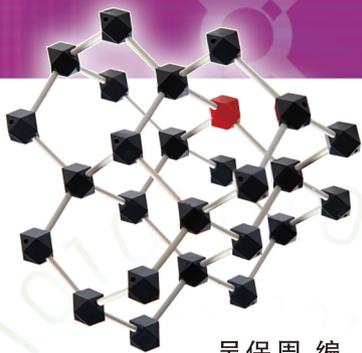


中学理科课程资源

走近 物理 前沿



吴保周 编

追溯数理化的演变历程
对话最新颖权威的方法
探索最成功的课程教学
感受最前沿的科技动态
理科教育的全程解码
数理化的直面写真



远方出版社

中学理科课程资源

走近物理前沿

吴保周 编

远方出版社

图书在版编目(CIP)数据

走近物理前沿/吴保周编. —2版. —呼和浩特:远方出版社,2007.8
(中学理科课程资源)

ISBN 978-7-80723-068-7

I. 走… II. 吴… III. 物理学—青少年读物 IV. O4—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 116903 号

中学理科课程资源 走近物理前沿

编 者	吴保周
出 版	远方出版社
社 址	呼和浩特市乌兰察布东路 666 号
邮 编	010010
发 行	新华书店
印 刷	廊坊市华北石油华星印务有限公司
版 次	2007 年 11 月第 2 版
印 次	2007 年 11 月第 1 次印刷
开 本	850×1168 1/32
印 张	306
字 数	3315 千
印 数	3000
标准书号	ISBN 978-7-80723-068-7
总 定 价	936.00 元(共 36 册)

远方版图书,版权所有,侵权必究。
远方版图书,印装错误请与印刷厂退换。

前 言

随着人们对新课程观的理解,课程资源的开发和利用越来越受到重视,其开发和利用是保证新课程实施的基本条件。新课程倡导学生主动参与、探究发现、交流合作,而课程资源对学生的发展具有巨大的推动作用,因此开发利用一切课程资源,为实施新课程提供环境成为当务之急。

在执行新课程计划中,应当树立新的课程资源观,教师应该成为学生开发和利用课程资源的引导者。学生应该成为课程资源的主体和学习的主人,应当学会主动地有创造性地利用一切可用资源,为自身的学习、实践、探索性活动服务。

为此,我们开发了《中学理科课程资源》丛书。这套丛书共 36 本,分为数学、物理和化学三个方面。根据新课标改革方向,每个方面又分为教学、百科和新方位三个方向,是针对中小学教师和学生而编写的精品丛书。

《中学理科课程资源》的开发和利用说到底是为了学生的发展而展开的,让每一位理科教师在进行理科课程资源的开发和利用时能更多地关注学生自身存在的一切资源,激发和唤醒学生的多种潜能,为学生以后能主动学习、主动探索、主动发展奠定坚实的基础。

在本套丛书的编写过程中,我们得到了许多理科方面的专家及学者的指导和帮助,在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限,错误、疏漏之处,希望广大读者批评、指正。

编 者

目 录

第一章 激光技术与应用	1
第一节 浅谈激光器	1
第二节 激光测距定位及加工技术	13
第三节 光纤通信技术	19
第四节 奇妙的全息照相技术	24
第五节 从磁盘到光盘	29
第六节 自由电子激光和飞秒激光	34
第二章 神奇的超声技术	39
第一节 超声现象	39
第二节 超声波的发射与接收	43
第三节 超声的医学应用	47
第四节 超声对产品的质量检测	53
第五节 超声波流量计	56
第六节 不断扩大的超声世界	57



第七节 其他声学技术	67
第三章 纳米技术的研究与开发	72
第一节 纳米机器人	72
第二节 纳米医学	75
第三节 纳米科技	77
第四节 纳米药物	91
第五节 纳米耳	95
第六节 聪明的服装	98
第七节 纳米食品	100
第八节 纳米建筑材料	103
第九节 纳米化妆品	105
第十节 纳米武器	106
第十一节 纳米计算机	114
第十二节 纳米技术与环境	122
第十三节 纳米技术与农业	124
第十四节 碳纳米管	126
第十五节 用 DNA 制造出纳米镊子	131
第十六节 纳米火车	133
第十七节 纳米塑料	134
第十八节 前途无量的纳米滤膜	135
第十九节 纳米复合材料	137



