

Interaksi Radiasi Elektromagnetik

Apt. Ihsanti Dwi Rahayu, S.Farm., M.S.Farm.

Farmasi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung

Tujuan pembelajaran

1. Mengetahui dan memahami konsep radiasi elektromagnetik, spektrum elektromagnetik, dan sifat-sifat radiasi elektromagnetik
2. Mengetahui dan memahami jenis-jenis interaksi radiasi elektromagnetik
3. Mengetahui dan memahami aplikasi interaksi radiasi elektromagnetik dalam teknik analisis instrumentasi

Topik Pembelajaran

1. Pendahuluan, definisi, spektrum, dan sifat-sifat radiasi elektromagnetik
2. Diagram gelombang, kecepatan gelombang, efek fotolistrik dan energi radiasi elektromagnetik
3. Interaksi radiasi elektromagnetik:
 - Transmisi
 - Absorpsi
 - Refleksi
 - Scattering
3. Aplikasi interaksi radiasi elektromagnetik dalam teknik analisis instrumentasi

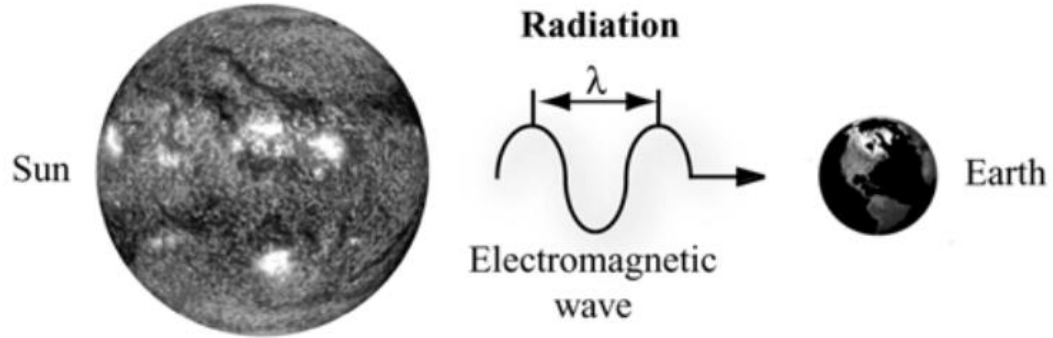
Fenomena Terjadinya Pelangi



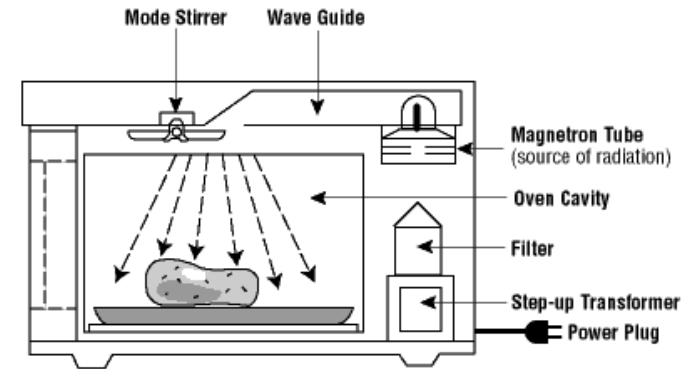
Fenomena Langit Berwarna Biru



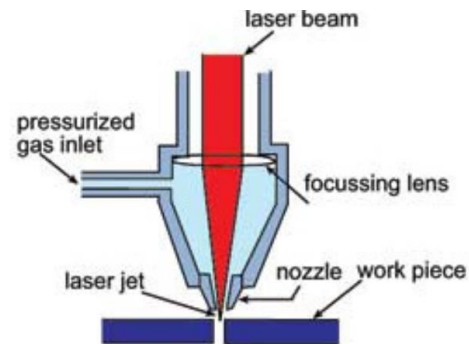
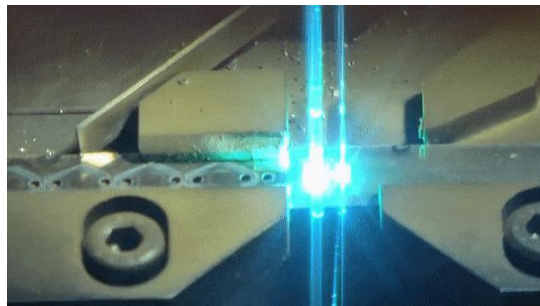
Pendahuluan



