

一、选择题：

1、下列哪些说法是错误的？

- A: 激光器的经典理论也称为经典原子发光模型
- B: 经典理论能解释物质对光的吸收和色散
- C: 经典理论中将物质原子用量子力学描述
- D: 经典理论能定性说明原子的自发辐射及其谱线宽度

2、下列说法不正确的是？

- A: 在弹性限度内，弹簧振子做简谐振动
- B: 简谐振子的辐射衰减时间在可见光频率范围内大约 10ns 量级
- C: 在经典模型中，原子中的电子做简谐振动
- D: 对于自由电子激光器，可以完全采用运动电子电磁辐射的经典理论来描述

3、以下说法不正确的是：

- A: 经典理论能解释物质对光的吸收和色散
- B: 电极化系数是实数
- C: 物质原子和电磁场的作用是相互的
- D: 色散发生在中心频率附近

4、以下说法正确的是：

- A: 自发辐射可以是单色的
- B: 线型函数无量纲
- C: 线型函数满足归一化条件
- D: 能级是无限窄的

5、下列说法正确的是：

- A: 半经典理论能揭示自发辐射的产生
- B: 半经典理论能解释振荡过程中的量子起伏效应
- C: 速率方程理论能揭示色散效应
- D: 半经典理论中采用麦克斯韦方程组描述光频电磁波

6、下列说法错误的是？

- A: 当与原子相互作用的场比较弱时，极化强度与电场强度近似成线性关系
- B: χ_L 叫做非线性电极化率
- C: 对于各向同性介质， χ_L 是标量
- D: ϵ_0 称为真空中的介电常数

7、下列哪些说法是错误的？

- A: 激光器的半经典理论称为兰姆理论
- B: 该理论是由兰姆在 1968 年开始的
- C: 半经典理论中将物质原子用量子力学描述
- D: 半经典理论能解释拉姆凹陷现象

8、下列哪些说法是错误的？

- A: 速率方程理论是量子理论的一种简化形式
- B: 速率方程理论忽略了光子的相位特性和光子数的起伏特性
- C: 它能揭示色散效应
- D: 它只能给出激光的强度特性

9、以下说法正确的是？

- A: 自发辐射功率集中于一个频率
- B: 自由电子激光器的理论也属于受激辐射理论
- C: 线型函数描述自发辐射功率按频率的分布
- D: 由于自发辐射的存在，物质的吸收谱线为高斯线型

10: 下列哪些说法是错误的？

- A: 如果引起加宽的物理因素对每个原子都是等同的，则这种加宽称作均匀加宽
- B: 自然加宽、碰撞加宽属于均匀加宽
- C: 晶格缺陷加宽也属于均匀加宽
- D: 多普勒加宽属于非均匀加宽

11、以下说法不正确的是：

- A: 在经典模型中，原子中的电子做阻尼简谐振动，因而形成自然加宽
- B: 自然线宽与下能级寿命无关是经典模型的局限性引起的
- C: 自然线宽由原子在能级 E_2 的自发辐射寿命和场的性质决定
- D: 自然加宽说明能级是有一定宽度的

12、以下说法不正确的是：

- A: 由于粒子之间的碰撞（相互作用）引起的谱线加宽称为碰撞加宽
- B: 碰撞加宽也用洛伦兹线型描述
- C: 温度越高，晶格振动越剧烈，谱线越宽
- D: 碰撞指两个原子碰上了

13、关于非均匀加宽，下列说法不正确的是

- A: 引起加宽的物理因素对每个原子不是等同的
- B: 每个原子只对谱线内与它的表观中心频率相应的部分有贡献
- C: 运动原子对外表现的频率等于自己的发光中心频率
- D: 多普勒加宽属于非均匀加宽

14、下列说法不正确的是

- A: 晶格缺陷加宽属于非均匀加宽
- B: 法不责众可以类比非均匀加宽
- C: 多普勒加宽具有高斯函数形式
- D: 多普勒线型函数就是原子数按表观中心频率的分布函数

