从生电极的产生.....	276
肌肉强直收縮的記錄.....	268	电緊張法則.....	276
絕對肌力的測定.....	269	收縮法則.....	277
在安靜及活动状态时肌肉的彈性.....	269	神經最小極化的方法(維金斯基示証神經相对不 疲劳性的实验).....	278
肌肉的热擊縮.....	270		

### 第十一章 測定組織机能状态参数的方法(拉特馬涅佐娃)

持續時間的因素在刺激活組織中的作用.....	279	适应測量的方法学.....	296
閾效应对于刺激持續時間的依从关系.....	279	适应曲綫的測定.....	300
时值測量法.....	281	在离体組織上的研究.....	300
在离体組織上的研究.....	285	在变質时适应的改变.....	302
变質时时值的改变.....	286	用溫血动物进行的观察.....	303
活动时时值的变化.....	287	适应方法在人体上的应用.....	304
中樞神經系統对外周神經-肌肉系統时值的管 轄性影响.....	288	用柳卡斯搖摆測定絕對不应期(綜合的最小間隔) 的持續時間(阿維尔巴赫).....	307
在刺激活組織中梯度因素的作用.....	291	在單个最大刺激后兴奋性恢复曲綫的測定(阿維 尔巴赫).....	309
閾效应与刺激梯度的关系.....	291		

### 第十二章 間生态現象(維秋科夫)

刺激頻率对强直收縮高度的影响.....	311	用扩音器及陰極示波器观察 H. E. 維金斯基所 确定的規律.....	315
神經-肌肉标本电現象的電話机研究.....	311	强直化單收縮.....	316
以電話机和听診器听取肌肉兴奋时所产生的声音 (課堂示例).....	313	間生态及其各阶段.....	317
强直收縮时刺激与兴奋間的关系.....	314	兴奋性的副电緊張性变化。周圍电緊張.....	320

### 第十三章 电生理学(古亞耶夫)

研究生理过程电現象的意义及其記錄方法(茹科夫).....	322	陰極示波器裝置的使用.....	335
动圈式悬鏡电流計(茹科夫).....	323	振环示波器裝置.....	343
神經靜止电流及其波动的观察.....	325	振环示波器的工作原理.....	343
肌肉损伤电位的測定(抵偿法).....	326	振环示波器裝置的使用.....	345
心臟电現象的研究方法(維秋科夫).....	328	書写示波器裝置.....	348
心电图記器的使用(接通).....	330	引导腦电流的方法.....	356
示波器裝置.....	332	人类大腦兩半球的皮層节律的簡要特征.....	358
陰極示波器裝置.....	333	書写示波器的使用.....	359
陰極示波器的工作原理.....	333		

### 第十四章 中樞神經系統生理学(果利科夫)

用無脊椎动物进行的观察(茹科夫).....	363	用蛙进行的观察.....	365
無脊椎动物的反射.....	363	蛙的开顱及腦髓之摘除.....	365
無脊椎动物反射的抑制.....	364	反射弧的分析.....	366

麻醉对反射活动的影响.....	367	蛙腦各部分的切除.....	376
脊髓反射及其感受野.....	367	間腦的剌激(謝契諾夫抑制).....	377
蛙后肢顏頰肌与神經之制备及其反射性反应之肌 动描記器記录.....	368	强烈剌激对于反射活动的抑制作用.....	378
蛙脊神經之切断.....	369	切断脊兩側交感鏈进入脊髓的聯絡纖維.....	378
脊髓半横切.....	370	心臟活动的謝契諾夫氏抑制.....	378
骨骼肌緊張性的神經支配.....	370	按管轄性影响的特征来估計神經系統的机能状态.....	379
馬錢子素与石炭酸全身中毒时屈反射兴奋閾之改变.....	370	用溫血动物(狗,猪,家兔,鸽子)进行的实验.....	380
反射性反应的潜伏期(依 Türk 氏法).....	371	切断后根, 切断脊髓.....	380
神經系統中兴奋的扩散.....	371	去大腦溫血动物顏頰肌反射的描記, 去大腦偏直.....	381
馬錢子素与石炭酸对脊髓中樞的局部作用.....	372	完整动物与去大腦动物的颈反射与前庭反射.....	383
作为优势例子的拥抱反射.....	372	精与冰一覽穿刺.....	384
反射性反应中剌激的良性現象与劣性現象.....	373	丘腦动物, 剌激小腦.....	384
反射弧中的綜合現象与抑制現象.....	373	小腦之切除.....	385
骨骼肌的交互神經支配.....	374	鴿大腦兩半球皮層之切除.....	385
神經中樞內的痕迹性反应(相繼誘导).....	375	剌激鴿的大脑兩半球皮層.....	385
以各种毒物使动物中毒时的顏頰肌反射, 在中毒 發展时反射兴奋閾值的变化.....	376	当神經系統机能状态改变及腦髓各部受剌激或切 除时骨骼肌管轄性的变化.....	387
		神經系統机能状态的肌动电流圖与腦电流圖的研究.....	387

第十五章 植物性神經系統生理学(斯彼蘭斯卡婭)

交感神經系統一般結構的研究.....	388	交感神經纖維对骨骼肌的营养作用.....	393
植物性神經系統中樞的緊張性.....	391	植物性神經系統介体的釋放与破坏.....	394
应用尼古丁的方法測定植物性神經纖維的通路.....	391		