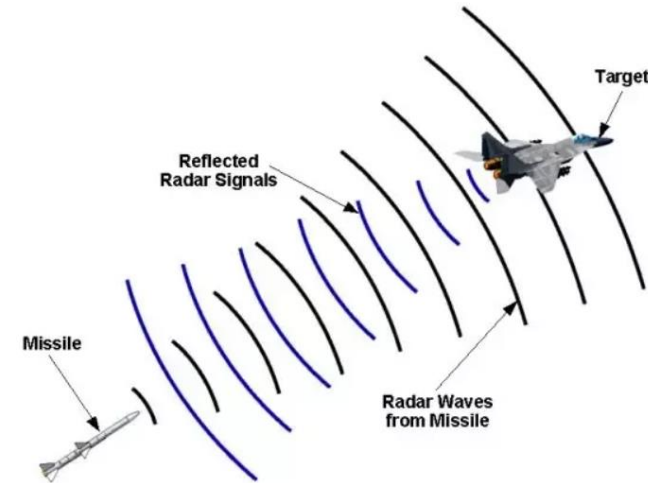
Sinar matahari yang sampai ke bumi



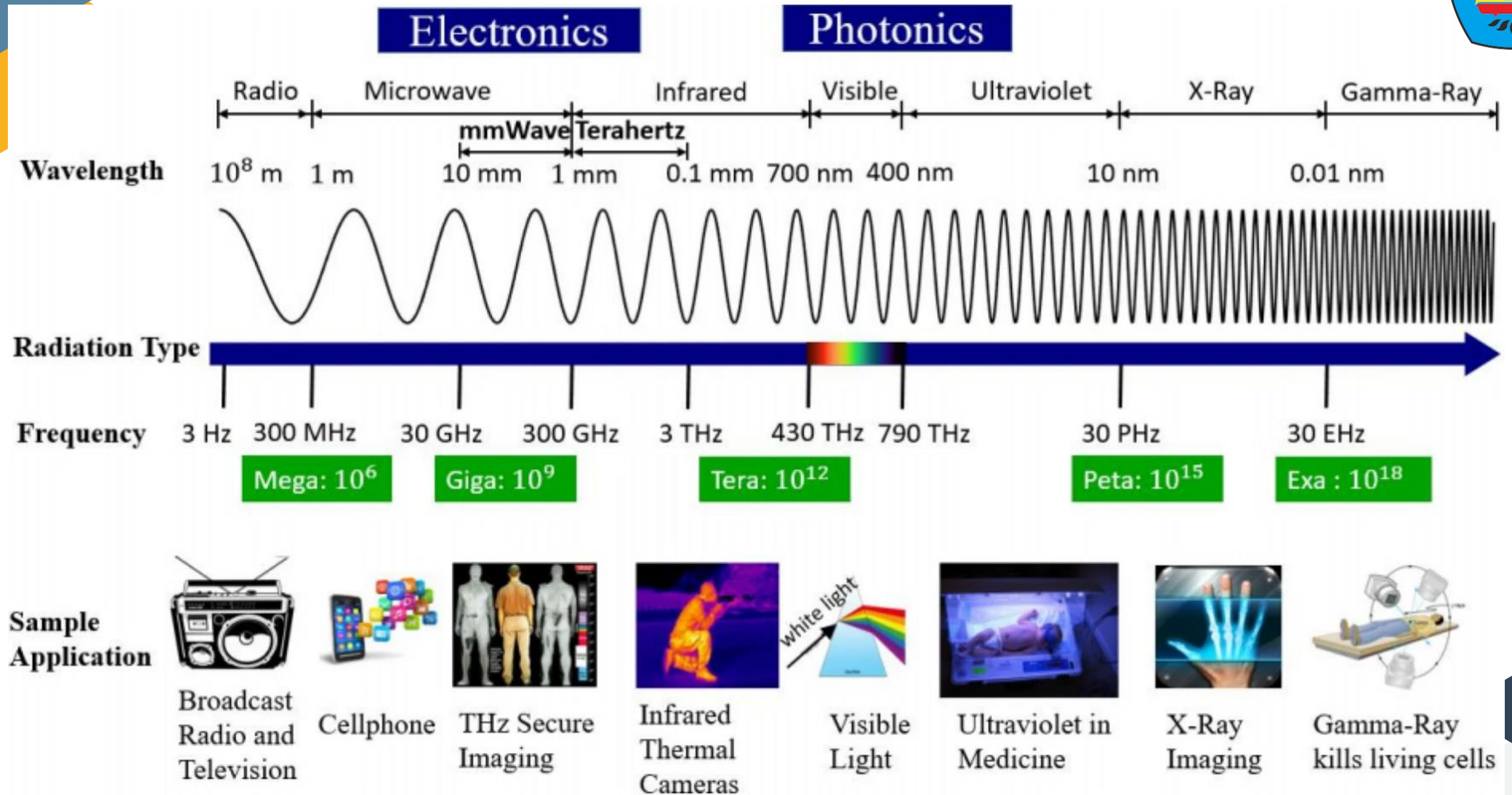
makanan dipanaskan dalam oven microwave



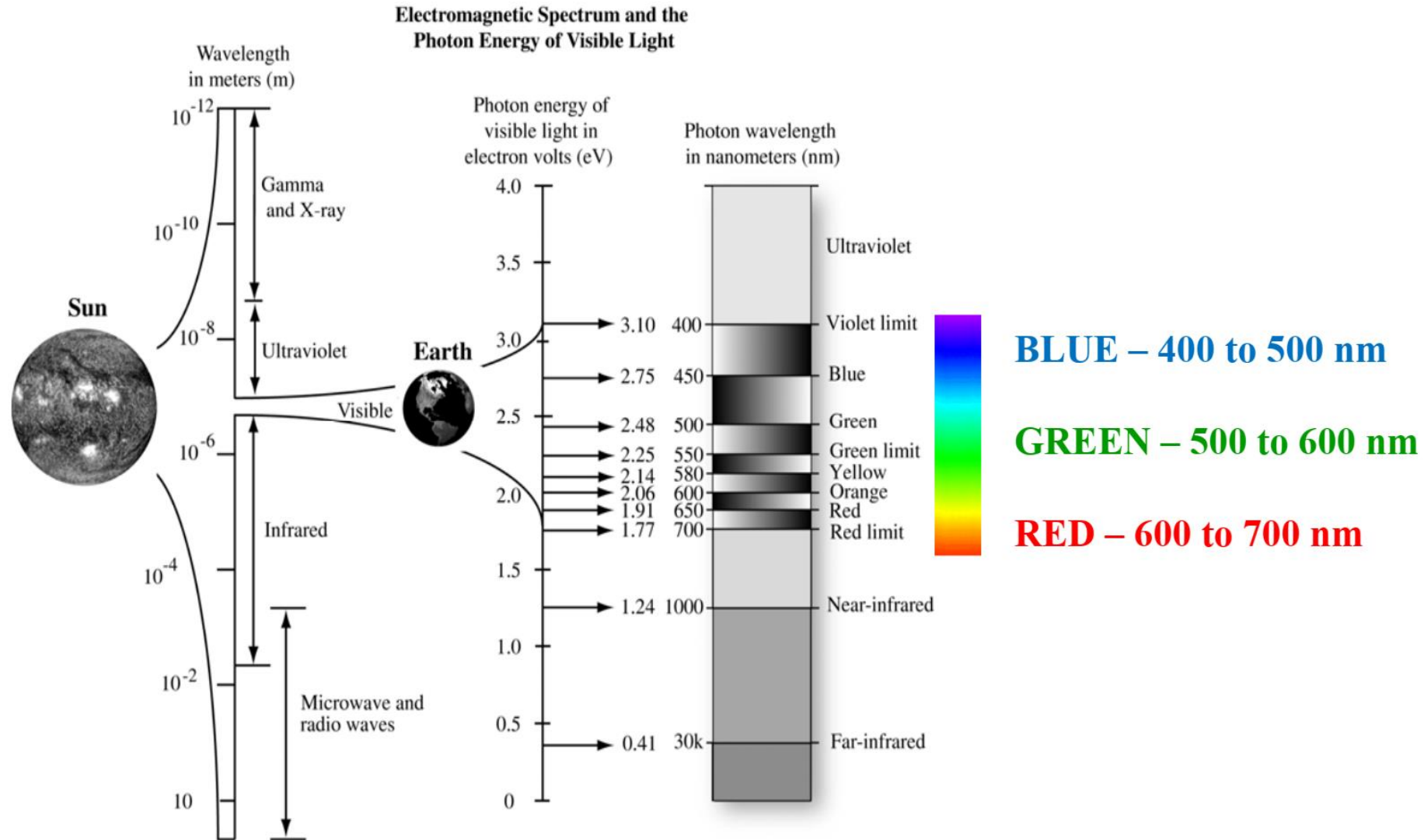
Pemotongan lempeng baja dengan sinar laser



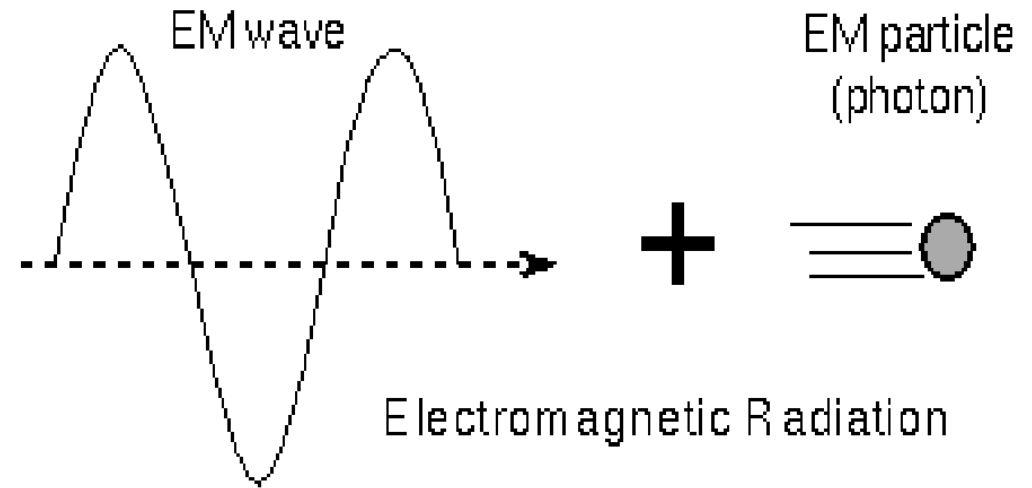
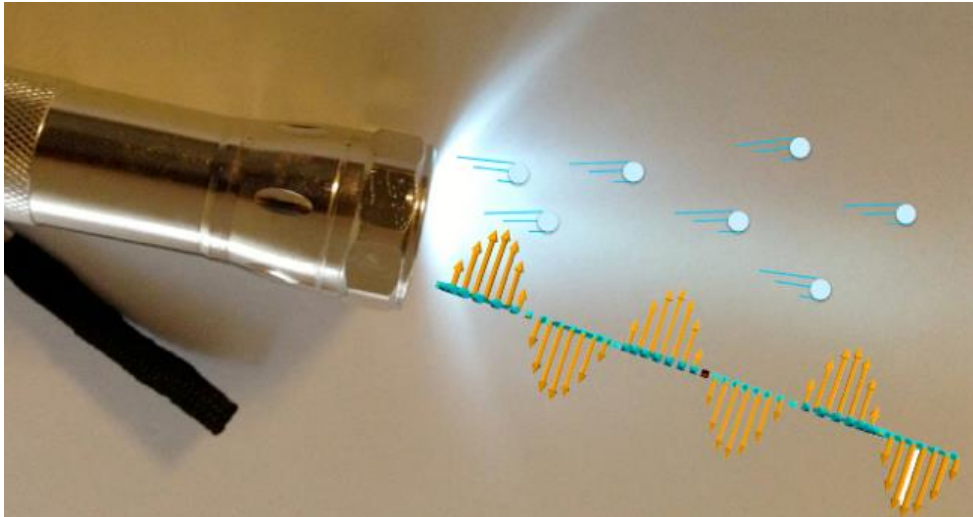
pesawat terbang dipandu oleh gelombang radar



