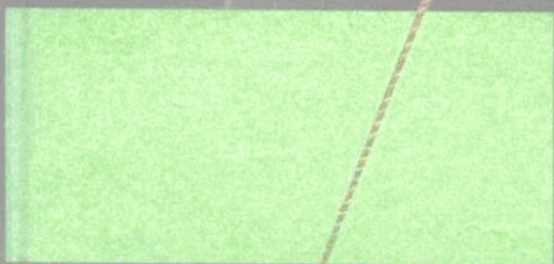


激光兽医学

于船 黄志渊 主编



JIGUANGSHOUYIXUE



农业出版社

前 言

激光兽医学是近几年来发展和形成的一门边缘学科。激光技术现已广泛地应用于兽医的内科、外科、产科、针灸、麻醉等领域。另外，该技术在兽医基础理论研究中的应用也非常活跃。据了解，我国有些农业院校把激光技术的应用列为选修课，同时有的兽医或中兽医的研究生专业也开设了这门课程。为了满足这一学科发展的需要，我们在中国畜牧兽医学会中兽医研究会、北京农业大学兽医学院、南京电子管厂激光技术研究所的热情支持下，编著了《激光兽医学》一书，以供教学、科研和兽医临床工作者参考。本书既可作为相应专业的教材或参考书，又可作为广大兽医人员的临床备要。因此，在编著中我们特别注意了本书的科学性、系统性和实用性的有机结合。

书分五部分共计十七章。“激光基本原理与激光器”部分阐述了激光产生的基本原理及其特性，并介绍了激光器和兽用激光治疗机。接着论述了激光兽医学的基本理论——“激光生物作用机理”、“激光在兽医上的应用”和“兽医激光针灸”。在“应用”中还附有典型病例。最后一部分“激光的安全使用与参数测量”，是从事激光兽医学科研和临床工作中必备的基本知识。

编著分工：于船：绪论、第十二、十五章；黄志渊：第一至第四章、第十六、十七章；张克家：第八、九章；陆钢：第十、十一章；王清兰：第十三、十四章；谢慧胜：第五至第七章；雷克敬：绘图。全书由于船、黄志渊统审定稿。

在本书编著过程中，还收到了国际激光治疗学会会长大城俊夫和日本畜产大学龟谷勉教授寄来的资料，刘德民教授对本书编写大纲曾提出了宝贵意见，同时还得到了陆忠明、周岳城、汪世昌、陈家璞、李呈敏等专家教授的帮助，于此深表谢意。

激光兽医学是一门年轻的边缘学科，还正在不断发展，而我们编著此书又属首次，无国内外的同类书籍借鉴，加之我们的水平有限，因此，书中谬误和不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编著者

1988年10月于北京

目 录

前言

绪论	1
一、概念	1
二、发展简况	1
三、应用的范围	2
四、今后的任务	2

第一篇 激光基本原理与激光器

第一章 激光的基本原理	5
一、原子分子结构与能级	5
二、激发、吸收与辐射	7
三、粒子数集居反转分布	10
四、光的振荡放大与光学谐振腔	11
五、激光的特性	13
六、激光的模式	14
第二章 激光器	16
一、激光器分类	16
二、氦-氖激光器	17
三、二氧化碳激光器	22
四、氮分子激光器	25
五、氩离子激光器	27
六、氦-铜离子激光器	32
七、红宝石激光器	34
八、掺钕钇铝石榴石激光器	37
九、固体激光器泵浦光源供电系统	39
十、其它激光器	41
第三章 兽用激光治疗机	52
一、氦-氖激光治疗机	52
二、二氧化碳激光治疗机	58
三、氩离子激光内窥镜治疗机	61
四、导光系统	60
第四章 兽用激光仪器新动向	74
一、激光多普勒显微镜	74
二、激光生药微束仪	75