第十六章 高級神經活动(瓦西列夫斯卡婭及尼基季娜)

高級神經活动的研究方法.....	398	延緩.....	414
研究条件反射实验的設備条件.....	398	条件性抑制的形成.....	414
非条件性和条件性反应的記录.....	401	誘导現象.....	415
条件剌激物.....	404	神經系統类型与实验性神經症.....	415
动物自由走动时条件反射的研究.....	405	神經系統类型.....	415
自然的和人工的条件反射.....	406	实验性神經症.....	417
条件反射实验的一般方法学規則.....	406	內感受性条件反射.....	418
条件反射的形成.....	408	研究人类条件反射的若干方法.....	421
食物性条件反射.....	408	人体唾液分泌的条件反射.....	421
防御性条件反射.....	409	人类防御性条件反射的形成.....	421
II 級条件反射.....	410	在言語强化的基础上人类的条件反射.....	423
条件反射的抑制.....	411	人类血管条件反射.....	423
消退性抑制.....	412	人类眨眼条件反射.....	425
分化性抑制.....	413	研究人类高級神經活动的綜合性方法.....	426

第十七章 分析器生理学

分析器的通性.....	429	空間分析器.....	450
分析器的特征.....	429	內臟分析器.....	453
分析器的时值測定.....	432	味觉和嗅觉分析器.....	453
研究人体分析器在瞬間內的兴奋过程.....	433	味觉分析器.....	453
測定人体分析器机能变动的时距.....	436	嗅觉分析器.....	456
皮膚分析器.....	442	听分析器.....	460
运动分析器.....	448	視分析器.....	465

附录.....	489
---------	-----

补充文献.....	499
-----------	-----



# 第一章 生理學實驗的主要器材與一般操作方法

## 主要器材

### 伽氏電池

**丹聶爾電池 (Daniell element)** 丹聶爾電池(圖 1, A)構造簡單,並能供給強度穩定的很均勻的電流。它包括一個置有飽和硫酸銅溶液和紅銅板的圓筒形玻璃器皿。在圓皿內浸入盛有硫酸溶液(1:10)的多孔陶質圓筒,筒內置有鋅板。圓筒內硫酸溶液與玻璃器皿內之硫酸銅溶液的液面應在同一水平。

鋅在浸入酸內以前應為鋅汞齊,為此可將其一端先浸入酸內(1:10),再浸入水銀中,並以浸過酸的碎布塗擦,及至表面均勻而有光澤。如此當電池作用時可減少酸對鋅的腐蝕。通常出售的鋅多為不純者,由於各部分所含物質的不同,在表面上就形成無數的局部小電流,這就加速了鋅的溶化。鋅汞齊層使表面成為同一性質(近乎化學純粹的鋅),從而使溶化進行得均勻而且緩慢。

當鋅板浸入稀硫酸溶液中時,溶液中即發生了電解壓力,即鋅的正離子進入硫酸溶液,硫酸因之帶正電,而鋅板因失去正電而帶負電,因此在兩種金屬間產生電位差,其電位差等於 1.1 伏特。當兩金屬間連以導線時即產生電流,電流沿導線從銅到鋅,銅為正極或陽極,鋅為負極或陰極。

**勒克蘭舍電池 (Leclanché element)** (圖 1, B) 在勒克蘭舍電池中盛有濃的氯化銨 ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) 溶液,在此溶液中置有鋅片或鋅塊與多孔陶質圓筒,圓筒內部裝有二氧化錳 ( $\text{MnO}_2$ ) 與碳的混合粉末及碳棒,碳上聚集正電,鋅上帶負電,電動勢等於 1.3 伏特。

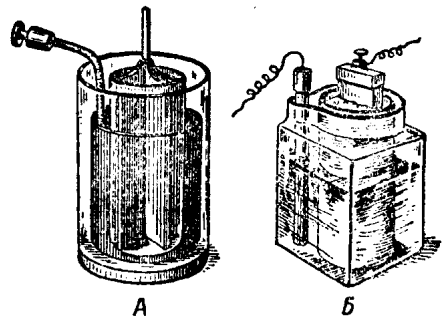


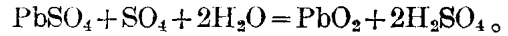
圖 1. 伽氏電池: A—丹聶耳電池; B—勒克蘭舍電池。

### 蓄電池

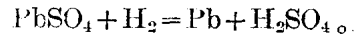
鉛蓄電池及鹼蓄電池(圖 2)用作電源是很方便的;前者供給 2 伏特電壓,後者一約 1.4 伏特。惟鉛蓄電池比鹼蓄電池需要較細緻的照料。蓄電池的內電阻極小,因此雖然僅有微小的電動勢,卻能供給較強的電流。

**鉛蓄電池** 此種蓄電池由兩個安置於稀硫酸內的鉛質電極組成,為了增加鉛的表面,我們用若干平行安置的鉛板作為陰極和陽極,並且這些電極是作成孔格狀的。在不同類型的蓄電池含有不同成份的特別製成的鉛熔塊,這些鉛塊運用強力的水壓機壓成孔格小板。借助於通入的電流的能量,在蓄電池內產生了化學變化,以使其成為強的伽氏電池。這些化學過程頗為複雜,

这时阴游离子  $\text{SO}_4$  移向阳极,并按下列方式使阳极转变为二氧化铅:



