

**Tài liệu này được dịch sang tiếng việt bởi:**



Xem thêm các tài liệu đã dịch sang tiếng Việt của chúng tôi tại:

<http://mientayvn.com/Tai_lieu_da_dich.html>

Dịch tài liệu của bạn:

<http://mientayvn.com/Tim_hieu_ve_dich_vu_bang_cach_doc.html>

Tìm kiếm bản gốc tại đây:

<https://drive.google.com/drive/folders/1Zjz7DM7W4iV1qojox5kc_UUiNpx2qSHR?usp=sharing>

|  |  |
| --- | --- |
| Raman scattering or the Raman effect /ˈrɑːmən/ is the inelastic scattering of a photon by molecules which are excited to higher vibrational or rotational energy levels. It was discovered by C. V. Raman and K. S. Krishnan (who was a student of C.V. Raman) in liquids,[1] and independently by Grigory Landsberg and Leonid Mandelstam in crystals.[2] The effect had been predicted theoretically by Adolf Smekal in 1923.[3]When photons are scattered from an atom or molecule, most photons are elastically scattered (Rayleigh scattering), such that the scattered photons have the same energy (frequency and wavelength) as the incident photons. A small fraction of the scattered photons (approximately 1 in 10 million) are scattered by an excitation, with the scattered photons having a frequency different from, and usually lower than, that of the incident photons.[4] In a gas, Raman scattering can occur with a change in energy of a molecule due to a transition to another (usually higher) energy level. Chemists are primarily concerned with the transitional Raman effect.Contents [hide] 1 History2 Description2.1 Degrees of freedom2.2 Molecular vibrations and infrared radiation2.3 Raman scattering2.4 Stokes and anti-Stokes scattering2.5 Distinction from fluorescence2.6 Selection rules3 Stimulated Raman scattering and Raman amplification3.1 Need of space-coherence4 Applications4.1 Supercontinuum generation5 See also6 References7 External linksHistory[edit]The inelastic scattering of light was predicted by Adolf Smekal in 1923[3] (and in German-language literature it may be referred to as the Smekal-Raman effect[5]). In 1922, Indian physicist C. V. Raman published his work on the "Molecular Diffraction of Light," the first of a series of investigations with his collaborators that ultimately led to his discovery (on 28 February 1928) of the radiation effect that bears his name. The Raman effect was first reported by C. V. Raman and K. S. Krishnan,[1] and independently by Grigory Landsberg and Leonid Mandelstam, on 21 February 1928 (that is why in the former Soviet Union the priority of Raman was always disputed; thus in Russian scientific literature this effect is usually referred to as "combination scattering" or "combinatory scattering"). Raman received the Nobel Prize in 1930 for his work on the scattering of light.[6]In 1998 the Raman effect was designated a National Historic Chemical Landmark by the American Chemical Society in recognition of its significance as a tool for analyzing the composition of liquids, gases, and solids.[7]Description[edit]Degrees of freedom[edit]For any given chemical compound, there are a total of 3N degrees of freedom, where N is the number of atoms in the compound. This number arises from the ability of each atom in a molecule to move in three different directions (x, y, and z).