第二篇 激光生物作用机理

第五章 激光对机体作用的基本机理	79
一、机体组织对激光的吸收	79
二、激光对机体的基本效应	80
三、氦-氖激光的治疗作用	84
四、二氧化碳激光的治疗作用	86
五、砷化镓激光的治疗作用	86
六、准分子激光的治疗作用	87
第六章 激光对组织器官的作用	89
一、概述	89
二、破坏组织的能量级	89
三、对皮肤组织的作用	90
四、对心血管及血液系统的作用	91
五、对神经系统的作用	92
六、对繁殖功能的影响	94
七、对骨骼的作用	97
八、对眼、耳、鼻、咽喉及口腔的作用	99
九、对肿瘤组织的作用	100
第七章 激光对细胞的作用	106
一、概述	106
二、对高分子的作用	106
三、对细胞器的作用	109
四、对细胞生长的作用	111

第三篇 激光在兽医上的应用

第八章 应用概况	115
一、应用的范围和现状	115
二、用于疾病诊断	115
三、用于疾病防治	117
第九章 在兽医内科上的应用	119
一、胃肠卡他	119
二、前胃弛缓	120
三、便秘症	121
四、胃肠炎	121
五、仔猪白痢	122
六、犊牛腹泻	123
七、羔羊下痢	124
八、咽喉炎	125
九、风湿病	125
十、痉挛症	126

第十章 在兽医外科上的应用	128
一、创伤	128
二、挫伤	129
三、关节损伤	130
四、特发性关节炎	130
五、关节周围炎	131
六、屈腱炎	132
七、烧伤	133
八、肝蒂炎	133
九、胸前、腹下水肿	134
十、蜂窝织炎	134
十一、面神经麻痹	134
十二、体表赘生物和肿瘤	135
十三、激光手术	137
十四、激光修复神经组织	138
十五、激光去势	139
第十一章 在兽医产科上的应用	141
一、卵巢机能减退	141
二、卵泡囊肿	142
三、持久黄体	142
四、子宫内膜炎	143
五、子宫蓄脓	144
六、乳房炎	144
七、阴道脱	145
八、胎衣不下	146

第四篇 兽医激光针灸

第十二章 兽医激光针灸概况	147
一、概念及发展简况	147
二、种类及注意事项	148
三、应用范围	149
第十三章 兽医激光针灸疗法的应用	150
一、激光针灸疗法的几个问题	150
二、激光针	152
三、激光灸	153
四、激光烧烙	154
第十四章 家畜激光针灸穴位	157
一、马的穴位	157
二、牛的穴位	173
三、猪的穴位	184
四、羊的穴位	194

五、骆驼的穴位	202
六、犬的穴位	209
七、兔的穴位	217
八、猫的穴位	222
第十五章 兽医激光针刺麻醉	227
一、激光穴位照射对动物痛阈的影响	227
二、牛的激光针刺麻醉	232
三、马属动物的激光针刺麻醉	233
四、羊的激光针刺麻醉	233
五、犬及其它动物的激光麻醉	234

第五篇 激光的安全使用与参数测量

第十六章 激光的安全使用	237
一、激光安全标准	237
二、兽医激光临床安全措施	244
第十七章 激光参数的测量	247
一、激光参数的测量	247
二、激光功率计简介	250

CONTENTS

PREFACE

INTRODUCTION	1
1. Concept of Laser Veterinary Medicine	1
2. General Situation of Development	1
3. Indication of Laser Veterinary Medicine	2
4. Future of Laser Veterinary Medicine	2

BASIC THEORY OF LASER AND LASER DEVICE

I. Basic Theory of Laser	5
1. Atomic and Molecular Structure and Energy Level	5
2. Excitation, Absorption and Radiation	7
3. Boltzman Distribution and Population Inversion Distribution	10
4. Optical Vibration Amplification and Optical Resonator Cavity	11
5. Character of Laser	13
6. Model of Laser	14
II. Laser Device	16
1. Classification of Laser	16
2. He-Ne Laser	17
3. CO ₂ Laser	22
4. N ₂ Laser	25
5. Ar ⁺ Laser	27
6. N-Cd ⁺ Laser	32
7. Ruby Laser	34
8. YAG Laser	37
9. Power System of Laser Pump	39
10. Other Laser	41
III. Laser Device in Veterinary Medicine	52
1. He-Ne Laser	52
2. CO ₂ Laser	58
3. Ar ⁺ Laser	61
4. Light-conducted System	70
IV. New Laser Device	74