阳性的氢离子移向阴极,并按下列方式使其还原成金属铅:



因而,这个过程产生了强烈的电位差,即获得了具有铅及氧化铅电极的电池,或者即所谓“蓄电池被充电”。完全充电的蓄电池,其电位差为 2.1 伏特。

在应用铅蓄电池时,应遵守下列一些基本规则:(1)勿使蓄电池放出比额定电流更强的电流;如果蓄电池的安培-小时“容量”是已知的,那末从蓄电池所能获得的极限电流可从此安培-小时

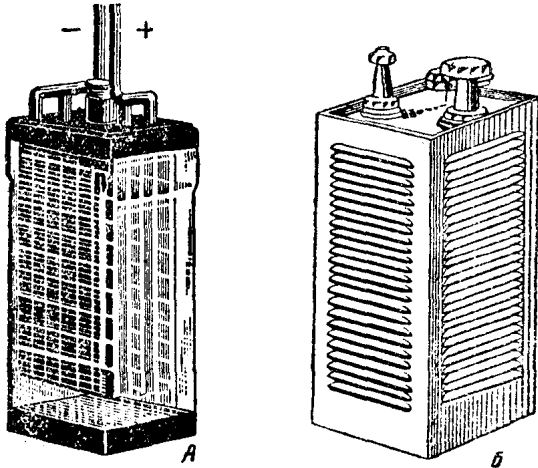


圖 2. 蓄電池: A 鉛蓄電池; B 鹼蓄電池。

数除以 10 来确定;例如,从 60 安培-小时的蓄电池可放出的电流不超过 6 安培;(2)在任何情况下,纵使是一瞬间亦勿使蓄电池发生“短路”;(3)无论使用与否,蓄电池每个月必须充电,因为即使在不使用时蓄电池亦放电;此时铅板被复上一层硫酸铅,蓄电池即受损耗。蓄电池须用直流电来充电,可在专门机构或在备有将城市交流电变为直流电的设备——“变流机”或“整流机”的实验室内进行。用电池来充电花费太大;(4)应该采用化学纯硫酸作为蓄电池充电之用。在任何情况下硫酸中均不应含有铁,尤其不应含氯,即使含有微量的氯,此酸即不适用于蓄电池;(5)在使用蓄电池时具备安培计和伏特计是很有益处的。在其充电以及放电时应该用安培计观察其电流的强度,用伏特计以检查电压。在铅蓄电池的电压降到 1.8 伏特时,即指明蓄电池需要充电。

**碱蓄電池** 碱蓄電池由浸于比重 1.2 的苛性钾或钠(KOH 或 NaOH)溶液中的两组平板所组成。氢氧化镍( $\text{Ni}(\text{OH})_2$ )及石墨用作阳极,而海绵状铁及镉( $\text{Fe} + \text{Cd}$ )作为阴极。单一电池的工作电压为 1.4 伏特。

蓄電池可放电到 1 伏特,以后要进行充电。充电之后电压达 1.8 伏特。当和铅蓄電池比较时,碱蓄電池比较耐久,对机械性的震动以及对大的充电及放电电流均有较大的耐受性,并比铅蓄電池轻便,不怕短路。

### 感 应 圈

在基本的一些生理学实验中不应使用来自电池的直流电,因为它会引起活组织机能上的改变,以致可能模糊了实验的结果。因此在这些实验中应利用感应电震作为刺激,感应电震持续时间极短,故不足以引起组织内发生异常的变化。

感应圈(圖 3)由两个以金属丝螺旋状缠绕而成的线圈所组成。第一个线圈,即原线圈,乃由圈数不多的较粗的金属丝缠绕而成,蓄電池来的电流即通过此线圈。第二个线圈,即副线圈,乃由圈数很多的细金属丝绕成,它与原线圈并不相連并可在木台上自由移动。在原线圈中通电或断

电时,副线圈中即出现瞬时的感应电流。

感应圈的作用是基于下述的原理:

1. 假如某导体(例如铜丝的线圈,我们以  $B$  来代表)在围绕某一带电体(假定是有电流通过的线圈  $A$ )的电场中运动,那末,在这个导体中(即线圈  $B$ )会产生电动势,假如导体  $B$  是一个闭合电路,则在此导体内可产生电流。

2. 线圈  $B$  愈靠近线圈  $A$ ,则在线圈  $B$  内产生的电流亦愈强。

3.  $B$  内感应电流的强度与  $B$  的运动速度成正比。

假如导体  $B$  固定而移动带电体  $A$ ,得到的结果也是一样。假如把通电的线圈  $A$  很快靠近  $B$ ,则在它们靠近这一时刻,在  $B$  内产生电流。

4. 此电流的持续时间即为  $A$  向  $B$  靠近的全部时间,其方向则与线圈  $A$  内之电流方向相反。

5. 当  $A$  快速地离开  $B$  时,在  $B$  内又产生电流,但其方向与  $A$  内之电流方向相同。

在这种情况下感应电流的强度与  $A$  的运动速度成正比,而与  $A$  到  $B$  的距离成反比。

现在再来说明感应圈的原理(图 3)。

感应圈有两个线圈:原线圈相当于线圈  $A$ ,副线圈相当于线圈  $B$ (但不动),我们以原线圈电流的接通与中断来代替原线圈很快地向副线圈靠近或离开。通电相当于带电线圈从无穷远处突然出现,而断电则相当于带电线圈的突然消失。