Spektrum Elektromagnetik



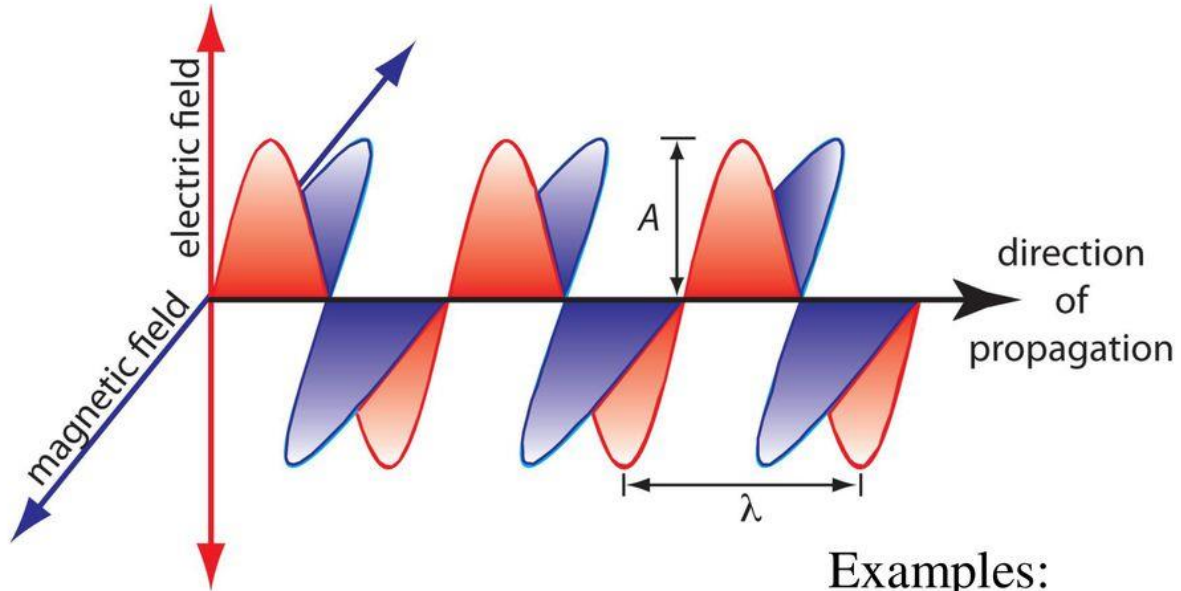
Dualisme Sifat Cahaya



- Cahaya merupakan radiasi elektromagnetik, secara fisik cahaya adalah gelombang elektromagnetik. Artinya cahaya mempunyai vektor listrik dan vektor magnetik, dimana keduanya mempunyai arah rambatan saling tegak lurus.
- Selain itu cahaya juga dipancarkan dalam bentuk sekumpulan energi seperti partikel yang disebut dengan foton atau kuantum.

Radiasi Elektromagnetik

Electromagnetic Radiation



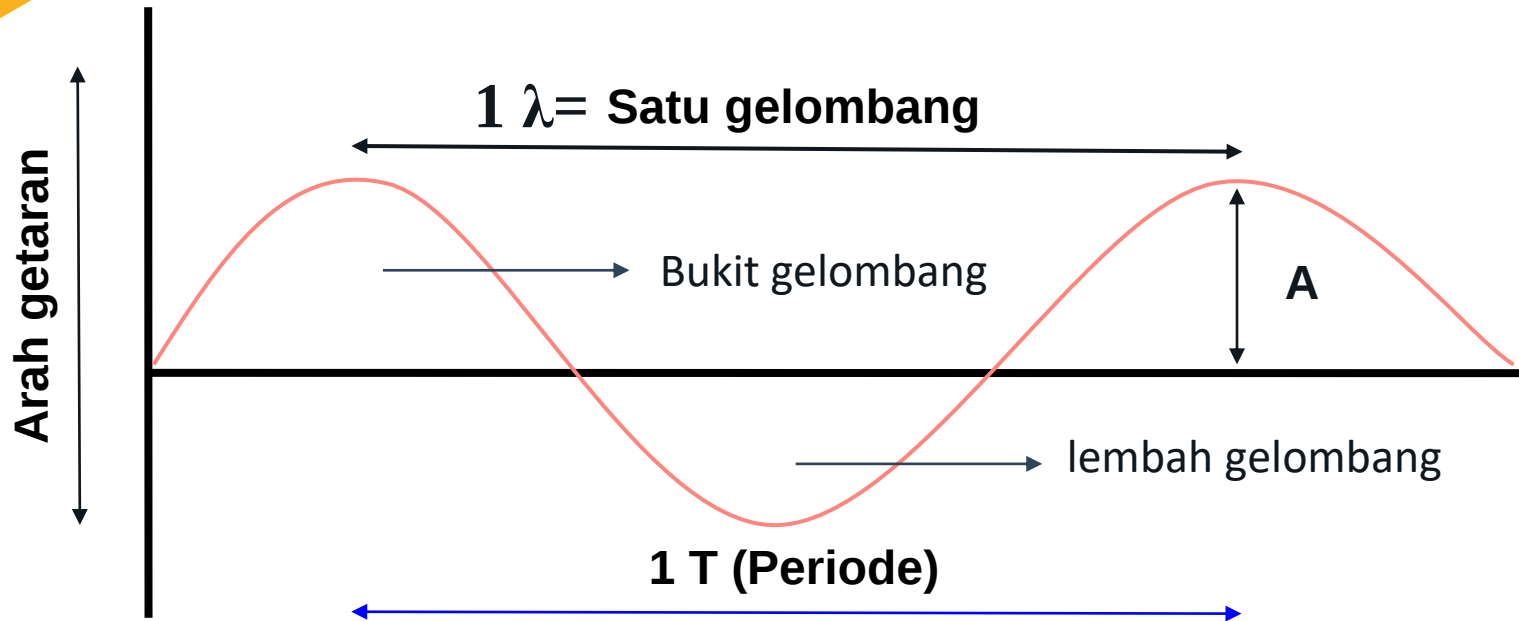
Examples:

- ❖ Light Waves
- ❖ X-rays
- ❖ γ -rays
- ❖ Microwaves etc.

Radiasi elektromagnetik adalah kombinasi medan listrik dan medan magnet yang berosilasi (bergetar) dan merambat lewat ruang dan membawa energi dari satu tempat ke tempat yang lain.

Menurut Hukum Faraday's dan Hukum Maxwell: bahwa perubahan pada medan listrik akan menyebabkan perubahan pada medan magnet demikian juga sebaliknya. Perubahan secara terus menerus akan membawa suatu energi yang disebut energi elektromagnetik.

Diagram Satu Gelombang



λ = Panjang gelombang : jarak antara dua puncak atau bisa juga dua lembah gelombang, satuan dalam nm atau Angstrom (1 nm = 10 Angstrom), kecuali radiasi infra merah dalam μm , gelombang mikro dalam cm, dan gelombang radio dalam m (meter)

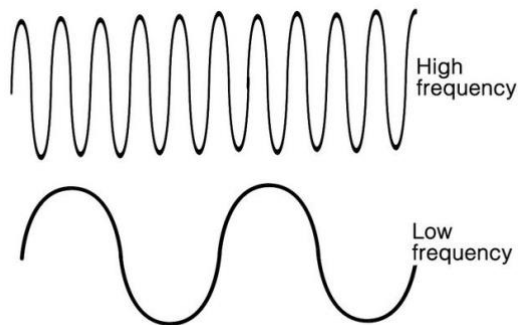
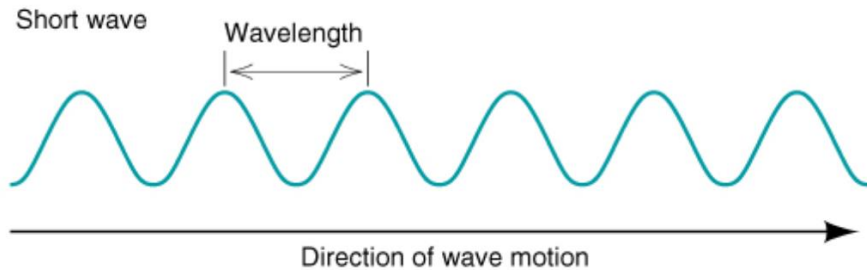
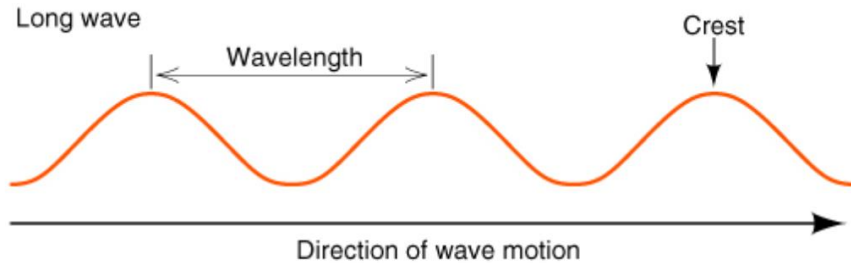
A = Amplitudo : simpangan yang simpangan terjauh dari garis keseimbangan

f = Frekuensi : jumlah gelombang yang terjadi per detik, satuan Hertz

T = Periode: waktu yang diperlukan untuk membentuk suatu gelombang

v = Kecepatan : satuan (m/detik)