1. Laser Doppler Microscope.....	72
2. Laser Microbeam Device	75

PRINCIPLE OF BIOLOGICAL EFFECT OF LASER

V. Basic Principle of Laser in Biological Body.....	79
1. Absorption of Body Tissues in Laser.....	79
2. Basic Effect of Laser on Body	80
3. Effect of He-Ne Laser	84
4. Effect of CO ₂ Laser	86
5. Effect of GaAs Laser	86
6. Effect of Quasi-Molecular Laser	87
VI. Effect of Laser on Tissue or Organ.....	89
1. General Survey	89
2. Energy Level for Destroying Tissue	89
3. Effect on Skin Tissue.....	90
4. Effect on Cardiovascular Organ and Blood	91
5. Effect on Nervous System	92
6. Effect on Reproduction	94
7. Effect on Bone	97
8. Effect on Eye, Ear, Nose and Mouth as well as Throat	99
9. Effect on Tumour Tissue	100
VII. Effect on Tissue Cell.....	106
1. General Survey.....	106
2. Effect on Macromolecule	106
3. Effect on Cell Organ.....	109
4. Effect on Cell Growth.....	111

APPLICATION OF LASER TO VETERINARY MEDICINE

VIII. Outline of Application of Laser to Veterinary Medicine	115
1. Field of Application.....	115
2. Application to Diagnosis of Diseases.....	115
3. Application to Treatment of Diseases	117
IX. Application of Laser to Veterinary Internal Diseases	119
1. Gastroenteric Catarrh	119
2. Trouble in Fore-stomach of Ox.....	120
3. Constipation	121
4. Gastroenteritis.....	121
5. Pig Scour	122
6. Calf Diarrhea	123
7. Lamb Diarrhea.....	124
8. Laryngopharyngitis	125

9. Rheumatism.....	125
10. Enterospasm	126
X. Application of Laser to Veterinary Surgical Diseases	128
1. Wound	128
2. Contusion	129
3. Sprains of Joints	130
4. Idiopathic Arthritis	130
5. Periarthritis.....	131
6. Tendinitis of Flexor	132
7. Complications of Burn	133
8. Inflammation of Umbilical Cord	133
9. Edema in the Ventral Faces of Abdominal or Chest Region.....	134
10. Phlegmon	134
11. Paralysis of Facial Nerve	134
12. Neoplasm and Tumour in Body Surface	135
13. Operation with Laser	137
14. Restoration of Nervous Tissues.....	138
15. Castration with Laser.....	139
XI. Application of Laser to Veterinary Obstetric Diseases	141
1. Hypo-ovaria	141
2. Theca Cyst.....	142
3. Persistent Corpus Luteum	142
4. Endometritis	143
5. Uterus Abscess	144
6. Mamillitis	144
7. Prolapse of Vagina	145
8. Retention of Afterbirth	146

VETERINARY LASER ACUPUNCTURE

XII. General Survey of Veterinary Laser Acupuncture	147
1. Concept and Development of Veterinary Laser Acupuncture	147
2. Classification	148
3. Scope.....	149
XIII. Laser Acupuncture Therapy.....	150
1. General Survey	150
2. Radiating Point with Laser	152
3. Laser Moxibustion	153
4. Cautery with Laser.....	154
XIV. Laser Points of Animal	157

1.Points of Horse	157
2.Points of Ox	173
3.Points of Pig.....	184
4.Points of Sheep	194
5.Points of Camel	202
6.Points of Dog	209
7.Points of Rabbit	217
8.Points of Cat	222
XV.Veterinary Laser Acupuncture Anaesthesia	227
1.Effect of Irradiating Acu Point with Laser on Animal Pain Threshold.....	227
2.Laser Acupuncture Anaesthesia of Ox	232
3.Laser Acupuncture Anaesthesia of Horse	233
4.Laser Acupuncture Anaesthesia of Sheep	233
5.Laser Acupuncture Anaesthesia of Dog And Other Animal	234

SAFETY USE OF LASER AND MEASURE OF PARAMETER

XVI.Safety Standard of Laser and Safety Use	237
1.Safety Standard of Laser	237
2.Safety Method for Clinical Practise of Laser.....	244
XVII.Measure of Laser Parameter	247
1.Measure of Laser Parameter	247
2.General Introduction of Common Used Laser Dynamometer	250