既然通电相当于带电体突然从无穷远处接近,那末显然,当原线圈通电的顷刻,在副线圈应出现几乎是瞬间的感应电流(参阅第 4 点)其方向则与原线圈内之电流方向相反(参阅第 5 点)。

当原线圈的电流中断时,在副线圈内又出现几乎是瞬间的电流,但其方向与原线圈内的电流方向相同。在通电到断电的时间内原线圈内之电流强度没有变化,此刻副线圈内并无电流产生。

副线圈内产生的电流的强或弱,决定于原线圈与副线圈的距离(参阅第 2 点)。

这样,由于原线圈通电形成了磁场,而在副线圈内产生瞬间的感应电流,其方向相当于使穿过副线圈的磁力线数减少<sup>①</sup>,所以与原线圈的电流方向相反。当原线圈断电时磁场消失,磁力线减少到零,而在副线圈内产生与原线圈方向一致的感应电流。所指的两种电流中,前者我们称之为通电电流,后者称为断电电流。

由于通电时与断电时磁力线改变的绝对数值是一样的,所以通电电流与断电电流总的感应电动势乃完全相同;但是在这两种情况下所产生的电动势的平均数值是不同的。这个不同是由于通电电流与断电电流的不同的持续时间所致。

<sup>①</sup> 原著为“其方向相当于使穿过副线圈的磁力线数增加”,与物理原理不符,故作修改——译者。

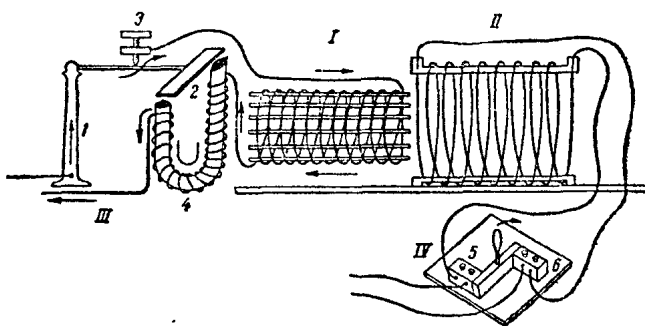


图 3. 感应圈作用模式图:

I—原线圈; II—副线圈; III—瓦格纳斯继电器(蹄形电磁铁); IV—杜波-雷蒙氏电键; 1—小支柱; 2—铁片(衔铁); 3—螺丝柱; 4—电磁铁; 5, 6—通到电极的导线。

被形成的随后又行消失的磁场引起原线圈本身的感应电流，此称之为通电与断电的额外电流（自感电流）。通电的额外电流的方向与电源电流的方向相反，因此电源电流的强度并不是立刻地增到其最大数值，而是随着通电的额外电流强度的减少到零的过程中逐渐地增强。这一段电流转变的持续时间乃决定于原线圈的自感与电阻。通电后电流强度增强到一定数值（例如是最大数值的十分之一）所需的时间是与原线圈的自感系数成正比而与其电阻成反比。

当原线圈断电时，磁场消失，在原线圈内引起断电的额外电流，其方向与电源电流的方向相一致。断电的额外电流或多或少地产生火花放电现象。

## 电 鎚

欲在副线圈中获得电流，必须接通或截断原线圈中的电流，为此目的，乃使用各种不同的电鎚：水银电鎚、杜波-雷蒙氏电鎚等等。

水银电鎚（或水银小槽）是应用于感应圈的原线圈上，以及使用于直流电路上（图4与5）。

从蓄电池接出的导线之一联接于水银电鎚，另外一根则与原线圈的一个接线柱相连，第三根导线由原线圈的第二个接线柱接出与蓄电池空着的接线柱相联。如果要接通电流，则把电鎚的杠杆放入水银小槽，此时获得的关闭线路包括：蓄电池、水银电鎚和原线圈。