[8] When dealing with molecules, it is more common to consider the movement of the molecule as a whole. Consequently, the 3N degrees of freedom are partitioned into molecular translational, rotational, and vibrational motion. Three of the degrees of freedom correspond to translational motion of the molecule as a whole (along each of the three spatial dimensions). Similarly, three degrees of freedom correspond to rotations of the molecule about the {\displaystyle x} x, {\displaystyle y} y, and {\displaystyle z} z-axes. Linear molecules only have two rotations because rotations along the bond axis do not change the positions of the atoms in the molecule. The remaining degrees of freedom correspond to molecular vibrational modes. These modes include stretching and bending motions of the chemical bonds of the molecule. For a linear molecule, the number of vibrational modes is:[8]{\displaystyle 3N-3-2=3N-5} 3N-3-2=3N-5whereas for a non-linear molecule the number of vibrational modes are{\displaystyle 3N-6} 3N-6Molecular vibrations and infrared radiation[edit]The frequencies of molecular vibrations range from less than 1012 to approximately 1014 Hz. These frequencies correspond to radiation in the infrared (IR) region of the electromagnetic spectrum. At any given instant, each molecule in a sample has a certain amount of vibrational energy. However, the amount of vibrational energy that a molecule has continually changes due to collisions and other interactions with other molecules in the sample.At room temperature, most of the molecules will be in the lowest energy state, which is known as the ground state. A few molecules will be in higher energy states, which are known as excited states. The fraction of molecules occupying a given vibrational mode at a given temperature can be calculated using the Boltzmann distribution. Performing such a calculation shows that, for relatively low temperatures (such as those used for most routine spectroscopy), most of the molecules occupy the ground vibrational state. Such a molecule can be excited to a higher vibrational mode through the direct absorption of a photon of the appropriate energy. This is the mechanism by which IR spectroscopy operates: infrared radiation is passed through the sample, and the intensity of the transmitted light is compared with that of the incident light. A reduction in intensity at a given wavelength of light indicates the absorption of energy by a vibrational transition. The energy, {\displaystyle E} E, of a photon is{\displaystyle E=h\nu } E=h\nu ,where {\displaystyle h} h is Planck’s constant and {\displaystyle \nu } \nu is the frequency of the radiation. Thus, the energy required for such a transition may be calculated if the frequency of the incident radiation is known.Raman scattering[edit]It is also possible to observe molecular vibrations by an inelastic scattering process. In inelastic (Raman) scattering, an absorbed photon is re-emitted with lower energy; the difference in energy between the incident photons and scattered photons corresponds to the energy required to excite a molecule to a higher vibrational mode.Typically, in Raman spectroscopy high intensity laser radiation with wavelengths in either the visible or near-infrared regions of the spectrum is passed through a sample. Photons from the laser beam produce an oscillating polarization in the molecules, exciting them to a virtual energy state. The oscillating polarization of the molecule can couple with other possible polarizations of the molecule, including vibrational and electronic excitations. If the polarization in the molecule does not couple to these other possible polarizations, then it will not change the vibrational state that the molecule started in and the scattered photon will have the same energy as the original photon. This type of scattering is known as Rayleigh scattering.When the polarization in the molecules couples to a vibrational state that is higher in energy than the state they started in, then the original photon and the scattered photon differ in energy by the amount required to vibrationally excite the molecule. In perturbation theory, the Raman effect corresponds to the absorption and subsequent emission of a photon via an intermediate quantum state