绪 论

一、概 念

激光兽医学是研究激光技术在兽医领域中的应用及其作用机理的一门学科。它是近十几年来发展起来的一门新的边缘学科。激光原英文全称为“Light amplification by stimulated emission of radiation”，意为受激辐射光的放大，按词头缩写为 Laser，最初我国音译为“莱塞”，现均按含意称为“激光”。激光兽医学的主要内容包括激光基本原理、激光器、激光的生物效应、激光在兽医临床上的应用、兽医激光针灸以及激光的安全使用和参数测量。

激光兽医学与普通兽医学及其他有关的分支学科相比，既有共性，又有一些可贵的特性。这是因为，激光技术是一门光、机、电等学科相结合的综合性技术；再者，它用于兽医时，又可与普通兽医中的其它技术结合，以拓宽其应用范围。所以，激光兽医学又必将推进普通兽医学的发展。

二、发展简况

从发展的过程来看，激光兽医学虽然是以医用激光显著发展为基础而发展的，但医用激光的发展往往以动物实验为先导，故激光兽医学的出现，必然会与医用激光起相互促进的作用。

大家都知道，激光是六十年代所发展起来的一门新技术，从1960年5月美国科学家 Maiman, T. H. 在加利福尼亚州梅里布市的休斯实验室里，用红宝石晶体获得了激光输出而制成了世界上第一台激光器以来，因这一新光源具有亮度高，单色性纯以及方向性和相干性好等一些可贵的物理特性，所以很快引起科学界的广泛重视，先后制成了气体、固体、液体、染料以及半导体各种类型的激光器，而在不同的科学领域中进行研究和引用，并取得了惊人的进展。把激光引用到医学中来是比较迅速的，例如1961年即在眼科的视网膜焊接上获得了成功，此后很快地引用于外科、妇产科、耳鼻喉科、皮肤、肿瘤、口腔等科，同时在中医药学、卫生检验、公共卫生、生物细胞学等方面也有了广泛的引用和显著的发展。激光在兽医上最初是用它代替传统金属手术刀，进行切割和家畜的阉割术，随之在临床诊疗及作用机理方面开始进行研究。如我国兽医人员从1977年开始把激光技术引用于兽医中来。在1978年，北京农业大学便提出了“激光刺激家兔后三里穴对痛阈的影响”的论文。1979年，北京农业大学与江西中兽医研究所以及北京门头沟兽医院共同在中西兽医结合学术讨论会上，提出了“激光针对兔猪羊痛阈的影响”的论文。1980年，东北农学院发表了题为“氦氖激光麻醉的研究”的论文。这些论文的发表，逐步引起了兽医界的广

9110217

受重视。1980年农牧渔业部把“激光在兽医学领域中的应用”列为重点研究项目，大大促进了它的发展。此后不仅在兽医应用的范围上不断拓宽，而在有关机理的研究方面也日渐深入。同时全国不少农业院校和兽医研究单位均纷纷列题研究，如在1983年和1986年召开的两次兽医激光技术交流会上，便提出了不少有价值的研究成果。当前，激光在兽医方面的应用，已形成了比较系统完整的学术体系，从而一门崭新的边缘学科即激光兽医学便脱颖而出。

三、应用的范围

激光在兽医学领域中的应用，已逐渐渗透到兽医学和中兽医学的各个分科。根据激光作用于动物机体产生的效应不同，因而在应用方面也有所侧重与选择。

(一) 利用激光的光热及气化效应 可进行组织的切割和矫形（即光刀手术），熨烙、刺激穴位和封闭血管等。由于激光聚焦后，可对单细胞进行切割，因此可应用于卵细胞的切割以及遗传工程。这主要是因为中、高功率的激光直接作用于机体或组织细胞后，可产生刺激、使组织蛋白变性、凝固、坏死、气化、分离所致。

(二) 利用提高痛阈的效应 可用于疼痛性疾患的镇痛、激光麻醉、抑制分娩等生理性疼痛。这主要与它能激发与镇痛有关的一些生物活性物质（如类吗啡样物质，5-羟色胺，乙酰胆碱等）有关，同时也与影响脑内疼痛中枢（如马脑电图出现 δ 节律，即慢节律）或抑制及干扰中枢痛觉信号的传递和整合有关。