Kecepatan Gelombang Elektromagnetik



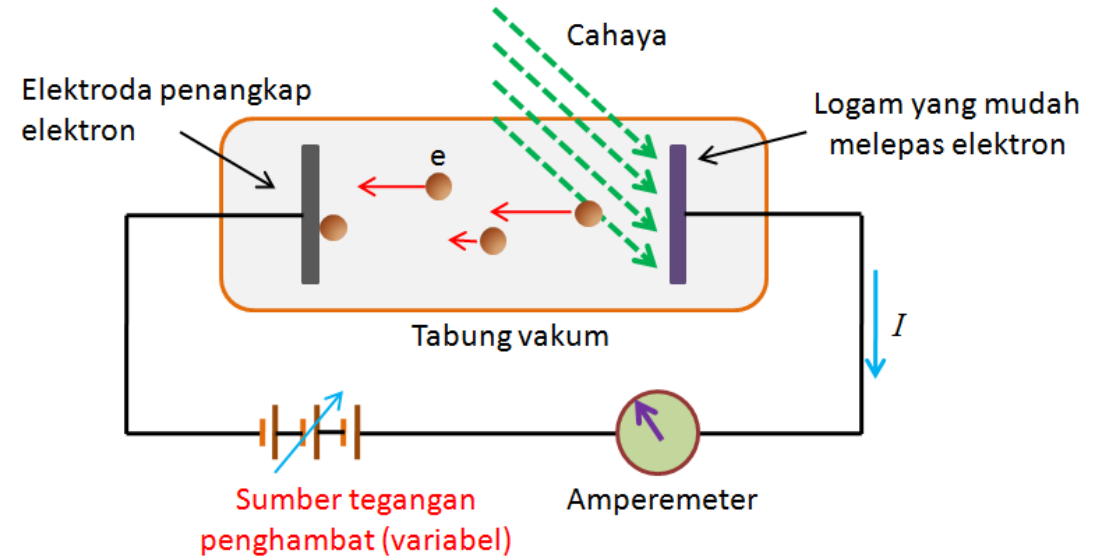
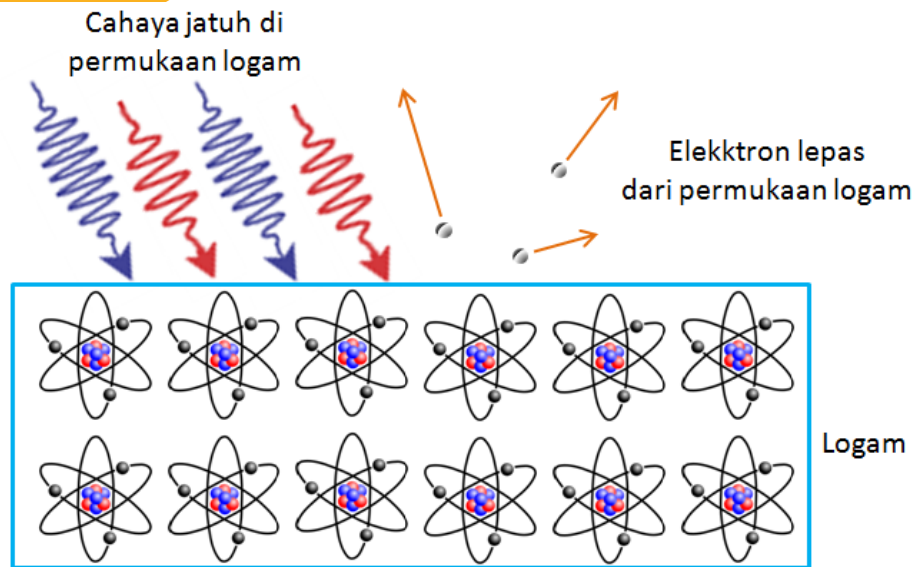
- Hubungan antara kecepatan radiasi elektromagnetik, panjang gelombang dan frekuensinya dalam bentuk rumus sebagai berikut :

$$c = \lambda \cdot f$$

$$c = \lambda / T$$

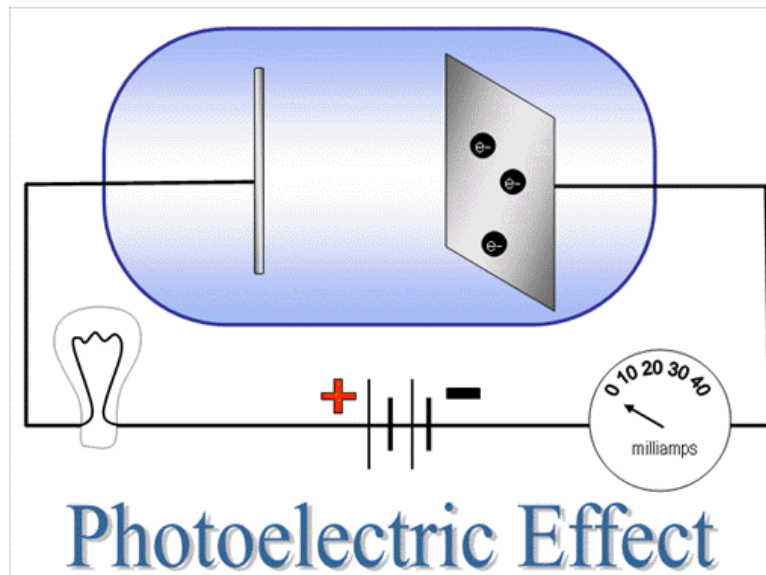
- c = Kecepatan radiasi elektromagnetik = 3×10^8 m/detik
- λ = panjang gelombang dalam satuan mikrometer (μm)
- f = frekuensi, yaitu jumlah siklus gelombang yang melalui satu titik tiap detik, dalam Hertz
- T = Periode: waktu yang diperlukan untuk membentuk suatu gelombang

Efek Fotolistrik



cahaya terdiri dari partikel-partikel yang kemudian disebut sebagai foton.

Ketika cahaya ditembakkan ke suatu permukaan logam, foton-fotonnya akan menumbuk elektron-elektron pada permukaan logam tersebut sehingga elektron tersebut dapat lepas. Peristiwa lepasnya elektron dari permukaan logam itu dalam fisika disebut sebagai efek fotolistrik.



Energi Radiasi Elektromagnetik

- Max Planck melalui eksperimen radiasi benda hitam mengungkapkan bahwa radiasi yang dipancarkan benda hitam tidaklah kontinyu, melainkan dalam paket-paket energi yang disebut kuantum (*foton*).
- Dengan mengadopsi teori radiasi benda hitam, Einstein menyatakan bahwa besar energi masing-masing foton tersebut hanya ditentukan oleh frekuensi (*f*) *foton*.
- Radiasi elektromagnetik dipancarkan dan diserap sebagai paket energi *foton* melalui persamaan berikut:

$$E = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

E = energi foton dalam Joule

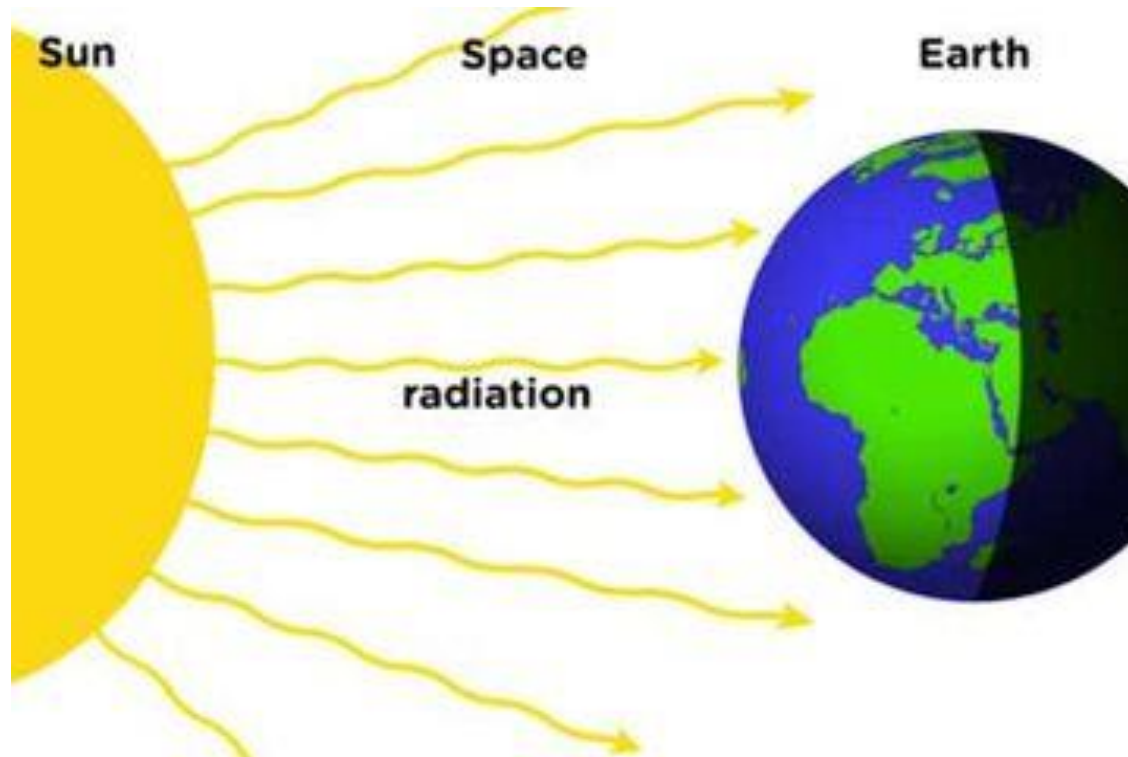
h = Konstanta Planck ($6,63 \times 10^{-34}$ J.s)