of a material. The intermediate state can be either a "real", i.e., stationary state or a virtual state.Stokes and anti-Stokes scattering[edit]The different possibilities of light scattering: Rayleigh scattering (no exchange of energy: incident and scattered photons have the same energy), Stokes Raman scattering (atom or molecule absorbs energy: scattered photon has less energy than the incident photon) and anti-Stokes Raman scattering (atom or molecule loses energy: scattered photon has more energy than the incident photon)The Raman interaction leads to two possible outcomes:the material absorbs energy and the emitted photon has a lower energy than the absorbed photon. This outcome is labeled Stokes Raman scattering in honor of George Stokes who showed in 1852 that fluorescence is due to light emission at longer wavelength (now known to correspond to lower energy) than the absorbed incident light.the material loses energy and the emitted photon has a higher energy than the absorbed photon. This outcome is labeled anti-Stokes Raman scattering.The energy difference between the absorbed and emitted photon corresponds to the energy difference between two resonant states of the material and is independent of the absolute energy of the photon.The spectrum of the scattered photons is termed the Raman spectrum. It shows the intensity of the scattered light as a function of its frequency difference Δν to the incident photons. The locations of corresponding Stokes and anti-Stokes peaks form a symmetric pattern around Δν=0. The frequency shifts are symmetric because they correspond to the energy difference between the same upper and lower resonant states. The intensities of the pairs of features will typically differ, though. They depend on the populations of the initial states of the material, which in turn depend on the temperature. In thermodynamic equilibrium, the upper state will be less populated than the lower state. Therefore, the rate of transitions from the lower to the upper state (Stokes transitions) will be higher than in the opposite direction (anti-Stokes transitions). Correspondingly, Stokes scattering peaks are stronger than anti-Stokes scattering peaks. Their ratio depends on the temperature, and can therefore be exploited to measure it.Distinction from fluorescence[edit]The Raman effect differs from the process of fluorescence in that it is a scattering process. For fluorescence, the incident light is completely absorbed, transferring the system to an excited state. After a certain resonance lifetime, the system de-excites to lower energy states via emission of photons. The result of both processes is in essence the same: A photon with a frequency different from that of the incident photon is produced and the molecule is brought to a higher or lower energy level. But the major difference is that the Raman effect can take place for any frequency of incident light. In contrast to the fluorescence effect, the Raman effect is therefore not a resonant effect. In practice, this means that a fluorescence peak is anchored at a specific frequency, whereas a Raman peak maintains a constant separation from the excitation frequency.Selection rules[edit]A Raman transition from one state to another is allowed only if the molecular polarizability of those states is different. For a vibration, this means that the derivative of the polarizability with respect to the normal coordinate associated to the vibration is non zero: {\displaystyle \partial \alpha /\partial Q\neq 0} \partial \alpha /\partial Q\neq 0. In general, a normal mode is Raman active if it transforms with the same symmetry of the quadratic forms ( {\displaystyle x^{2},y^{2},z^{2},xy,xz,yz} {\displaystyle x^{2},y^{2},z^{2},xy,xz,yz}), which