(三) 利用对机体机能的调整效应 已应用于母畜机能性不孕，不同脏腑或组织器官机能亢进或减退性疾患。这主要与激光作用于机体后，可产生双相性机能调节有关。

(四) 利用提高机体防御机能的效应 可用激光进行生物源性疾病的防治，如仔猪黄、白痢，羔羊下痢，犊牛腹泻，母畜乳房炎以及其它炎性疾患等。这主要由于激光可激发机体的防御系统和使有关抗体滴度增加有关。

(五) 利用组织的修复效应 可促进创伤或损伤组织的愈合、血管的吻合以及进行神经的焊接等。这主要与剂量适当的激光能促进组织的生长有关。

(六) 利用激光所制成的仪器或仪表进行家畜疾病的检查或诊断 如激光内窥镜、激光全息照像、激光多普勒、激光微探针分析（喇曼分光分析法）、激光微发射光谱、激光荧光诊断、激光显微镜以及激光透照等。

四、今后的任务

激光在兽医方面的研究和应用，虽然取得了不少成绩或进展，但从国内外的资料来看，在深度和广度上尚远远落后于医药卫生系统。如近几年来，基于激光医学的发展，在激光生物医学领域正在形成或出现了激光生理学、激光细胞学、激光生物学、激光分子生物学、激光分子生物工程学、医用激光器工艺学、激光整容学、激光肿瘤学、激光防护学等新的边缘学科；而在兽医方面当前的进展还只能说是一个良好的开端。今后应结合畜牧业生产和本学科的现代化大力开拓与发展，使激光在兽医领域中能发挥更大的作用。

绪论参考文献

- 〔1〕 Maiman, T. H.: Stimulation Optical Radiation in Ruby, Nature, 187: 493, 1960.
- 〔2〕 卫焱等: 激光在医学中的应用, 科学出版社, 1979.
- 〔3〕 中山医学院医用激光组: 国外激光医学现况, 13—14, 1977.
- 〔4〕 北京农业大学: 兽医科学研究资料汇编, 71—75, 1978.
- 〔5〕 北京农业大学等: 激光针(激光穴位照射)对兔猪羊痛阈的影响, 中国畜牧兽医学论文摘要汇编, 34—35, 1979.
- 〔6〕 王云鹤、汪世昌、李莉珊等: 氦-氖激光麻醉的研究, 东北农学院学报, 1—2期, 1980.
- 〔7〕 于船、施振声: 激光在兽医学上应用的发展, 中国兽医杂志, 11(11), 55—57, 1985.
- 〔8〕 王林安、李莉珊等: 马属动物氦氖激光机理的研究, 全国第二届兽医激光技术应用交流会论文集, 59—62, 1986.
- 〔9〕 Ohshiro, T.: Laser Treatment for NEV1, MEL, 1980.
- 〔10〕 Atsumi, K.: Future Medicine Will be Opened by Laser Applications, ISLELMS, 24—25, 1985.

第一篇 激光基本原理与激光器

第一章 激光的基本原理

一、原子分子结构与能级

宇宙间的一切物质都是由分子组成的，分子又是由更小的原子所组成的。人们在实践过程中，对物质的认识不断地深化，到十九世纪末和二十世纪初期，便形成了一个完整的原子结构理论。随后，人们进一步发现，原子并不是物质结构的最小单位，它又是由一个重的原子核和围绕核旋转的若干个电子组成的。原子核带正电荷，电子带负电荷，原子核带的正电荷与电子带的负电荷之和在数量上是相等的，因而原子系统对外界观察者而言，在正常情况下呈现中性。

在自然界中，不同元素的原子有着不同的电子数目。如结构最简单的氢原子，它的核外只有一个电子，而氦原子的核外有两个电子，钙原子的核外却有三十三个电子等。电子在核外不停地运动，在绕核旋转的同时自转，如同地球绕太阳旋转的同时自转一样。

电子在原子中的分布不是任意的，而是遵从一定的分布规律。人们为了研究方便，通常用 n 、 l 、 m 和 m_s 四个量子数描述电子的运动及其在核外的分布情况。 n 称为主量子数，决定着电子的能量； l 称为角量子数，决定着电子的角动量； m 是磁量子数，决定着自旋角动量在磁场方向上的分量； m_s 是自旋量子数，决定着电子的旋转方向。研究发现，原子中的电子以层状形式分布于其核外，这种层状称为电子壳层（图1-1）。最靠近核的一层称为K层，随后的依次叫L、M、N、……层，它们分别对应着主量子数 $n=1、2、3、\dots$ 的值。