f = Frekuensi cahaya

c = kecepatan cahaya = 3×10^8 m/s

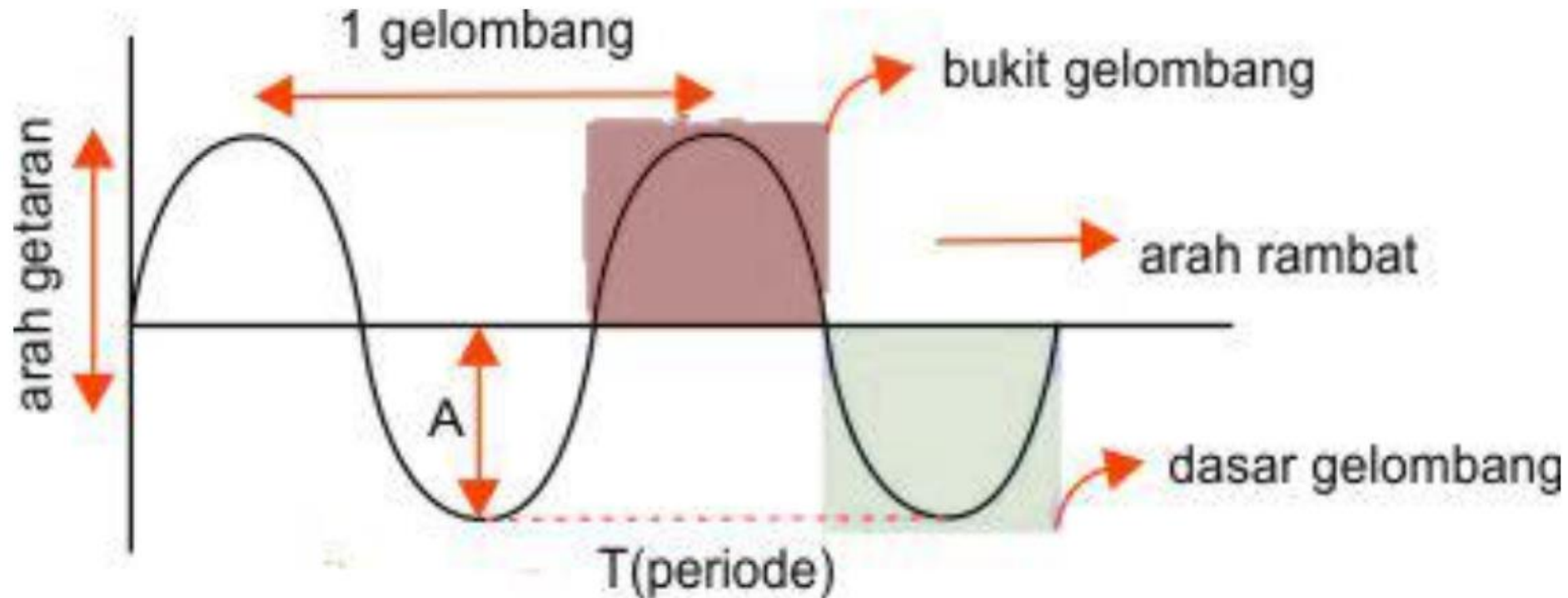
λ = panjang gelombang dalam meter

Sifat-sifat Gelombang Elektromagnetik



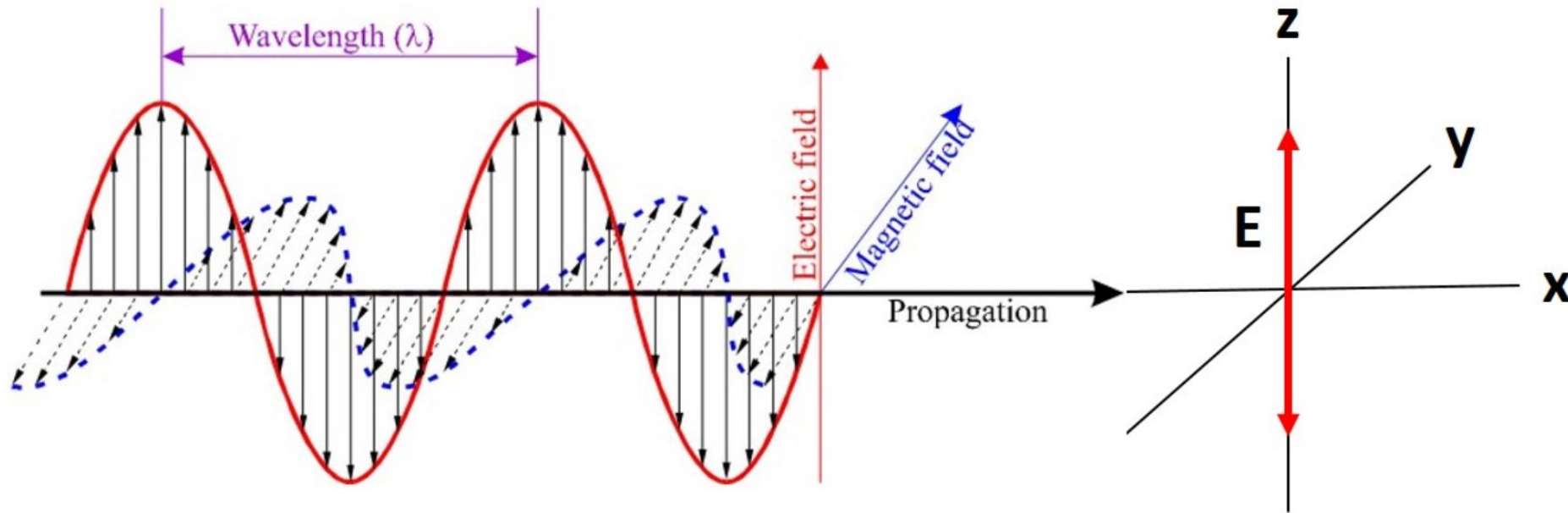
- Cahaya matahari dapat merambat dalam ruang tanpa medium