15、下列说法错误的是

- A: 气体工作物质的加宽类型主要是碰撞加宽和多普勒加宽
- B: He-Ne 激光器工作物质以非均匀加宽为主

- C: Nd:YAG 晶体在整个温度范围内都以均匀加宽为主
D: 红宝石晶体在整个温度范围内也都以均匀加宽为主

16、下列哪种加宽机制属于非均匀加宽？

- A: 晶格缺陷加宽 B: 自然加宽 C: 碰撞加宽

17、对于以下几种激光器，在常温下，以均匀加宽为主的是？

- A: 氦氖激光器 B: He-Cd 金属蒸气激光器 C: Nd: YAG D: 氩离子激光器

18、对于以下几种激光器，以非均匀加宽为主的是？

- A: 常温下的红宝石激光器 B: 氦氖激光器 C: Nd: YAG D: 常温下的掺铒光纤

19、下列说法正确的是？

- A: 对氩离子激光器，主要是均匀加宽
B: 在高气压下，CO₂ 激光器以非均匀加宽为主
C: 对钕玻璃，网络体热振动加宽是主要的均匀加宽因素
D: 掺铒光纤在常温下的谱线加宽属于非均匀加宽

20、下列哪个说法不是均匀加宽的性质？

- A: 每个发光原子只对谱线内与它的表观中心频率相应部分有贡献
B: 每一个发光原子对光谱线内任一频率都有贡献
C: 温度越高，振动越激烈，谱线越宽

21、下列说法不正确的是：

- A: 第一章得到光和物质相互作用的关系式是假定能级是无限窄的
B: 实际上，自发辐射并不是单色的
C: 线型函数可以理解为跃迁概率按频率的分布函数
D: B₂₁ 不仅与原子的性质有关，还与场的性质有关

22、下列说法不正确的是：

- A: 本节讨论中认为原子和准单色光相互作用
B: 中心频率处的发射截面与吸收截面最大
C: 和原子相互作用的单色光的频率要精确等于原子发光的中心频率才能产生受激跃迁
D: 总能量密度的单位是焦/立方米

23、下列说法不正确的是：

- A: 激光工作物质可主要分为三能级系统和四能级系统
B: 四能级系统更容易实现集居数反转
C: 激光下能级一般为基态
D: 激光上能级一般为亚稳态能级

24、下列说法正确的是：

- A: 如果激光器中有 m 个振荡模，则必须建立 $m+1$ 个光子数密度方程
B: 多模速率方程简化处理时所选择的矩形谱线所包含的面积为 1

- C: 洛仑兹线型与高斯线型的等效线宽是一样的
D: 总量子效率可以大于 1

25、下列说法不正确的是:

- A: 增益系数表示光通过单位长度激活物质后光强增长的百分数
B: 忽略损耗, 增益系数正比于反转集居数密度
C: 三能级系统和四能级系统饱和光强的具体表达式相同
D: 对均匀加宽工作物质, 偏离中心频率越远, 饱和效应越弱

26、下列说法不正确的是:

- A: 增益系数和入射频率有关
B: 在相同的入射光强下, 入射光频率为中心频率时饱和效应最弱
C: 强光和弱光同时入射, 强光会影响弱光的增益系数
D: 对于均匀加宽, 增益饱和使增益在整个谱线上均匀下降

27、下列说法不正确的是:

- A: 非均匀加宽饱和效应的强弱与频率无关
B: 烧孔效应是非均匀加宽的特性
C: 烧孔面积表示真正的面积
D: 在多普勒加宽的驻波型激光器中, 一般会出现两个烧孔

28、下列说法不正确的是:

- A: $A_{21}(\nu)$ 这个物理量没有单位
B: A_{21} 的单位是 Hz
C: 三能级系统中, 激光下能级是基态
D: 四能级系统中, 激光下能级也是基态

29、下列说法不正确的是:

- A: S_{10} 称为激光下能级的抽空速率
B: $W_{21}(\nu)$ 这个物理量的单位是 Hz
C: 写光子数密度的速率方程时忽略了自发辐射
D: 推导增益系数时忽略了损耗

30、下列说法正确的是:

- A: 均匀加宽与非均匀加宽饱和行为相似
B: 均匀加宽饱和行为与频率无关
C: 非均匀加宽激光放大器中会出现两个烧孔
D: 均匀加宽饱和效应的强弱与频率有关

31、下列哪种加宽机制属于均匀加宽?