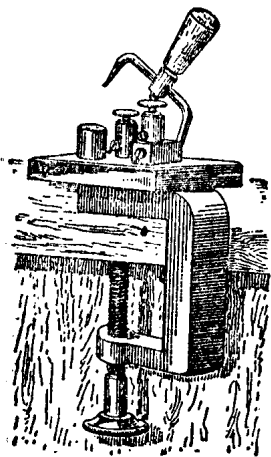


图4. 水银电鎚。

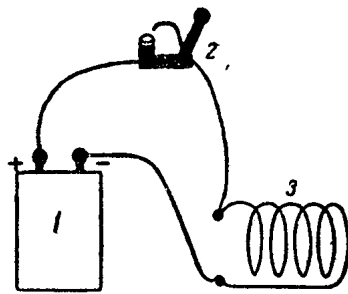


图5. 水银电鎚作用模式图：

1—蓄电池；2—电鎚；3—感应圈之原线圈。

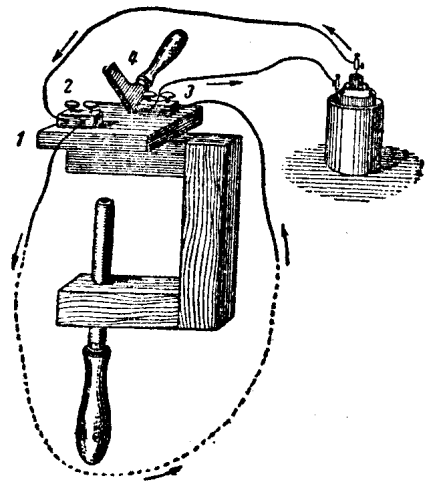


图6. 杜波-雷蒙氏电鎚。

欲截断这个原线路，则使电鎚的杠杆离开水银小槽，此时水银的表面就会有火花出现。

**杜波-雷蒙氏电鎚** (Du Bois-Reymond) 为着切断或接通线路，可以运用杜波-雷蒙氏电鎚（图6）。

它是由硬胶板（1）构成，在其表面安装上有两个金属方块（2，3），每个方块上各有两个接线柱，一个方块和另一个方块的接触可借带有把手的桥形金属板（4）的帮助，借助于这个桥形金属板的把手，可以将桥形金属板很快地放下或很快地提起。

**黑尔姆霍茨电鎚** (Helmholtz)（图7）由硬胶板和安装于其上面的三个金属小柱构成：中间

的小柱(2)作为活动双臂杠杆(3)的承轴,在杠杆的两端装有嵌入硬胶框内的金属接线柱(4);两旁的小柱(5,6)皆有用以固定导线的接线柱。在硬胶板和两臂杠杆的一侧装有弹簧(7),它把杠杆的一臂向下拉,因此它可促成小柱的接线柱和杠杆上面的接线柱相接触。电键右边的一半用以联接感应圈的副线圈和实验对象(神经,肌肉等)。左边用以联接时间记号器。黑尔姆霍尔茨电键主要应用于副线路内。当在杠杆的左边施以压力时,右边线路则被切断,全部电流得进入组织。同时在压下的杠杆末端的上下接线柱之间的线路被接通,因此在刺激组织的瞬间,联到记号器的线路亦被接通。随着刺激的终止,电键的右部关闭,而左边打开,这样在刺激的时间里记号器便在记纹器上记出准确地相当于刺激时间的线条。

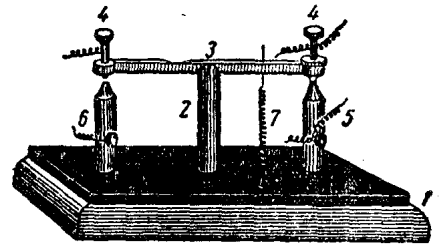


图7. 黑尔姆霍尔茨双臂电键。

通常的接触电键也同样地被应用在生理学的实验中。

### 自动电流断续器

我们不仅可以用手并且也可以用自动装置来接通和截断原线圈。为此目的可以应用:(a)瓦格纳(Wagner)蹄形电磁铁;(b)加儿斯克(Гальск)断续器;(b)各种频率的音叉;(r)培恩斯坦(Бернштейн)断续器;(d)节拍器以及其他等等。

**加儿斯克断续器(图8)** 这种断续器的结构原理如下:电流进入断续器,即经过小螺丝钉(1)进入原线圈,此后又经过电磁铁(2)和接触点(3)乃回到电源。正当电流被接通时,它立即又被截断,因为当电流通过电磁铁(2)时,后者即被磁化,乃吸引弹性铁片(4)从而将其与小螺丝钉(1)脱离接触,由此电流又被截断。

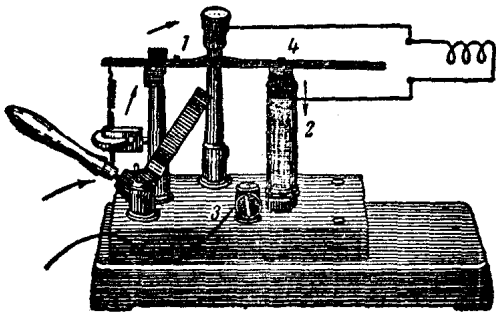


图8. 加儿斯克断续器。

当电流被切断后,电磁铁失去磁性,弹性铁片重又从磁铁处弹回并与小螺丝钉接触,于是电流又再接通。借小螺丝钉(1)的移近弹性铁片(4),得以调节电流接通和截断的频率。

瓦格纳蹄形电磁铁(图3),亦即照同样原理装置而成。

在每个感应圈装置上通常都装有这种断续器。当此断续器不需要时(例如,如果希望用手使用水银电键来接通和截断线圈),借小螺丝钉我们使铁片紧贴于电磁铁上,这样就除去了它。

**音叉断续器**也像加儿斯克断续器一样,系根据轮流磁化和失去磁化这一原理,但音叉断续器可以作出严格的一定的每秒通断和断电的次数。例如:50, 100, 150, 200, 以及其他等(图9)。电音叉是由叉股(1),产生振动的电磁铁(2),电流进出的两个接头

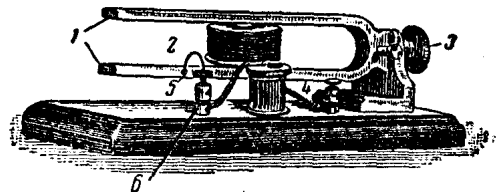


图9. 电音叉。

(3, 4), 以及精细的白金丝所构成; 白金丝的一端焊接在电音叉(5)的一叉股上, 而另一端则在振动时和可以调节距离的接触点(6)相接触。

培恩斯坦断续器(图10)基于和电音叉同样的原理, 然而它可以改变振动薄铁片的长度, 从而有着改变电流间断频率的方便。频率的改变可以沿架台移动固定有指标2的小滑动杆而得到, 在架台上刻有表示一秒鐘的电流间断次数的标线。