Sifat-sifat Gelombang Elektromagnetik



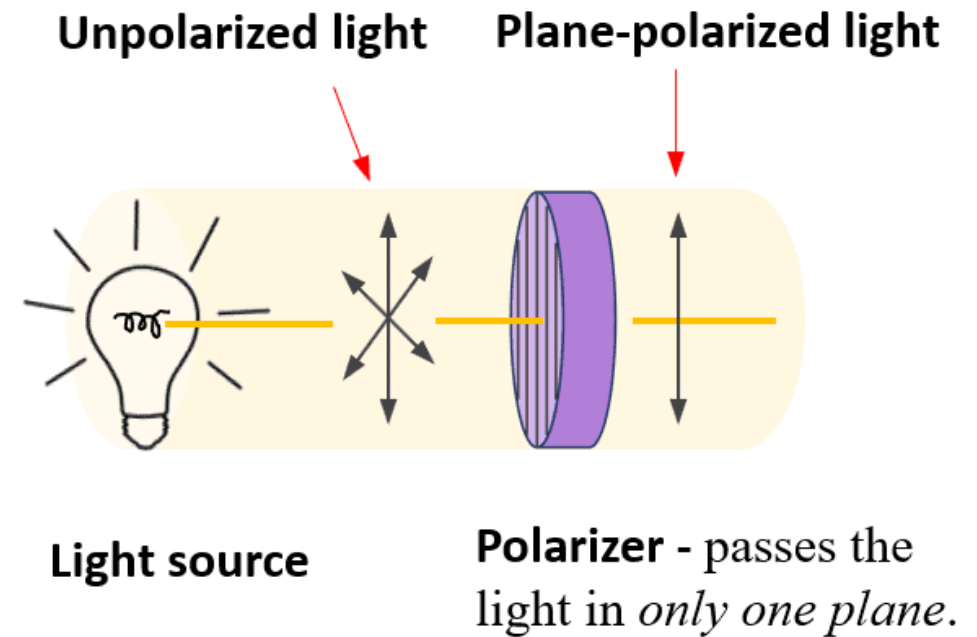
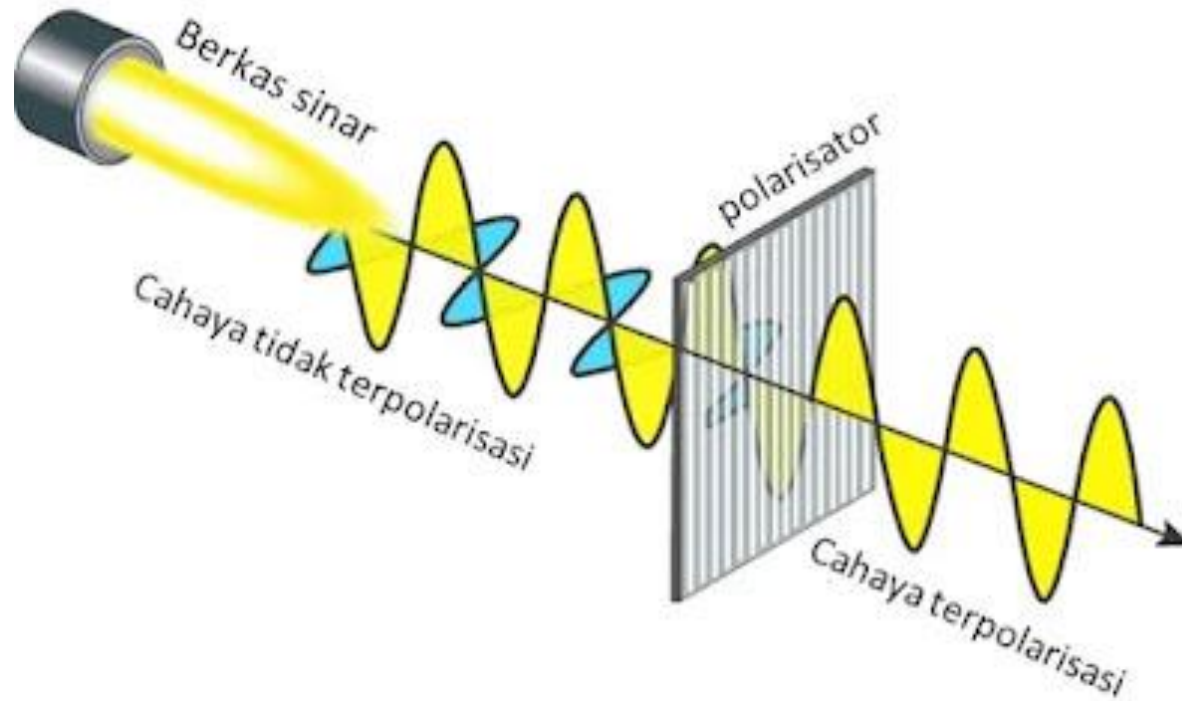
- Cahaya merupakan gelombang transversal, gelombang yang arah getarnya tegak lurus dengan arah rambatnya

Sifat-sifat Gelombang Elektromagnetik



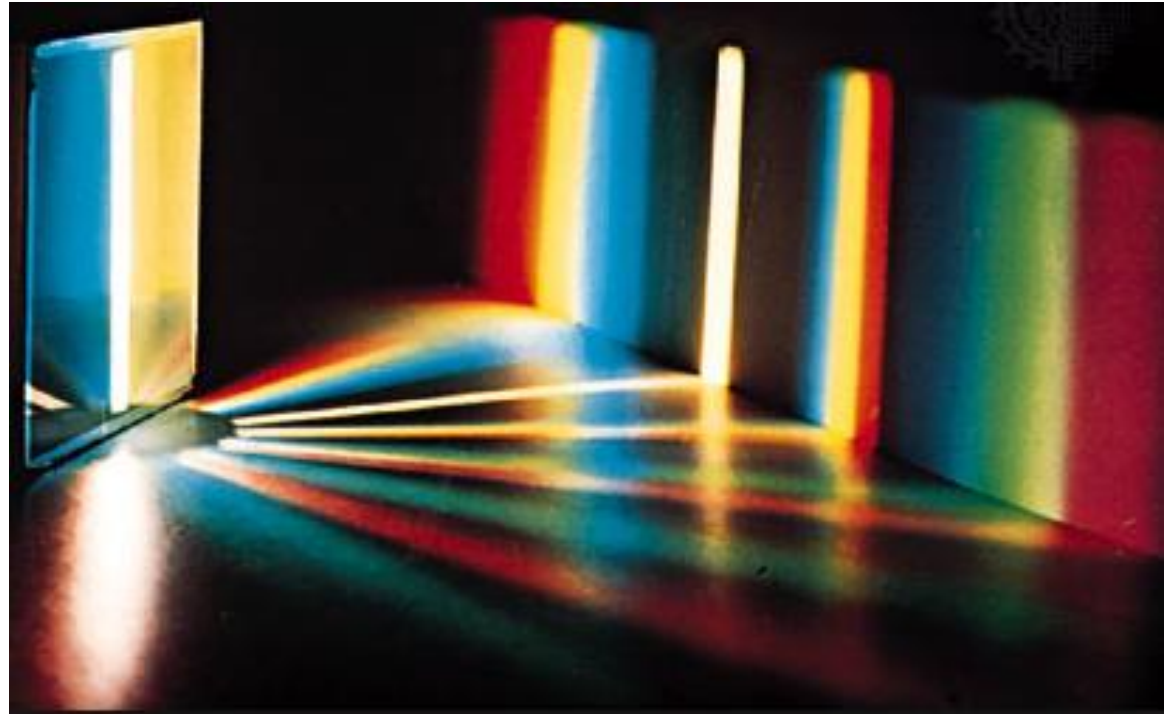
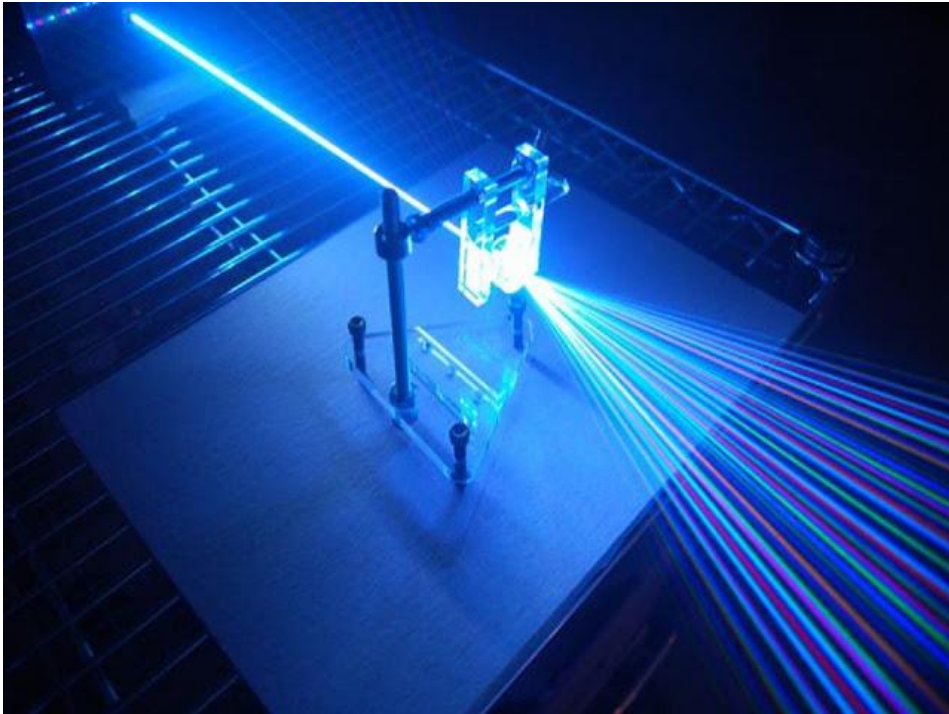
- Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang terdiri dari getaran medan listrik dan getaran medan magnet yang saling tegak lurus.
- Cahaya tidak memiliki muatan listrik sehingga bergerak lurus dalam medan magnet maupun medan listrik