can be verified from the character table of the molecule's symmetry group.The specific selection rules state that the allowed rotational transitions are {\displaystyle \Delta J=\pm 2} {\displaystyle \Delta J=\pm 2}, where {\displaystyle J} J is the rotational state.The allowed vibrational transitions are {\displaystyle \Delta \nu =\pm 1} {\displaystyle \Delta \nu =\pm 1}, where {\displaystyle \nu } \nu is the vibrational state.Stimulated Raman scattering and Raman amplification[edit]The Raman-scattering process as described above takes place spontaneously; i.e., in random time intervals, one of the many incoming photons is scattered by the material. This process is thus called spontaneous Raman scattering.On the other hand, stimulated Raman scattering can take place when some Stokes photons have previously been generated by spontaneous Raman scattering (and somehow forced to remain in the material), or when deliberately injecting Stokes photons ("signal light") together with the original light ("pump light"). In that case, the total Raman-scattering rate is increased beyond that of spontaneous Raman scattering: pump photons are converted more rapidly into additional Stokes photons. The more Stokes photons are already present, the faster more of them are added. Effectively, this amplifies the Stokes light in the presence of the pump light, which is exploited in Raman amplifiers and Raman lasers.Stimulated Raman scattering is a nonlinear-optical effect. It can be described using a third-order nonlinear susceptibility {\displaystyle \chi ^{(3)}} \chi ^{(3)}.Need of space-coherence[edit]Suppose that the distance between two points A and B of an exciting beam is x. Generally, as the exciting frequency is not equal to the scattered Raman frequency, the corresponding relative wavelengths λ and λ' are not equal. Thus, a phase-shift Θ = 2πx(1/λ − 1/λ') appears. For Θ = π, the scattered amplitudes are opposite, so that the Raman scattered beam remains weak.- A crossing of the beams may limit the path x.Several tricks may be used to get a larger amplitude:- In an optically anisotropic crystal, a light ray may have two modes of propagation with different polarizations and different indices of refraction. If energy may be transferred between these modes by a quadrupolar (Raman) resonance, phases remain coherent along the whole path, transfer of energy may be large. It is an Optical parametric generation.- Light may be pulsed, so that beats do not appear.It is the Impulsive Stimulated Raman Scattering (ISRS),[9][10][11][12][13] in which the length of the pulses must be shorter than all relevant time constants.[14] Interference of Raman and incident lights is too short to allow beats, so that it produces a frequency shift roughly, in best conditions, inversely proportional to cube of length of pulses. In labs, femtosecond laser pulses must be used because the ISRS becomes very weak if the pulses are too long. Thus ISRS cannot be observed using nanosecond pulses making ordinary time-incoherent light.Applications[edit]Raman spectroscopy employs the Raman effect for substances analysis. The spectrum of the Raman-scattered light depends on the molecular constituents present and their state, allowing the spectrum to be used for material identification and analysis. Raman spectroscopy is used to analyze a wide range of materials, including gases, liquids, and solids. Highly complex materials such as biological organisms and human tissue[15] can also be analyzed by Raman spectroscopy.For solid materials, Raman scattering is used as a tool to detect high-frequency phonon and magnon excitations.Raman lidar is used in atmospheric physics to measure the atmospheric extinction coefficient and the water vapour