- A: 晶格缺陷加宽 B: 自然加宽 C: 多普勒加宽

32、下列说法不正确的是:

- A: 罪魁祸首可以类比非均匀加宽

B: 非均匀加宽的饱和效应与频率无关

C: 处理非均匀加宽问题, 必须将反转集居数密度按照表观中心频率分类

D: 非均匀加宽激光器中受激辐射功率正比于烧孔面积

33、静止氦原子的某谱线中心波长为 632.8nm, 设氦原子以 0.8c 的速度向着观察者运动, 问其表观中心波长变为多少?

A: 632.8nm B: 572.5nm C: 414.3nm D: 210.9nm

34、氦氖激光器某一跃迁产生 632.8nm 谱线, 求 400K 时它的多普勒线宽。

A: 3.39GHz B: 1.52GHz C: 1.38GHz

35、题目同 34, 如果用 μm 表示该线宽, 是多少?

A: 0.197m B: $6.58 \times 10^{-4} \mu\text{m}$ C: $2.03 \times 10^{-6} \mu\text{m}$ D: $4.53 \times 10^{-6} \mu\text{m}$ E: $1.84 \times 10^{-6} \mu\text{m}$

36、题目同 34, 如果用 cm^{-1} 表示该线宽, 是多少?

A: $4.93 \times 10^{-15} \text{cm}^{-1}$ B: $5.07 \times 10^{-2} \text{cm}^{-1}$ C: $5.43 \times 10^{-15} \text{cm}^{-1}$ D: $4.6 \times 10^{-2} \text{cm}^{-1}$

37、考虑某二能级工作物质, E_2 能级自发辐射寿命为 τ_s , 无辐射跃迁寿命为 τ_{nr} 。假定在时刻 $t=0$ 能级上 E_2 的原子数密度为 $n_2(0)$, 工作物质的体积为 V , 自发辐射光的频率为 ν , 求自发辐射光功率随时间 t 的变化规律。

A: $P_{sp}(t) = \frac{h\nu W n_2(0)}{\tau} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$ (其中, $\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_s} + \frac{1}{\tau_{nr}}$)

B: $P_{sp}(t) = \frac{h\nu W n_2(0)}{\tau_s} \exp\left(-\frac{t}{\tau_s}\right)$

C: $P_{sp}(t) = \frac{h\nu W n_2(0)}{\tau_s} \exp\left(-\frac{t}{\tau_{nr}}\right)$

D: $P_{sp}(t) = \frac{h\nu W n_2(0)}{\tau_{nr}} \exp\left(-\frac{t}{\tau_s}\right)$

E: $P_{sp}(t) = \frac{h\nu W n_2(0)}{\tau_{nr}} \exp\left(-\frac{t}{\tau_{nr}}\right)$

F: $P_{sp}(t) = \frac{h\nu W n_2(0)}{\tau_s} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$

38、某种多普勒加宽气体吸收物质被置于光腔中, 设吸收谱线对应的能级为 E_2 和 E_1 (基态), 中心频率为 ν_0 。如果光腔中存在频率为 ν 的单模光波场, 试定性画出

$\nu - \nu_0 = \frac{1}{2} \Delta \nu_D$ 情况下基态粒子数按速度分布 $n_1(v_z)$ 。图像描述为:

A: 普通的高斯分布

B: 在 $\frac{c\Delta\nu_D}{2\nu_0}$ 处出现一个烧孔

C: 在 $\frac{-c\Delta\nu_D}{2\nu_0}$ 处出现一个烧孔

D: 在 $\nu=\nu_0$ 处出现一个烧孔

E: 在 $\frac{-c\Delta\nu_D}{2\nu_0}$ 和 $\frac{c\Delta\nu_D}{2\nu_0}$ 处各出现一个烧孔

39、有频率为 ν_1 、 ν_2 的二强光入射，试求在均匀加宽情况下频率为 ν 的弱光的增益系数表达式（设频率为 ν_1 及 ν_2 的光在介质内的平均强度为 I_{ν_1} 、 I_{ν_2} ）。