Sifat-sifat Gelombang Elektromagnetik



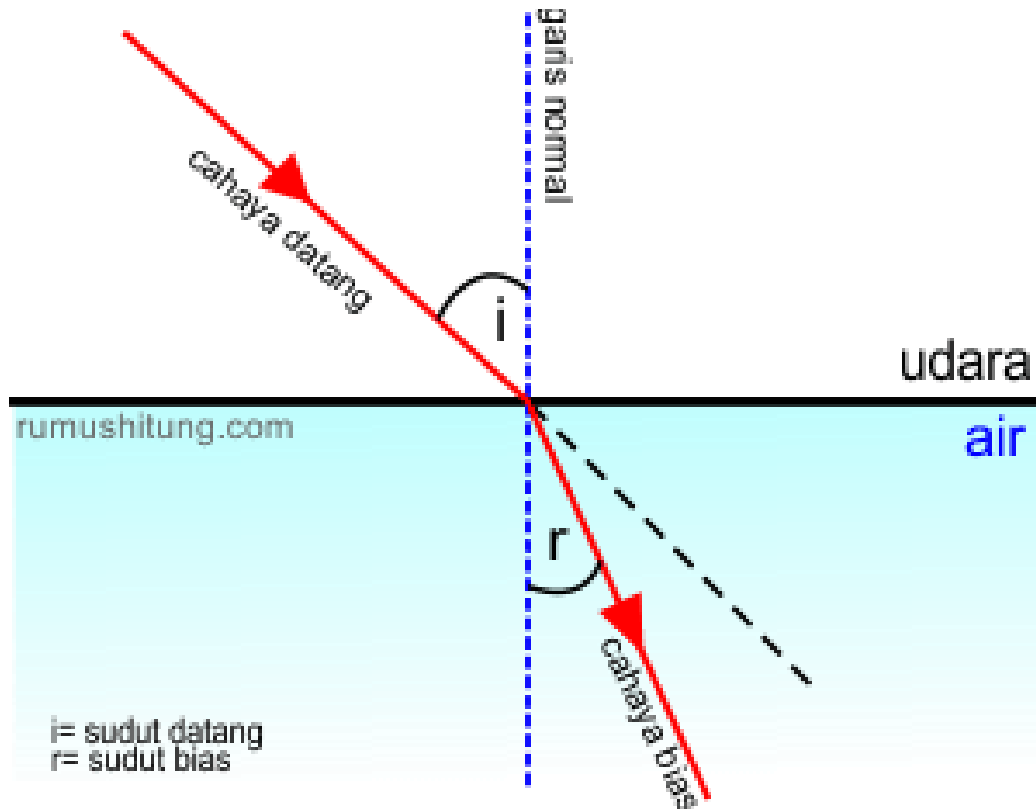
- Apabila cahaya/sinar ini melalui suatu polarisator maka sinar yang diteruskan mempunyai getaran listrik yang terletak pada satu bidang saja dan dapat dikatakan sinar terpolarisasi bidang (linear).

Sifat-sifat Gelombang Elektromagnetik



- Dalam peristiwa difraksi cahaya gelombang oleh sebuah celah, arah gelombang datang akan dihamburkan kedalam semua arah. Sehingga celah itu seolah-olah merupakan sumber gelombang baru yang menghasilkan gelombang yang merambat kesegala arah

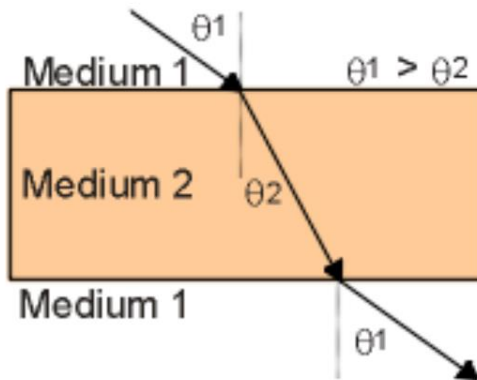
Sifat-sifat Gelombang Elektromagnetik



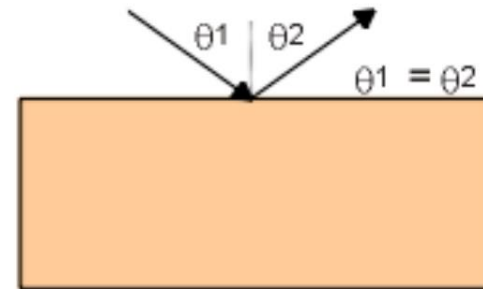
Pembiasan cahaya adalah pembelokan cahaya ketika cahaya melewati dua medium yang berbeda kerapatan optiknya..

Interaksi Radiasi Elektromagnetik

Transmission



Reflection



- Bila suatu radiasi elektromagnetik dilewatkan melalui materi, maka radiasi elektromagnetik tersebut akan berinteraksi dengan atom dan molekul dalam materi tersebut. Terdapat 4 interaksi yang mungkin terjadi:

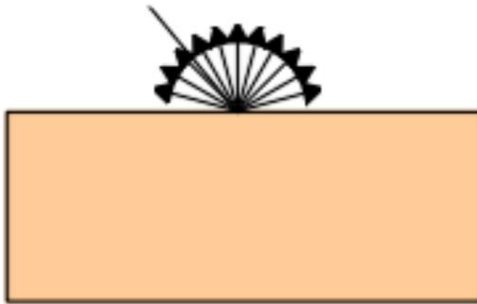
- **Transmisi** = diteruskan

- **Absorpsi** = diserap

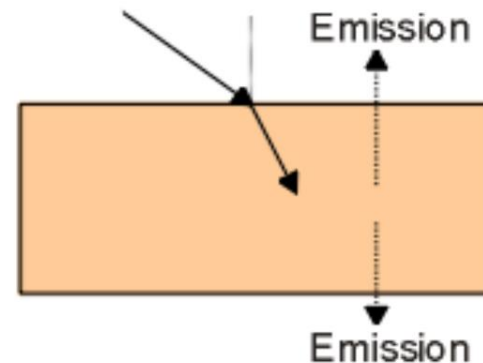
- **Refleksi** = dipantulkan

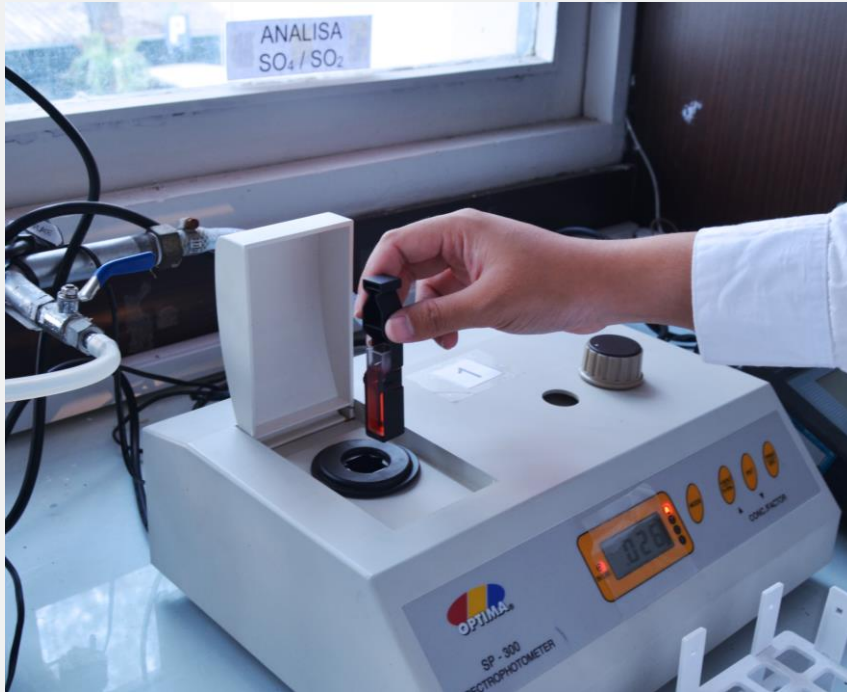
- **Scattering** = disebarakan ke segala arah atau dihamburkan