处在核外的电子受到核所带正电荷的吸引，存在着静电引力。此

力遵从库伦定律，即它正比于核的正电量和电子的负电量之和的乘积，反比于它们二者之间距离的平方。这是向心力，它使电子具有被引向核的趋势。电子在绕核运动时，产生离心力，使电子具有离开核的趋势。因为电子是微观粒子，具有二象性。根据反映二象性的测不准关系，电子与核之间不仅有吸引力，而且同时还存在着排斥力。而且，随着电子与核之间距离的缩小，排斥力随之增长，且比吸引力的增长快。所以，在一定条件下，吸引

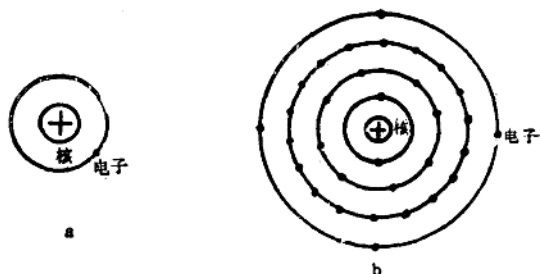


图1-1 原子中的电子分布示意图

a. 氢原子 b. 钙原子

力和排斥力就可达到相对的平衡。这时，原子处于相对稳定的状态，电子与核之间保持着一定的距离。电子绕核运动时具有一定的功能，而电子离核有一定距离，又有一定的位能，这两者之和就组成原子的内能。电子与核之间的距离不变，其内能就不变，若它们之间的距离增大，内能就增加，反之就减小。

根据近代原子分子理论可知，电子只能在某些可能的轨道上，而不是在任意的轨道上绕核旋转。那些可能的轨道是指具有一定大小、形状和方向的轨道，即是用上述的 n 、 l 、 m 、 m_z 描述的“量子化”了的轨道。但是，当它受到外来影响时，可以从一个轨道跃迁到另一个允许的轨道上。

电子处在不同的轨道上运动就有不同的能量状态，或者说，电子处在某一轨道上，就说原子处于某一状态。由于电子在原子内绕核运动的轨道是不连续的，因而原子具有的能量也就不连续，是一档一档地分开的。我们把分裂成一档一档的原子能量称为原子的能级。为了研究的方便，原子的能级可以用图形形象地表示出来。习惯上可以画出一条条水平线，用它们的高低代表着能量的大小，如图1—2所示。离核较近的轨道对应较低的能量，最靠近核的轨道具有最低的能量。具有最低的能量状态叫做基态，如图中的 E_1 。处在基态的原子是最稳定的，即无外力的作用下，不会跃迁到其它的能态，所以基态又叫稳态。相对基态而言，其它的能态，如图中的 E_2 、 E_3 、…… E_n 统称为高能态。高能态是不稳定的，即使无外力“刺激”，也随时都可能跃迁到较低的能态，所以高能态又称为激发态。

和原子类似，分子也有类似的结构及其能级图。只因分子是由若干个原子组成，故其结构和能级图也就较之原子的更为复杂。现以 CO_2 分子为例加以说明。

CO_2 分子是一种线性对称排列的三原子分子。三个原子排列成一直线，中央是碳原子，两端是氧原子，其相应的能级结构图如图1—3所示。由图可见，分子中的电子处于不同的状态，有不同的能级，图中的A、B两能级就分属电子处在A、B两个状态。 CO_2 分子的能量既随电子处的能态不同而不同，也随原子振动和转动的能量改变而改变。原子的振动能级用量子数 v 表征，转动能级用量子数 r 表征。分子的能量是上