A:
$$g_H(\nu, I_{\nu_1}, I_{\nu_2}) = \frac{g_H^0(\nu)}{1 + \frac{I_{\nu_1}}{I_s(\nu_1)} + \frac{I_{\nu_2}}{I_s(\nu_2)}}$$

B:
$$g_H(\nu, I_{\nu_1}, I_{\nu_2}) = \frac{g_H^0(\nu)}{1 + \frac{I_{\nu_1}}{I_s(\nu_1)}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{I_{\nu_2}}{I_s(\nu_2)}}$$

C:
$$g_H(\nu, I_{\nu_1}, I_{\nu_2}) = \frac{g_H^0(\nu)}{1 + \frac{I_{\nu_1}}{I_s(\nu_1)} + \frac{I_{\nu_2}}{I_s(\nu_2)}}$$

40、设有两束频率分别为 $\nu_0 + \delta\nu$ 和 $\nu_0 - \delta\nu$ ，光强为 I_1 和 I_2 的强光沿相反方向通过中心频率为 ν_0 的非均匀加宽增益介质。试画出这种情况下反转粒子数按速度的分布曲线，并标出烧孔位置。图像描述为：

A

在 $\frac{-\delta\nu}{\nu_0}c$ 和 $\frac{\delta\nu}{\nu_0}c$ 处各出现一个烧孔，深度分别为 $\frac{I_1}{I_1 + I_s} \Delta n^0(\nu_0 + \delta\nu)$ 和 $\frac{I_2}{I_2 + I_s} \Delta n^0(\nu_0 - \delta\nu)$

B

在 $\frac{-\delta\nu}{\nu_0}c$ 和 $\frac{\delta\nu}{\nu_0}c$ 处各出现一个烧孔，深度分别为 $\frac{I_2}{I_2 + I_s} \Delta n^0(\nu_0 - \delta\nu)$ 和 $\frac{I_1}{I_1 + I_s} \Delta n^0(\nu_0 + \delta\nu)$

C: 在 $\frac{\delta\nu}{\nu_0}c$ 处出现一个烧孔, 深度为 $\frac{I_1+I_2}{I_1+I_2+I_s}\Delta n^0(\nu_0+\delta\nu)$



41、考虑某二能级工作物质, E_2 能级自发辐射寿命为 τ_s , 无辐射跃迁寿命为 τ_{nr} 。假定在时刻 $t=0$ 能级上 E_2 的原子数密度为 $n_2(0)$, 工作物质的体积为 V , 自发辐射光的频率为 ν , 求能级 E_2 上的原子在其衰减过程中发出的自发辐射光子数。

A: $N_{sp} = V \int dn_{21} = V \int_0^\infty \frac{n_2(0)}{\tau_s} e^{-\frac{t}{\tau_{nr}}} dt = \frac{\tau_{nr}}{\tau_s} n_2(0)V$

B: $N_{sp} = V \int dn_{21} = V \int_0^\infty \frac{n_2(0)}{\tau_{nr}} e^{-\frac{t}{\tau_s}} dt = \frac{\tau_s}{\tau_{nr}} n_2(0)V$

C: $N_{sp} = V \int dn_{21} = V \int_0^\infty \frac{n_2(0)}{\tau_s} e^{-\frac{t}{\tau_s}} dt = n_2(0)V$

D: $N_{sp} = V \int dn_{21} = V \int_0^\infty \frac{n_2(0)}{\tau_s} e^{-\frac{t}{\tau}} dt = \frac{\tau}{\tau_s} n_2(0)V$ 其中, $\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_s} + \frac{1}{\tau_{nr}}$

42、某种多普勒加宽气体吸收物质被置于光腔中, 设吸收谱线对应的能级为 E_2 和 E_1 (基态), 中心频率为 ν_0 。如果光腔中存在频率为 ν 的单模光波场, 试定性画出 $\nu=\nu_0$ 情况下基态粒子数按速度分布 $n_1(\nu_z)$ 。图像描述为:

A: 普通的高斯分布

B: 在 $\frac{c\Delta\nu_D}{2\nu_0}$ 处出现一个烧孔

C: 在 $-\frac{c\Delta\nu_D}{2\nu_0}$ 处出现一个烧孔

D: 在 $\nu_z=0$ 处出现一个烧孔

E: 在 $-\frac{c\Delta\nu_D}{2\nu_0}$ 和 $\frac{c\Delta\nu_D}{2\nu_0}$ 处各出现一个烧孔

43、设有两束频率分别为 $\nu_0 + \delta\nu$ 和 $\nu_0 - \delta\nu$, 光强为 I_1 和 I_2 的强光沿相同方向通过中心频率为 ν_0 的非均匀加宽增益介质。试画出这种情况下反转粒子数按速度的分布曲线, 并标出烧孔位置。图像描述为:

A

在 $-\frac{\delta\nu}{\nu_0}c$ 和 $\frac{\delta\nu}{\nu_0}c$ 处各出现一个烧孔，深度分别为 $\frac{I_1}{I_1+I_s}\Delta n^0(\nu_0+\delta\nu)$ 和 $\frac{I_2}{I_2+I_s}\Delta n^0(\nu_0-\delta\nu)$

B

在 $-\frac{\delta\nu}{\nu_0}c$ 和 $\frac{\delta\nu}{\nu_0}c$ 处各出现一个烧孔，深度分别为 $\frac{I_2}{I_2+I_s}\Delta n^0(\nu_0-\delta\nu)$ 和 $\frac{I_1}{I_1+I_s}\Delta n^0(\nu_0+\delta\nu)$

C: 在 $\frac{\delta\nu}{\nu_0}c$ 处出现一个烧孔，深度为 $\frac{I_1+I_2}{I_1+I_2+I_s}\Delta n^0(\nu_0+\delta\nu)$

44、有频率为 ν_1 、 ν_2 的二强光入射，试求在均匀加宽情况下强光 ν_1 的增益系数表达式（设频率为 ν_1 及 ν_2 的光在介质内的平均强度为 I_{ν_1} 、 I_{ν_2} ）。

A:

$$g_H(\nu_1, I_{\nu_1}, I_{\nu_2}) = \frac{g_H^0(\nu_1)}{1 + \frac{I_{\nu_1}}{I_s(\nu_1)} + \frac{I_{\nu_2}}{I_s(\nu_2)}}$$

B:
$$g_H(\nu_1, I_{\nu_1}, I_{\nu_2}) = \frac{g_H^0(\nu_1)}{1 + \frac{I_{\nu_1}}{I_s(\nu_1)}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{I_{\nu_2}}{I_s(\nu_2)}}$$

C:
$$g_H(\nu_1, I_{\nu_1}, I_{\nu_2}) = \frac{g_H^0(\nu_1)}{1 + \frac{I_{\nu_1}}{I_s(\nu_1)} + \frac{I_{\nu_2}}{I_s(\nu_2)}}$$

二、简答题:

- 1、激光器的理论有哪些？
- 2、什么是谱线加宽？有哪些加宽类型？加宽机制是什么？
- 3、如何定义线型函数和谱线宽度？
- 4、如何理解均匀加宽和非均匀加宽？
- 5、如何求自然加宽、碰撞加宽和多普勒加宽的线宽？
- 6、如何理解受激发射截面？与哪些因素有关？
- 7、分析三能级和四能级系统中粒子在各能级之间的跃迁过程，并写出速率方程。
- 8、说明均匀加宽和非均匀加宽工作物质中增益饱和的机理，并写出激光增益的表达式。
- 9、饱和光强有什么含义？怎么定义的？
- 10、什么是小信号增益、大信号增益？
- 11、在强光入射下，均匀加宽和非均匀加宽工作物质中，弱光的增益系数如何变化？
- 12、描述非均匀加宽工作物质中增益饱和的“烧孔效应”，并说明原理。

三、计算题：

1、静止氖原子的 $3S_2-2P_4$ 谱线中心波长为 632.8nm，设氖原子分别以 0.1c、0.4c 和 0.8c 的速度向着观察者运动，问其中表观中心波长分别变为多少？

2、在激光出现之前， Kr^{86} 低压放电灯是很好的单色光源。如果忽略自然加宽和碰撞加宽，试估算在 77K 温度下它的 605.7nm 谱线的相干长度是多少，并与一个单色性 $\Delta\lambda/\lambda=10^{-8}$ 的氦氖激光器比较。