vertical distribution.Stimulated Raman transitions are also widely used for manipulating a trapped ion's energy levels, and thus basis qubit states.Raman spectroscopy can be used to determine the force constant and bond length for molecules that do not have an infrared absorption spectrum.Raman amplification is used in optical amplifiers.Supercontinuum generation[edit]For high-intensity continuous wave (CW) lasers, SRS can be used to produce broad bandwidth spectra. This process can also be seen as a special case of four-wave mixing, wherein the frequencies of the two incident photons are equal and the emitted spectra are found in two bands separated from the incident light by the phonon energies. The initial Raman spectrum is built up with spontaneous emission and is amplified later on. At high pumping levels in long fibers, higher-order Raman spectra can be generated by using the Raman spectrum as a new starting point, thereby building a chain of new spectra with decreasing amplitude. The disadvantage of intrinsic noise due to the initial spontaneous process can be overcome by seeding a spectrum at the beginning, or even using a feedback loop as in a resonator to stabilize the process. Since this technology easily fits into the fast evolving fiber laser field and there is demand for transversal coherent high-intensity light sources (i.e., broadband telecommunication, imaging applications), Raman amplification and spectrum generation might be widely used in the near-future. | Tán xạ Raman hoặc hiệu ứng Raman là quá trình tán xạ không đàn hồi của photon với phân tử, kích thích phân tử đến các mức năng lượng dao động hoặc quay cao hơn. Hiệu ứng này do C. V. Raman và K. S. Krishnan (học trò C.V. Raman) khám phá lần đầu tiên trong chất lỏng, [1], đồng thời với Grigory Landsberg và Leonid Mandelstam trong môi trường tinh thể. [2] Hiệu ứng này được Adolf Smekal dự đoán về mặt lý thuyết vào năm 1923. [3]Khi photon tán xạ với nguyên tử hoặc phân tử, đa số photon đều tán xạ đàn hồi (tán xạ Rayleigh), trong quá trình này năng lượng (cũng như tần số và bước sóng) của photon tán xạ bằng với các photon ban đầu. Một phần nhỏ photon tán xạ (khoảng 1 phần một triệu) tán xạ với nguyên tử hoặc phân tử kích thích sẽ có tần số khác với photon tới (thường là nhỏ hơn).[4] Trong chất khí, tán xạ Raman có thể xuất hiện đồng thời với sự thay đổi năng lượng của phân tử do dịch chuyển đến mức năng lượng khác (thường là cao hơn). Các nhà hóa học rất quan tâm đến hiệu ứng Raman tịnh tiến.Mục lục [ẩn]1 Lịch sử2 Mô tả2.1 Bậc tự do2.2 Dao động phân tử và bức xạ hồng ngoại2.3 Tán xạ Raman2.4 Tán xạ Stoke và phản Stoke2.5 Phân biệt với hiệu ứung huỳnh quang2.6 Quy tắc lựa chọn3 Tán xạ Raman cảm ứng và khuếch đại Raman3.1 Yêu cầu kết hợp không gian4 Ứng dụng4.1 Hiệu ứng tạo siêu liên tục5 Xem thêm6 Tài liệu tham khảo7 Liên kết ngoàiLịch sử [sửa]Hiện tượng tán xạ không đàn hồi của ánh sáng đã được Adolf Smekal dự đoán vào năm 1923 [3] (và trong tài liệu tiếng Đức người ta thường gọi hiệu ứng này là hiệu ứng Smekal-Raman [5]). Vào năm 1922, nhà vật lý Ân Độ C. V. Raman đã xuất bản công trình "Molecular Diffraction of Light," (Hiệu ứng nhiễu xạ ánh sáng ở các phân tử), đây là một loạt những kết quả bước đầu giúp ông ấy tiến dần đến phát minh ra hiệu ứng mang tên mình (vào ngày 28 tháng 2 năm 1928). Hiệu ứng Raman do CV Raman và KS Krishnan phát hiện, [1] đồng thời với Grigory Landsberg và Leonid Mandelstam, vào ngày 21 tháng 2 năm 1928 (vì thế ở các nước Liên Xô cũ vẫn luôn tranh cãi về việc tại sao lại dành ưu tiên cho Raman và trong các tài liệu khoa học tiếng Nga, hiệu ứng này thường được gọi là “Tán xạ tổ hợp” hoặc “Tán xạ kết hợp”). Raman nhận giải Nobel vào năm 1930 cho công trình tán xạ ánh sáng này. Năm 1998, hiệu ứng Raman được Hội Hóa Học Hoa Kỳ chỉ định là Công Trình Hóa Học Cấp Quốc Gia ghi nhận tầm quan trọng của nó với tư cách là công cụ phân tích thành phần của chất lỏng, chất khí và chất rắn.