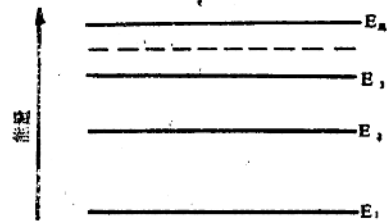


图1—2 原子能级结构示意图

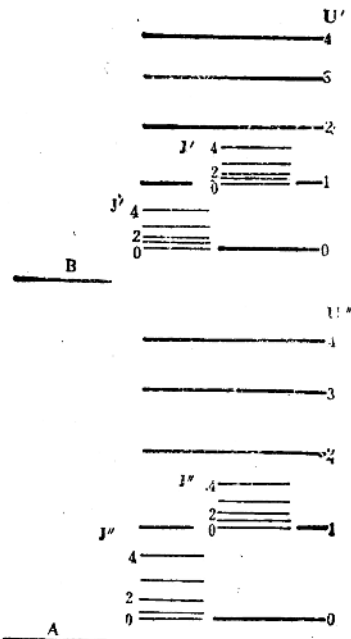


图1—3 双原子分子的振转能级结构示意图

述三项能量之和, 即

$$E = E_e + E_v + E_r \quad (1-1)$$

式中: E_e 是电子的能量, E_v 是振动能量, E_r 是转动能量。

根据近代原子物理理论可知, 两电子能级之间的能量差一般为1至20电子伏特 (eV)。设其为5eV的话, 则其相应的波长 $\lambda = 2500$ 埃 ($\text{\AA}$)。由此可见, 由于电子能级的跳动而产生的光谱位于紫外不可见区。电子能级的跳动会引起振动能级间的跳动。而振动能级的间隔一般在0.05至1eV之间, 设其为0.1eV, 它是上述5eV的电子能级间隔的2%, 所以电子振动能级的跳动产生的光波长就为 $2500 \times 2\% = 50 \text{\AA}$ 。除电子和振动能级外, 还有转动能级, 其间隔一般小于0.005eV, 若设其为0.005eV, 它是5eV的0.1%, 则相应的波长是 $2500 \times 0.1\% = 2.5 \text{\AA}$ 。

二、激发、吸收与辐射

我们已经知道原子的运动及其变化状态可用能级图来表示, 而实际上原子能级的数目是很多的。为了说明问题而又不影响所讨论问题的实质, 我们在这里只限于讨论两个能级的情况。

电子、原子、分子和离子, 我们统称为粒子。对于某原子 (粒子) 体系而言, 在某一时刻各原子是处于一定的能级上, 如图1—4所示情况。图中 E_1 、 E_2 表示两个不同的能级, 其上的黑点表示处于该能级上的原子。与 E_2 能级比较, E_1 能级较低。根据波尔兹曼分布定律 (见下节), 处于 E_1 能级上面的原子数多, 即图示的黑点数多, 且是稳定的。所以, E_1 能级又称为基态或稳态。相比较, E_2 能级则称为高态或激发态。

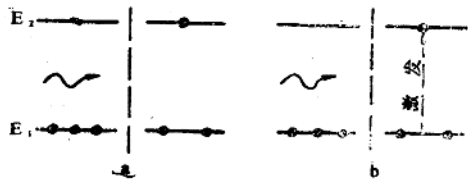


图1—4 吸收与激发过程示意图
a. 吸收 b. 激发

(一) 受激吸收 在图1—4所示的两能级系统中, 原子最初处于低能级 E_1 上。

如果有一个具有一定能量的外来光子进入该原子体系后, 就可能发生下述过程: 当外来光子具有频率 ν_{12} , 并满足等式

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu_{12} \quad (1-2)$$

时, 式中 h 为普朗克常数, 则该光子所具有的能量就被处于 E_1 能级上的某个原子所吸收, 光子消失, 原子能量从 E_1 增加到 E_2 , 即从能级 E_1 上跳跃到能级 E_2 上。这就是图1—4·a所示的受激吸收, 从 E_2 跳到 E_1 的过程就是图1—4·b所示的受激激发过程。

受激激发过程的特点是: 这个过程不是自发产生的, 必须是在外来光子的“激励”下才会发生, 且外来光子具有的能量必须正好等于两个原子能级间的能量差。必须指出, 满足式 (1—2) 的外来光子, 不一定都能使原子跃迁到高能级的激发态上去, 因为这里面还有个跃迁几率问题。各能级间的跃迁几率有的很大, 有的很小, 差别甚大, 而有些能级间的跃迁则根本是被禁止的。