3、估算 CO_2 气体在室温（300K）下的多普勒线宽 $\Delta\nu_D$ 和碰撞线宽系数 a ，并讨论在什么气压范围内从非均匀加宽过渡到均匀加宽。

4、氦氖激光器有下列三种跃迁，即 $3S_2-2P_4$ 的 632.8nm， $2S_2-2P_4$ 的 1.1523 μm ，和 $3S_2-3P_4$ 的 3.39 μm 的跃迁。求 400K 时它们的多普勒线宽，分别用 GHz、 μm 和 cm^{-1} 为单位表示。由所得结果你能得到什么启示？

5、考虑某二能级工作物质， E_2 能级自发辐射寿命为 τ_s ，无辐射跃迁寿命为 τ_{nr} 。假定在 $t=0$ 时刻能级 E_2 上的原子数密度为 $n_2(0)$ ，工作物质的体积为 V ，自发辐射光的频率为 ν ，求：

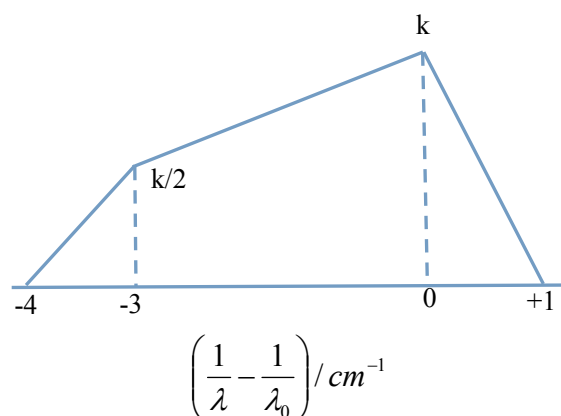
- (1) 自发辐射光功率随时间 t 的变化规律；
- (2) 能级 E_2 上的原子在其衰减过程中发出的自发辐射光子数；
- (3) 自发辐射光子数与初始时刻能级 E_2 上的粒子数之比 η_2 (η_2 称为量子产额)。

6、二能级的波数分别为 $18340cm^{-1}$ 和 $2627cm^{-1}$ ，相应的量子数分别为 $J_2=1$ 和 $J_1=2$ ，上能级的自发辐射概率 $A_{21}=10^{-1}s^{-1}$ ，测出自发辐射谱线形状如下图所示。求

(1) 中心频率发射截面 σ_{21}

(2) 中心频率吸收截面 σ_{12}

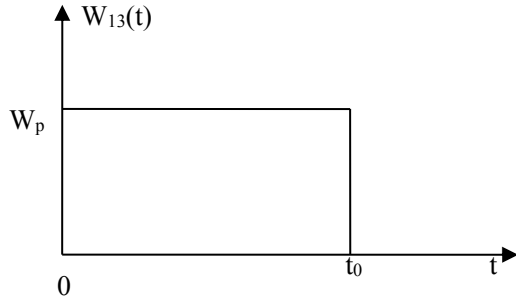
(能级简并度和相应量子数的关系为 $f_2=2J_2+1$ ， $f_1=2J_1+1$ ，设工作物质的折射率为 1)



7、根据教材 144 页所列红宝石的跃迁几率数据，估算 W_{13} 等于多少时红宝石对 $\lambda=694.3nm$ 的光是透明的。(对红宝石，激光上、下能级的统计权重 $f_1=f_2=4$ ，计算中可不计光的各种损耗。)

8、设粒子数密度为 n 的红宝石被一矩形脉冲激励光照射，其激励跃迁几率可表示为（如图所示）

$$W_{13} = \begin{cases} W_p & 0 < t \leq t_0 \\ 0 & t > t_0 \end{cases}$$



求激光上能级粒子数密度 $n_2(t)$ ，并画出相应的波形。

9、某种多普勒加宽气体吸收物质被置于光腔中，设吸收谱线对应的能级为 E_2 和 E_1 （基态），中心频率为 ν_0 。如果光腔中存在频率为 ν 的单模光波场，试定性画出下列情况下基态粒子数按速度分布 $n_1(v_z)$ ：