第四章 核物理与核技术	140
第一节 揭开原子核内部的奥秘	140
第二节 核衰变与放射性	146
第三节 重核裂变与原子弹	149
第四节 热核聚变与氢弹	155
第五节 精彩纷呈的核技术	162
第五章 超导技术	168
第一节 超导的发现	168
第二节 超导体的电磁性质	169
第三节 两类超导体	171
第四节 BCS 超导理论	173
第五节 约瑟夫森效应	175
第六节 高温超导体	175
第七节 超导体的应用	176
第六章 液晶及其应用	179
第一节 液晶的发现	179
第二节 液晶相的结构和分类	181
第三节 液晶的物理性质及其应用	188
第七章 非晶态固体	192
第一节 非晶态固体的概念	192
第二节 玻璃化转变及	



非晶态固体的制备	193
第三节 非晶态固体的结构	
特点及其性质	196
第四节 非晶态固体的应用	199
第八章 突飞猛进的天文学	204
第一节 天文世界与天文学	204
第二节 三次飞跃的启示	212
第三节 天文大统一模型	220
第四节 天文世界的探索者	229





第一章 激光技术与应用

激光是 20 世纪 60 年代出现的最伟大的科学技术成就之一,激光的英文名称是 Laser,港台译为镭射,它是 light amplification by stimulated emission of radiation 的首字母缩写。它是一种光学性能极其优越的新型光源,有着许多普通光源所没有的迷人特点,其能量已经辐射到了现代社会的各个领域。

激光技术的迅速发展已经成为信息时代和社会进步的推动力,仍将为社会进步的现在和将来做出不可估量的贡献。它当之无愧是我们人类的幸福之光。

第一节 浅谈激光器

激光的物理基础

1. 辐射和跃迁

根据原子发光的量子理论可知原子与光之间的相互作用包括原子的自发辐射跃迁、受激吸收跃迁和受激辐





射跃迁三种过程(见图 1)。

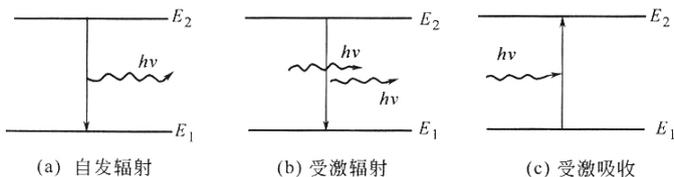


图 1 三种跃迁过程示意图



(1)自发辐射原子(或分子)能级中能量最低的叫做基态,其余的叫做激发态。由于基态最稳定,在通常情况下处于基态的原子(或分子)占大多数。原子处在激发态和亚稳态上的寿命很短,分别为 10^{-8}s 和 10^{-2}s 左右,很不稳定,即使没有外场的作用,处于高能级(E_2)的原子也将会自发跃迁到低能级(E_1)上,并释放出能量($E_2 - E_1$),这些能量是以电磁波的形式释放出来的,就称这个过程为光的自发发射或自发辐射,辐射波的频率为: $\nu = (E_2 - E_1)/h$ 。

原子的自发辐射过程完全是一种随机过程,各发光原子都独立地被激发到高能态,然后自发地跃迁到低能态,其发光过程各自独立,互不关联,处在高能级的原子什么时候自发地发射光子带有偶然性,辐射的光波在其位相、偏振状态、发射方向上都没有确定的关系,高能级向低能级跃迁的能量差不同,因而所辐射的光子的频率不同,是非相干的。自然光的发光机理就是自发辐射,一般说来,这种光源所辐射的光是不强的,加上向四面八方