[7]Mô tả [sửa]Bậc tự do Đối với một hợp chất hóa học nhất định, có tổng cộng 3N bậc tự do, trong đó N là số nguyên tử trong hợp chất. Số này thể hiện khả năng của mỗi nguyên tử trong phân tử có thể di chuyển theo ba hướng khác nhau (x, y, z). [8] Khi nghiên cứu các phân tử, chúng ta thường xét chuyển động của phân tử như một tổng thể. Do đó, 3N bậc tự do được chia thành chuyển động tịnh tiến, chuyển động quay và chuyển động dao động của phân tử. Ba bậc tự do tương ứng với chuyển động tịnh tiến của phân tử như một tổng thể (cùng với một trong ba chiều không gian). Tương tự, ba bậc tự do tương ứng với sự quay của phân tử quanh các trục x, y và z. Các phân tử tuyến tính (thẳng) chỉ có hai chuyển động quay bởi vì các chuyển động quay dọc theo trục liên kết không làm thay đổi vị trí của các nguyên tử trong phân tử. Bậc tự do còn lại tương ứng với các mode dao động của phân tử. Những mode này bao gồm các chuyển động duỗi và uốn của các liên kết hóa học của phân tử. Đối với phân tử tuyến tính, số mode dao động là:Trong khi đó đối với một phân tử phi tuyến, số mode dao động làCác dao động phân tử và bức xạ hồng ngoạiTần số của các dao động phân tử nằm trong khoảng nhỏ hơn 1012 đến khoảng 1014 Hz. Những tần số này tương ứng với bức xạ trong vùng hồng ngoại (IR) của phổ sóng điện từ. Tại một thời điểm bất kỳ, mỗi phân tử trong mẫu có một lượng năng lượng dao động nhất định. Tuy nhiên, năng lượng dao động của phân tử biến đổi liên tục do va chạm và tương tác với các phân tử khác trong mẫu.Ở nhiệt độ phòng, thông thường các phân tử sẽ ở trạng thái năng lượng thấp nhất (trạng thái cơ bản). Một vài phân tử sẽ ở trạng thái năng lượng cao, những trạng thái này được gọi là các trạng thái kích thích. Số lượng phân tử chiếm một mode dao động ở một nhiệt độ nhất định có thể tính bằng phân bố Boltzmann. Thông qua tính toán chúng ta thấy rằng đối với những nhiệt độ tương đối thấp (chẳng hạn như nhiệt độ để tiến hành các thí nghiệm quang phổ thông thường), đa số các phân tử chiếm trạng thái dao động cơ bản. Có thể kích thích phân tử đến mode dao động cao hơn thông qua hấp thụ trực tiếp một photon có năng lượng thích hợp. Đây là cơ chế hoạt động của quang phổ IR: Bức xạ hồng ngoại truyền qua mẫu, sau đó cường độ ánh sáng truyền qua được so sánh với cường độ ánh sáng tới. Sự giảm cường độ ở một bước sóng ánh sáng nhất định cho thấy có sự hấp thụ năng lượng của dịch chuyển dao động. Năng lượng của photon làTrong đó….là hằng số Planck và…là tần số của bức xạ. Vì thế, năng lượng cần thiết của dịch chuyển có thể suy ra từ tần số của bức xạ tới.Tán xạ RamanChúng ta có thể quan sát được các dao động phân tử thông qua quá trình dao động không đàn hồi. Trong tán xạ Raman không đàn hồi, photon hấp thụ tái bức xạ năng lượng thấp hơn; độ chênh lệch năng lượng giữa photon tới và photon tán xạ bằng năng lượng cần thiết để kích thích phân tử đến mode dao động cao hơn.Thông thường trong quang phổ Raman chúng ta dùng bức xạ laser cường độ mạnh bước sóng nằm trong vùng khả kiến hoặc hồng ngoại gần để chiếu qua mẫu. Các photon của chùm laser tạo ra hiện tượng phân cực dao đọng trong các phân tử, kích thích chúng đến trạng thái năng lượng ảo. Sự phân cực dao động của phân tử có thể liên kết với các phân cực khả dĩ khác của phân tử, bao gồm các kích thích dao động và điện tử. Nếu độ phân cực của phân tử không liên kết với những độ phân cực khả dĩ khác, thì nó sẽ không thay đổi trạng thái dao động và photon tán xạ có năng lượng bằng photon ban đầu. Loại tán xạ này được gọi là tán xạ Rayleigh.Khi độ phân cực trong phân tử liên kết với trạng thái dao