(1) $\nu \gg \nu_0$ ；

(2) $\nu - \nu_0 \approx \frac{1}{2} \Delta \nu_D$ ；

(3) $\nu = \nu_0$

10、试从爱因斯坦系数之间的关系说明下述概念，分配在一个模式中的自发辐射跃迁几率等于在此模式中的一个光子引起的受激跃迁几率。

11、短波长（真空紫外，软 X 射线）谱线的主要加宽机构是自然加宽。试证明峰值吸收截面 $\sigma = \lambda^2/2\pi$ 。

12、已知红宝石的密度为 3.98g/cm^3 ，其中 Cr_2O_3 所占比例为 0.05%(质量比)，在波长 694.3nm 附近的峰值吸收系数为 0.4cm^{-1} ，试求其峰值吸收截面（ $T=300\text{K}$ ）。

13、在均匀加宽工作物质中，频率为 ν_1 、强度为 I_{ν_1} 的强光的增益系数为 $g_H(\nu_1, I_{\nu_1})$ ， $g_H(\nu_1, I_{\nu_1}) \sim \nu_1$ 关系曲线称作大信号增益曲线，求大信号增益曲线的宽度。

14、有频率为 ν_1 、 ν_2 的二强光入射，试求在均匀加宽情况下：

(1) 频率为 ν 的弱光的增益系数表达式；

(2) 频率为 ν_1 的强光的增益系数表达式。

（设频率为 ν_1 及 ν_2 的光在介质内的平均强度为 I_{ν_1} 、 I_{ν_2} ）

15、激光上下能级的粒子数密度速率方程如式（4.3.28）所示。

(1) 试证明在稳态情况下，在均匀加宽介质（具有洛伦兹线型）中

$$\Delta n = \frac{\Delta n^0}{1 + \phi \tau_{21} \sigma_{21}(\nu_1, \nu_0) \nu N_l}$$

式中， $\phi = \delta [1 + \frac{f_2}{f_1} \frac{\tau_1}{\tau_2} (1 - \delta)]$ ， $\delta = \frac{\tau_2}{\tau_{21}}$ ， Δn^0 为小信号情况下的反转集居数密度。

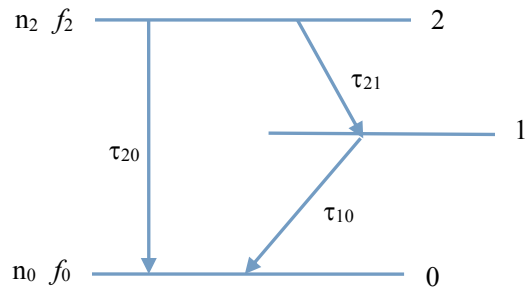
(2) 写出中心频率处饱和光强 I_s 的表达式。

(3) 证明 τ_1/τ_2 时， Δn 和 I_s 可由式(4.4.13)及式(4.4.11)表示。

15、已知某均匀加宽二能级($f_2=f_1$)饱和吸收染料在其吸收谱线中心频率 $\nu_0=694.3\text{nm}$ 处的吸收截面 $\sigma=8.1 \times 10^{-16}\text{cm}^2$ ，其上能级寿命 $\tau_2=22 \times 10^{-12}\text{s}$ ，试求此染料的饱和光强 I_s 。

17、若红宝石被光泵激励，求激光能级跃迁的饱和光强。

18、推导如下图所示能级系统 $2 \rightarrow 0$ 跃迁的中心频率大信号吸收系数及饱和光强 I_s 。假设该工作物质具有均匀加宽线型，吸收截面 σ_{02} 及单位体积中粒子数 n 已知， $k_b T \ll h\nu_{10}$ ， $\tau_{10} \ll \tau_{21}$ 。



19、设有两束频率分别为 $\nu_0 + \delta\nu$ 和 $\nu_0 - \delta\nu$ ，光强为 I_1 和 I_2 的强光沿相同方向（图（a））或沿相反方向（图（b））通过中心频率为 ν_0 的非均匀加宽增益介质， $I_1 > I_2$ 。试分别画出两种情况下反转粒子数按速度分布曲线，并标出烧孔位置。