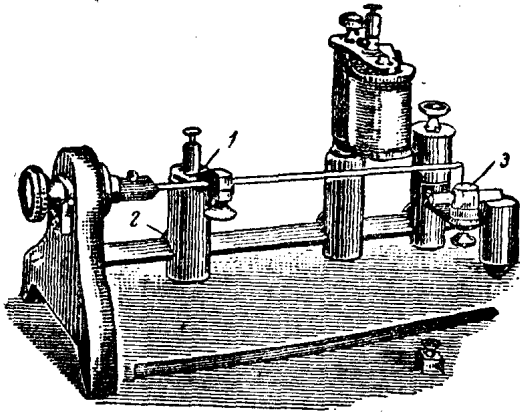


图10. 培恩斯坦断续器。

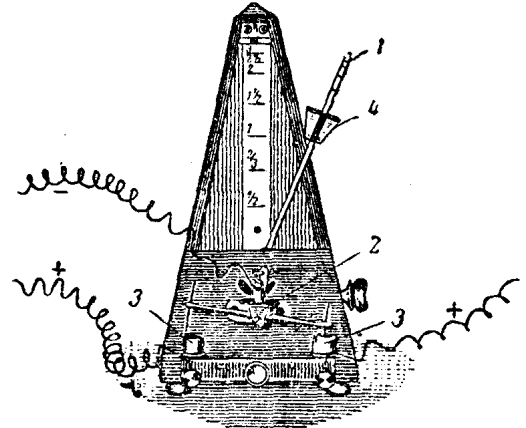


图11. 节拍器。

当薄铁片振动时, 在其末梢的尖针降落到盛在小槽(3)内的水银中, 如此则电流接通, 当从水银中离开则电流被截断。

节拍器(图11)可以获得稀疏次数的电流间断。它由置于木制小匣内的钟表机件所构成, 钟表机件维持摆锤(1)的摆动; 摆锤的摆动使摇轴(2)也动摇。当摇轴两侧末端的金属细线降入和提出水银槽(3)时, 则均匀地接通和截断电流。游码(4)在标线上的位置即表示一分鐘内摆动的次数。往上或往下处移动这个游码可以改变摆锤摇动的频率。节拍器可以用以计算时间和用以规定一定节律的刺激。

### 变 向 器

为了改变电流的方向, 以及为了使由同一电源来的电流能循不同的道路导出, 我们使用变向器(вишпа)(图12), 它是由圆形的硬橡胶板组成, 在其表面上有六个盛有水银的小槽, 每个水银

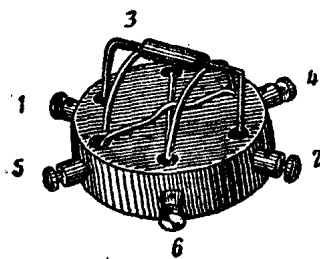


图12. 变向器。

小槽和相应的接线柱(1, 2, 3, 4, 5, 6)联络, 借着绝缘把手而彼此分隔的金属弧架的帮助, 能联络接线柱1和5, 2和6, 电键调动后联接接线柱1和3, 2和4。水银小槽5和4, 6和3之间使用彼此绝缘的金属导线交叉联络。

变向器能够变换线路内电流的方向而不更改蓄电池电极的地位。假定, 线路由蓄电池和电流计组成。从蓄电池电极来的导线末端接联在接线柱1(从蓄电池阳极来的)和2(从阴极来的)上, 而电流计插入接线柱3和4之间, 当变向器的位置如插图所示时, 从蓄电池来的电流由接线柱1流

向接綫柱 3, 并由 3 通过电流計流向 4, 再由 4 通过 2 回到蓄電池內。調动金屬的小弧架。接綫柱 1 現在和 5 联接, 而 2 和 6 联接; 因之, 电流計的电流改变了方向。

为了利用这个仪器使电流从一对电極轉向另一对电極, 我們取出在 5—4 和 6—3 小槽之間的联接导綫 (沒有交叉綫的变向器), 而把一对电極和接綫柱 5 及 6 联接; 另一对和 3 及 4 联接。从蓄電池或感应圈来的导綫, 如前述狀況, 將其紧接在接綫柱 1 和 2 上; 当使小弧架向右傾斜时, 則电流經過紧接在接綫柱 3 和 4 上的导綫。如果它向左傾斜时, 則电流經過紧接在接綫柱 5 和 6 上的导綫。

### 調整电流强度的仪器

在生理实验时为了調节电流的强度我們应用特殊的变阻器、滑綫測阻器及电阻箱。

**帶有活动接触点的变阻器** 当实验必需应用較高的电压时, 有时可以直接利用照明电源的电流。为了减弱这个电流必須有一套不同电阻的变阻器。帶有能在广大範圍內改变电阻的活动接触点的变阻器是非常便于应用的, 在变阻器上經常标明允許經過該器最大的电流。在使用变阻器时, 應該注意不使其綫圈过份强烈地發热。