động có năng lượng cao hơn trạng thái ban đầu, thì photon ban đầu và photon tán xạ có năng lượng chênh lệch nhau bằng năng lượng cần thiết để kích phân phân tử dao động. Trong lý thuyết nhiễu loạn, hiệu ứng Raman tương ứng với quá trình hấp thụ và sau đó là phát xạ photon qua trạng thái lượng tử trung gian của vật liệu. Trạng thái trung gian có thể là “thực”, tức là trạng thái tĩnh hoặc trạng thái ảo.Tán xạ Stokes và phản StokesMột số khả năng tán xạ ánh sáng khác nhau: Tán xạ Rayleigh (không có sự trao đổi năng lượng: các photon tới và photon tán xạ có năng lượng bằng nhau), Tán xạ Raman Stokes (nguyên tử hoặc phân tử hấp thụ năng lượng: photon tán xạ có năng lượng thấp hơn photon tới) và tán xạ Raman phản Stokes (nguyên tử hoặc phân tử mất năng lượng: photon tán xạ có năng lượng lớn hơn photon tới)Tương tác Raman có thể cho ra hai kết quả khả dĩ như sau:Vật liệu hấp thụ năng lượng và photon phát xạ có năng lượng thấp hơn photon hấp thụ. Quá trình này được gọi là tán xạ Raman Stokes theo tên của nhà vật lý George Stokes, người đã phát hiện hiệu ứng huỳnh quang do phát xạ ánh sáng ở bước sóng dài hơn so với ánh sáng tới vào năm 1852 (tương ứng với năng lượng thấp hơn)Vật liệu mất năng lượng và photon phát xạ có năng lượng cao hơn photon hấp thụ. Quá trình này được gọi là tán xạ Raman phản Stokes.Độ chênh lệch năng lượng giữa photon phát xạ và photon hấp thụ bằng độ chênh lệch năng lượng giữa hai trạng thái cộng hưởng của vật liệu và không phụ thuộc vào năng lượng của photon.Phổ của các photon tán xạ được gọi là phổ Raman. Phổ biểu diễn cường độ của ánh sáng tán xạ theo độ chênh lệch tần số với các photon tới Δν. Vị trí của các peak Stokes và phản Stokes tương ứng hình thành một đường cong bất đối xứng quanh Δν=0. Độ dịch chuyển năng lượng đối xứng bởi vì chúng tương ứng với độ chênh lệch năng lượng giữa những trạng thái cộng hưởng cao và thấp như nhau. Tuy nhiên, cường độ của các cặp phổ đặc trưng thông thường sẽ khác nhau. Chúng phụ thuộc vào mật độ của các trạng thái ban đầu của vật liệu, và đại lượng này lại phụ thuộc vào nhiệt độ. Ở trạng thái cân bằng nhiệt động lực học, trạng thái cao sẽ ít nguyên tử tụ tập hơn trạng thái thấp. Do đó, tốc độ dịch chuyển từ trạng thái thấp đến trạng thái cao (các dịch chuyển Stokes) sẽ cao hơn theo chiều ngược lại (các dịch chuyển phản Stokes). Do đó, các peak tán xạ Stokes mạnh hơn các peak phản Stokes. Tỷ số của chúng phụ thuộc vào nhiệt độ, và do đó có thể thay đổi nhiệt độ để khảo sát tỷ số này. Sự khác biệt với hiệu ứng huỳnh quangHiệu ứng Raman khác với hiệu ứng huỳnh quang ở chỗ nó là một quá trình tán xạ. Đối với hiệu ứng huỳnh quang, ánh sáng tới hoàn toàn bị hấp thụ, đưa hệ sang trạng thái kích thích. Sau một thời gian bằng thời gian sống cộng hưởng, hệ chuyển về trạng thái năng lượng thấp thông qua phát xạ photon. Kết quả của hai quá trình về cơ bản là giống nhau: một photon có năng lượng khác với photon ban đầu được hình thành và phân tử chuyển sang mức năng lượng cao hoặc thấp hơn. Nhưng điểm khác biệt chính nằm ở chỗ hiệu ứng Raman có thể xảy ra đối với bất kỳ tần số nào của ánh sáng tới. Trái ngược với hiệu ứng huỳnh quang, hiệu ứng Raman không phải là một hiệu ứng cộng hưởng. Trong thực tế, điều này có nghĩa là peak huỳnh quang nằm ở một tần số cụ thể, trong khi đó peak Raman duy trì một khoảng cách không đổi so với tần số kích thích.Quy tắc chọn lựaDịch chuyển Raman chỉ được phép nếu độ phân cực phân tử của những trạng thái đó khác nhau. Đối với một dao động, điều này có nghĩa là đạo hàm của độ phân cực đối với tọa độ gắn với dao động khác không…………………:Nói chung, mode chuẩn hóa có hoạt tính Raman nếu nó biến đổi với đối xứng tương tự của các dạng bậc haiNhững đại lượng này có thể tra trong bảng đặc biểu của nhóm đối xứng của phân tử. |