发射使能量分散了。

我们通常见到的太阳光、灯光、荧光都属于自发辐射光,包含多种波长成分。

(2)受激吸收处于低能级 E_1 上的粒子,在频率为 $\nu = (E_2 - E_1)/h$ 的外场作用下,以一定的概率跃迁到 E_2 上,每一个实现跃迁的粒子从外场中吸收一份 $(E_2 - E_1)$ 的能量,这种过程称为受激吸收。要使处于基态的原子发光,必须由外界提供能量使原子达到激发态,所以普通光源的发光包含了受激吸收和自发辐射两个过程。

(3)受激辐射处在高能级 E_2 的原子,在满足频率为 $\nu = E_2 - E_1/h$ 的外来光子的激励下被诱发,由高能级 E_2 向低能级 E_1 的状态跃迁,并发出一个同频率的光子来,这种过程称为受激辐射。这种受激辐射的光子有特色,原子可以发出与诱发光子全同的光子,不仅有相同的频率,而且发射方向、偏振状态以及光波相位都完全一样,这样,通过一个光子的作用,得到两个特征完全相同的光子,如果这两个光子再引起其他原子产生受激辐射,就能得到更多的特征完全相同的光子,使原来的光信号被放大了。

这种在受激过程中产生并被放大的光就是激光。受激辐射是产生激光的基础,没有受激辐射就没有激光。

2. 粒子数反转和光放大

激光是通过受激辐射来实现光放大的。但是光和原子发生相互作用时,受激辐射和受激吸收总是同时存在





的。哪一种占优势取决于高能级 E_2 和低能级 E_1 上的原子数的多少。若被吸收的光子数多于受激辐射的光子数,即低能原子占优势,则宏观效果就是光吸收,反之,若受激辐射的光子数多于被吸收的光子数,即高能原子占优势,则宏观效果就是光放大。在热平衡条件下,能级中粒子的分布服从玻耳兹曼统计分布,若能级 $E_2 > E_1$,则两能级上的原子数目之比为

$$\frac{N_2}{N_1} = e^{-\frac{E_2 - E_1}{kT}} < 1 \text{ 数量级估算得}$$

$$\frac{N_2}{N_1} \approx 10^{-5} \ll 1 \text{ 由上边式子可知,通常在热平衡}$$

下,原子几乎都处于最低能级,处于高能级的原子数总是低于低能级上的原子数,而且能级越高,原子数越少,呈正常分布。

这时受激吸收强于受激辐射,其总效果是净吸收,光强减弱,这就是为什么普通光源受激辐射总处于次要地位的原因。为了使光源发射激光,受激辐射必须占优势,这就要求 $N_2 > N_1$,即在高能级 E_2 上的粒子数 N_2 多于在低能级 E_1 上的粒子数 N_1 ,这样粒子在能级上的分布就同正常情况下的分布正好相反,称为粒子数反转分布。

要实现粒子数反转必须有两个条件:一是要有激光源,即从外界不断地给发光物质提供能量;二是要有能被激活的工作物质,其能级结构中,存在亚稳态能级。





激光的特点

根据受激辐射的特点以及激光的形成过程,激光有以下很有价值的特性。

1. 具有很好的方向性

激光的光束可以说是在一条直线上传播,光束的散角很小,在几公里外,扩展范围也不过几厘米,这样好的方向性是普通光源所无法达到的。这种良好的方向性,使得激光在测距、通信、雷达定位等方面发挥着巨大的作用。

2. 具有高的亮度

激光具有极高的发光强度。由于激光的方向性好,能量在空间沿发射方向可高度集中,亮度比普通光源有极大的提高,并且采用特殊措施的激光器,还可以积累能量,引而不发,然后在极短时间内发光,这样,将光束能量在时间上高度集中,进一步提高了激光的亮度,它的亮度可达到地球表面太阳光亮度的 10^{14} 倍。利用激光的这个特性可对材料进行打孔、切割和焊接等。

3. 具有良好的单色性

光的单色性是指光源发射的光波长范围很小,这个范围叫做单色光的谱线宽度 $\Delta\lambda$, $\Delta\lambda$ 越小其单色性越好,它的颜色就越单纯。激光的单色性非常好,是目前世界上发光颜色最单纯的光源,而且不同的激光器能在紫外线到达红外线的波长范围之间产生窄线宽激光,可以