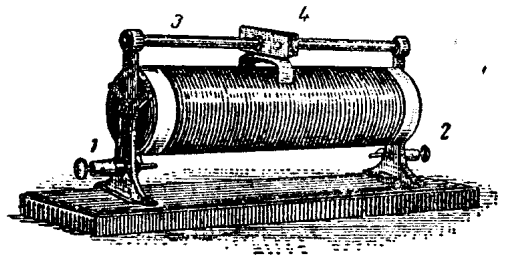


圖 13. 变阻器。

在圖 13 所示的变阻器中, 借以將变阻器接入綫路的两个接綫柱之一 (1 或 2) 与螺旋狀纏繞在大理石圓筒上的裸导綫末端联接; 另一个接綫柱和金屬橫軸 (3) 联接。这橫軸与导綫之間的联系是借助于沿着螺旋导綫滑动的接触点 (4)。变阻器內的电流, 部分經過橫軸 (3) (到接触点), 部分經過螺旋导綫。我們推动接触点向一个方向, 增加了进入綫路內的螺旋綫圈的圈数, 与此同时綫路內的电阻亦随着增加; 使接触点向相反的方向移动, 則綫路的电阻减少。

### 單弦滑綫測阻器—調阻器

單弦滑綫測阻器 (圖 14) 由白金絲和刻度的規尺所構成。絲的一端直接联接于電池的一端, 而另一端經用以使电路关闭的水銀电鉗与電池的一端相联。白金絲的一端用导綫与放置于某活組織 (如神經) 上的电極之一相联接, 放置于組織上之另一电極連接于可沿滑綫測阻器移动的活动接触鍵上。如果把活动接触鍵紧靠左側接綫柱, 亦即在 0 厘米处, 則在神經电路上的电位差等于零, 而在神經上沒有分流到絲毫的电流。随着活动接触鍵向右移动, 神經电路上的电位差增加了, 因而分流到神經的电流也愈来愈强。因为白金絲的直徑各处相同, 故电位差的增加与二接触点 (水銀槽与活动接触鍵) 之間的距离成正比。假使把活动接触鍵置于距左端 1 厘米处, 則在神經上分流到一定强度的电流; 当兩接触点間的距离为 2, 5, 10 厘米等等时, 則分流到神經

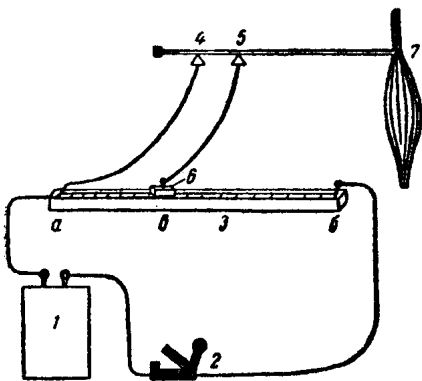


圖 14. 單弦滑綫測阻器—調阻器:

1—電池; 2—杜波-雷蒙氏电鉗; 3—單弦滑綫測阻器; 4, 5—極化电極; 6—活动接触器; 7—神經肌肉标本。

的电流亦將比原先情况下的电流增强 2, 5, 10 倍。

这可以如下方式来解释。当电键(2)关闭时,从蓄电池或电池(1)来的电流同时流经滑綫测阻器之弦(a—b)以及在电極 4 与 5 之間的神經部分。但因为神經部分的电阻較滑綫测阻器弦的电阻要大許多倍,故大部分的电流經弦綫流过。因此,在以后的討論中可以把流经神經部分的电流忽略。当电流沿滑綫测阻器的弦上流过时,則在此弦上的电压降低。此电压的降落与流经此弦的电流强度和弦的电阻成正比例。因为全弦电阻的分布是均匀的,故在其上的电压降落亦屬均匀。把在电極 4 与 5 間的神經部分联接于弦上的 a 与 b 点,并順弦移动 c 点(滑綫测阻器的活动接触点)可以輸給神經以各种不同电压的电流,其大小与 a 和 c 点間的距离成正比例。

**多弦滑綫测阻器** 这个仪器系作为改变一定电流强度之用。圖 15 所示系杜波-雷蒙氏式滑綫测阻器。由蓄电池来的兩根导綫,以及来自电極的导綫均連接于該仪器木箱一端之兩側的接

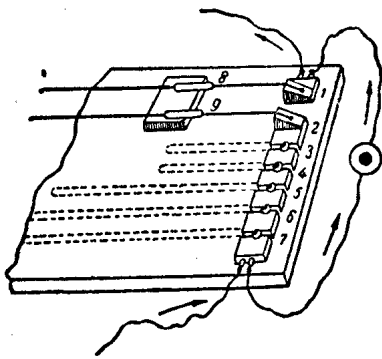


圖 15. 多弦滑綫测阻器。

綫柱(每側两个)上。如果在方銅塊(1, 2, 3等)之間插上全部金屬插銷,并使已充滿着水銀的可以移动的洋鉄圓筒接触于方銅塊 1 和 2, 那末,滑綫测阻器中电流流动所受到的阻力与在神經上所受到的阻力相比时乃等于零,因此电流主要是由滑綫测阻器通过。如果將沿着白金絲活动的圓筒(8 和 9)放在离开方銅塊若干距离的地方,那末,电流由滑綫测阻器的一側流到另一側就必須經過在滑动接触点与方銅塊 1 和 2 之間的白金絲部分。这些細金屬絲对电流的經過構成若干阻力,因此,电流的一部分,接着与方銅塊(1 和 2)之間的距离成正比例,流向加在神經上的电極綫路中。我們可推动洋鉄圓筒 8 与 9 离开方銅塊 1

与 2 以不同的距离,从而改变滑綫测阻器的阻力,因而也就改变了流向神經的电流。如果拔掉一个插銷,这时电流从一个方銅塊到另一个就要經過細金屬絲,那末就增加了滑綫测阻器的阻力,同时就有大部分的电流,流向电極綫路中。我們依次相繼地將插銷拔掉,就会使滑綫测阻器綫路中的阻力增加,因此流向电極綫路的电流就越来越增多。插銷是以这样方式配置的。即当拔除插銷而增加的阻力是水銀接触点在其上移动着的那兩根白金絲全長阻力的倍数。例如,当把圓筒 8 和 9 放在与方銅塊 1 和 2 相对方向的末端,并把所有插銷都插上时,如果將此时的阻力作为單位,那末,除去方銅塊 5 与 6 之間的插銷,阻力就增加为 5 倍,因而也就有相应倍数的电流流向电極的綫路中。

滑綫测阻器的应用是以电流分路定律为根据的。按此定律,沿着兩条导綫流去的电流是以这样方式分配的,即一分路中电流的强度与电阻成反比。必須經常注意到神經对电流通过的阻力很大,約为水銀阻力的 2,500,000 倍。

## 电 極

为了用断續的感应电流刺激神經与其他活組織而可应用这样的电極。电極由兩条大約 1 毫米粗的銅絲裝嵌在玻璃的或硬橡膠的框套內而成。



如对神經連續刺激，則应当使用白金的或銀的電極。其構造為兩條白金絲或銀絲裝嵌在玻璃或硬橡膠的框套內，在絲的上端聯有接綫柱借以連接電極與電源，絲的下端稍作彎曲。各種電極之用途不同，其形式也常相異。

為了刺激蛙和其他冷血動物的肌肉與神經可採用如圖 16, A 所描繪的電極。電極固定於穿過軟木板的叉杆上，該板用作固定動物。

為了減弱被稱為電流環的電流的極外擴散，採用帶有白金或銀絲環的電極 [即稱為黑林 (Hering) 氏環] (圖 16, B)，該環固定在電極的硬膠底部。

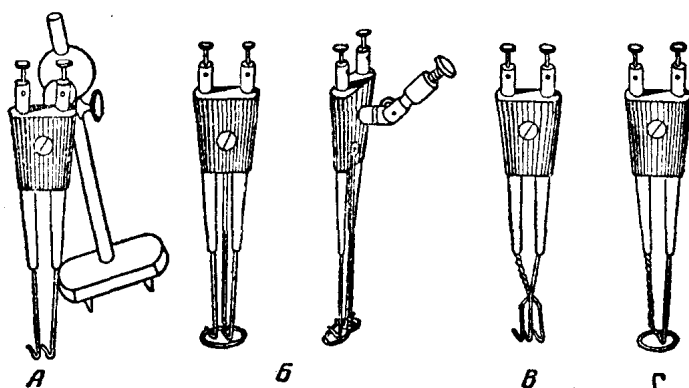


圖 16. 刺激青蛙肌肉與神經的電極：A—通常的雙極電極；B—帶有黑林氏環的雙極電極：左—正面；右—側面觀；C—三極電極；D——一極形成一環，而另一極位於環心的電極。

為了減弱電流的極外擴散亦可採用其他方法。例如電極的一極分叉並聯接在陽極上，而聯結在陰極的一極恰好放在兩個陽極的中央 (圖 16, B)。假如陽極做成一環而陰極放在環的中心 (圖 16, D)，效果亦同。

對溫血動物 (貓、犬、兔) 神經的刺激採用謝靈頓氏 (Sherrington) 電極。圖 17, A 所描繪的電極乃應用於被切斷的神經。用綫結扎被刺激神經的一端，借此將神經引入玻璃管內。綫固定在管的另一端的軟木塞上，通過側孔向神經引入一對白金電極。電極置入創口內而僅使接綫柱留在外面。沿着電極二側的皮膚邊緣用鉗子夾緊。

預備用以刺激未切斷神經的電極；其玻管側面有一與玻管同長之裂口 (圖 17, B)。神經即通過此裂口放入玻管。玻管可開 2—3 個側孔，以便增添的白金電極的放入。在神經裝入玻管以後，為防止液體流進電極內部，必須用橡皮膠布將其包紮。

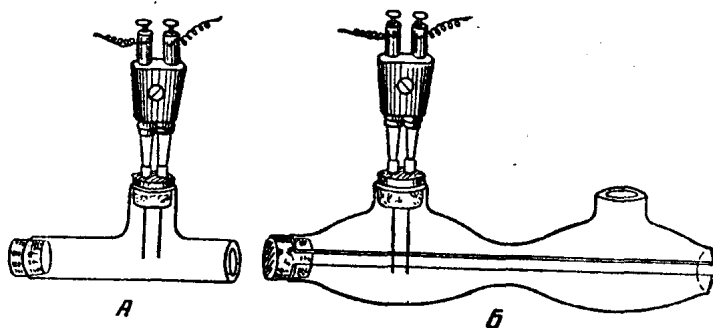


圖 17. 刺激溫血動物神經的謝靈頓氏電極：A—用於被切斷的；B—用於完整的神經。

刺激溫血動物未切斷的神經可應用一種保護電極 (圖 18)。其構造為一塊末端成鈎狀的硬