满足不同的应用需要。光源的单色性在许多方面都有着重要的作用。如在光子通信、光学干涉精密仪器及光学测量中能够保证很高的测量精度。

4. 具有极好的相干性

单色性越好的光,它的相干性必定越好。激光是目前相干性最好的光源。由波的叠加原理可知,满足相干条件(频率相同、位相差恒定、振动方向相同)的两列波相遇时会发生干涉,因为激光是由激光器输出的全同光子,充分满足相干条件。当激光束经过分束装置被分为两束,则此两束光就有很好的相干性,所产生的干涉条纹非常清晰。激光极好的相干性,使它在通信、显示、测量、光谱分析、信息存储等领域获得了广泛的应用。

激光除上述主要特性外,还具有高功率、高能量、高速调制和明显的光压效应特性,这些特性无疑大大扩大了激光的应用范围。

激光器的三大要素

一台简单的激光器主要由三部分组成:工作物质;泵浦源;谐振腔。这三个组成部分是激光器的三大要素,是所有激光器必须具有的,激光器的这三个要素不同则其工作原理不同,激光特性不同,用途也不同,从而构成了各种形形色色的激光器。

1. 工作物质

工作物质是指能够产生受激辐射的材料,是激光得





以产生的基础。激光的产生必须选择合适的工作物质，可以是固体、气体、液体或半导体，对工作物质最基本的要求是：光学性质均匀、光学透明性良好且性能稳定，同时具有亚稳态能级，这对实现粒子数反转是非常有利的。

因为一般原子处在激发态时间很短，约 10^{-8} s，很难实现粒子数反转，而有些物质具有一些亚稳态能级，这些亚稳态的能量高于基态，但它的能级寿命远大于激发态的寿命，原子被激发到亚稳态后，可以停留较长时间，从而有可能在亚稳态上积累较多的原子，与低能级间形成粒子数反转分布，达到光放大的目的。我们把能造成粒子数反转分布的工作介质称激活介质。

2. 泵浦源

泵浦源(激励源)是指向工作物质提供能量的能源。要想得到激光，必须满足粒子数的反转条件，依靠激励光源可以得到工作物质中处于高能级的原子、分子数增加，形成粒子数反转。这些激励方式如同水泵抽运过程，所以就被形象地称为“泵浦”或“抽运”。为了不断地得到激光输出，就必须不断地“泵浦”以维持粒子数反转过程。常用的激励方式有：电激励、光激励、热激励、化学激励等。

3. 谐振腔

谐振腔是指光子可在其中来回振荡的光学腔体(见图2)，主要由两块互相平行的平面反射镜组成，其中一块对光几乎全反射，另一块对激光有适量透过率，以便对





外输出激光。归纳起来,谐振腔主要有三个作用。

(1)产生和维持光振荡光在粒子数反转的工作物质中传播时,得到光放大,当光到达反射镜时,又反射回来穿过工作物质,进一步得到光放大,这样不断地反射的现象称为光振荡。光在谐振腔中来回振荡,造成连锁反应,雪崩似的获得放大,因此从具有一定透过率的平面镜一端输出强烈的激光。

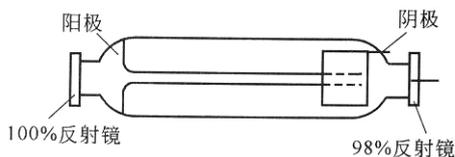


图 2 谐振腔

(2)确定激光方向 由于只有在谐振腔轴线方向上振荡的光才得到加强,其他方向的光受到抑制,所以激光的方向性好。

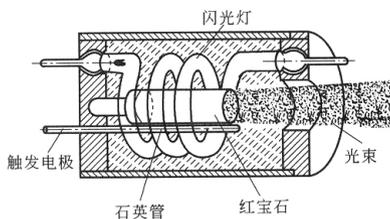


图 3 第一台红宝石激光器

(3)选频光在谐振腔传播时形成驻波,由于满足驻波