Scattering



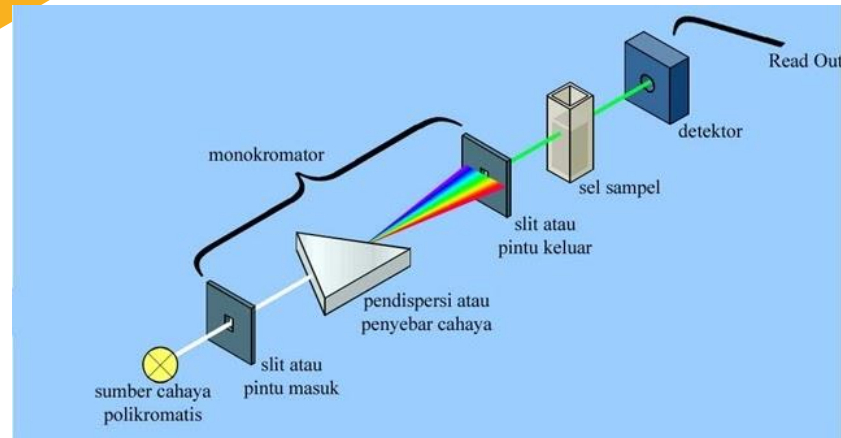
Absorption



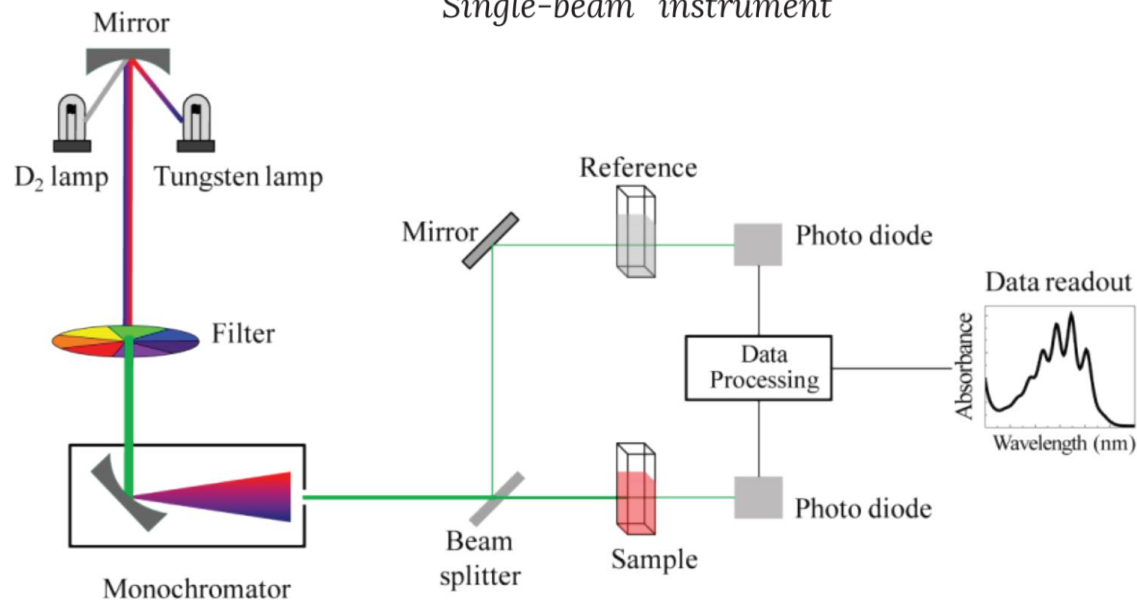


Aplikasi Interaksi Radiasi Elektromagnetik dalam Teknik Analisis Instrumentasi

Spektroskopi dan Spektrofotometri



Single-beam instrument

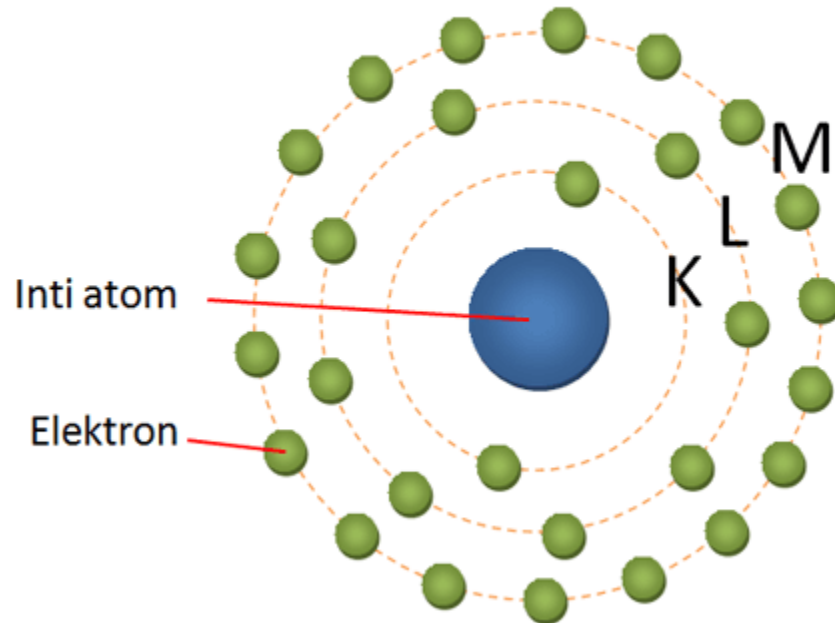


Double-beam instrument

- Spektroskopi dapat didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari interaksi antara cahaya dan materi
- Spektrofotometri merupakan suatu metode yang digunakan untuk menentukan, mengonfirmasi struktur molekul, dan untuk mengetahui kemurnian suatu senyawa.
- Analisis kimia dengan metode spektrofotometri didasarkan pada interaksi sinar (radiasi elektromagnetik) dengan materi. Materinya dapat berupa molekul, atom atau ion.
- Dalam interaksi dengan materi tersebut, radiasi elektromagnetik kemungkinan dapat diserap, diteruskan, dihamburkan atau ditransmisikan sehingga dikenal jenis spektroskopi absorpsi, spektroskopi emisi, spektroskopi *scattering/hamburan*, dan spektroskopi fluoresensi.

Eksitasi dan Emisi Elektron

Konfigurasi Elektron



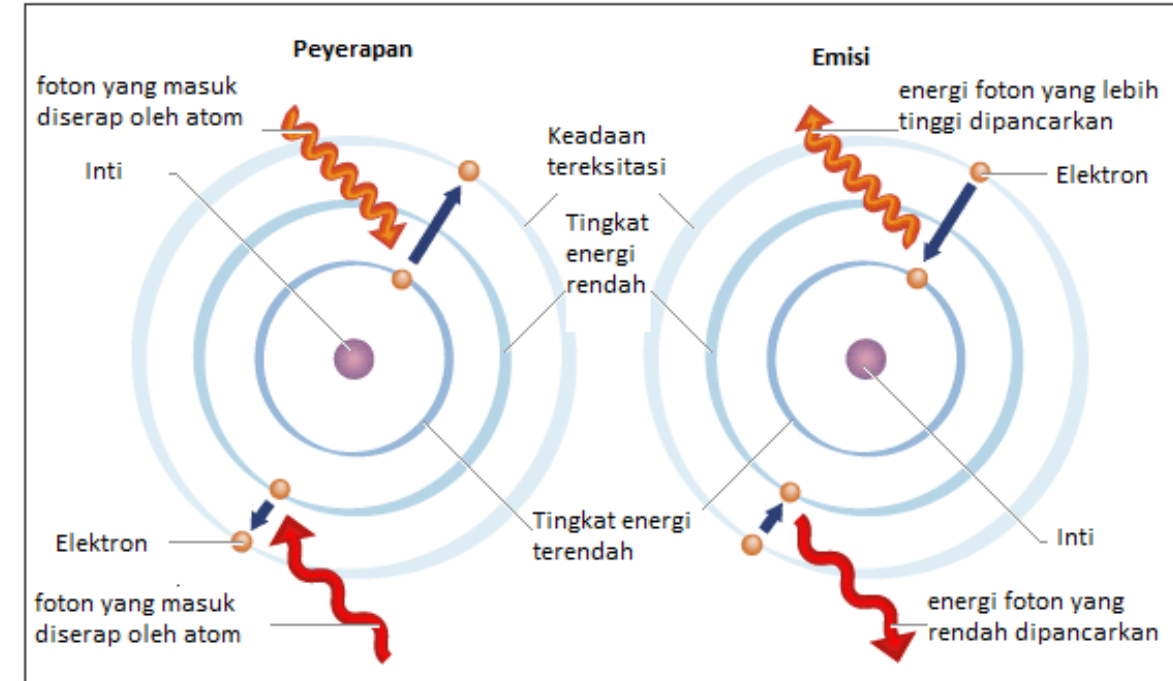
Elektron berada dalam kulit atom (teori atom Niels Bohr). Jumlah elektron maksimal tiap kulit sesuai rumus $2n^2$ dimana n merupakan nomor kulit.

Misal:

Kulit K (1) = 2 elektron

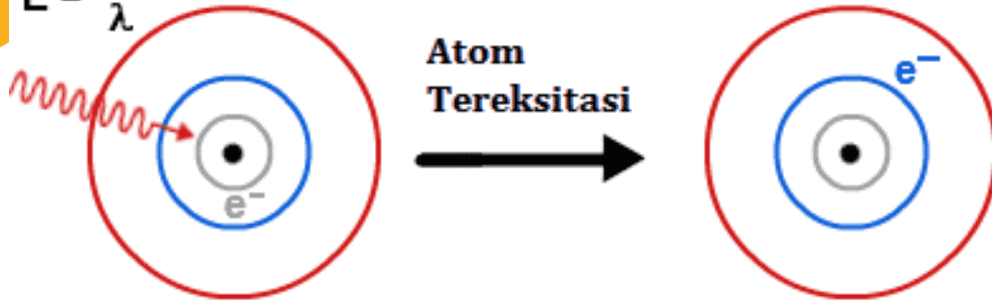
Kulit L (2) = 8 elektron

Kulit M (3) = 18 elektron

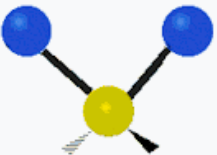
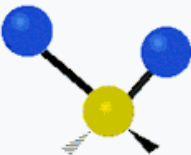
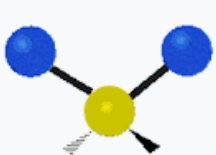
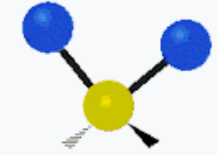


Spektroskopi Absorpsi

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

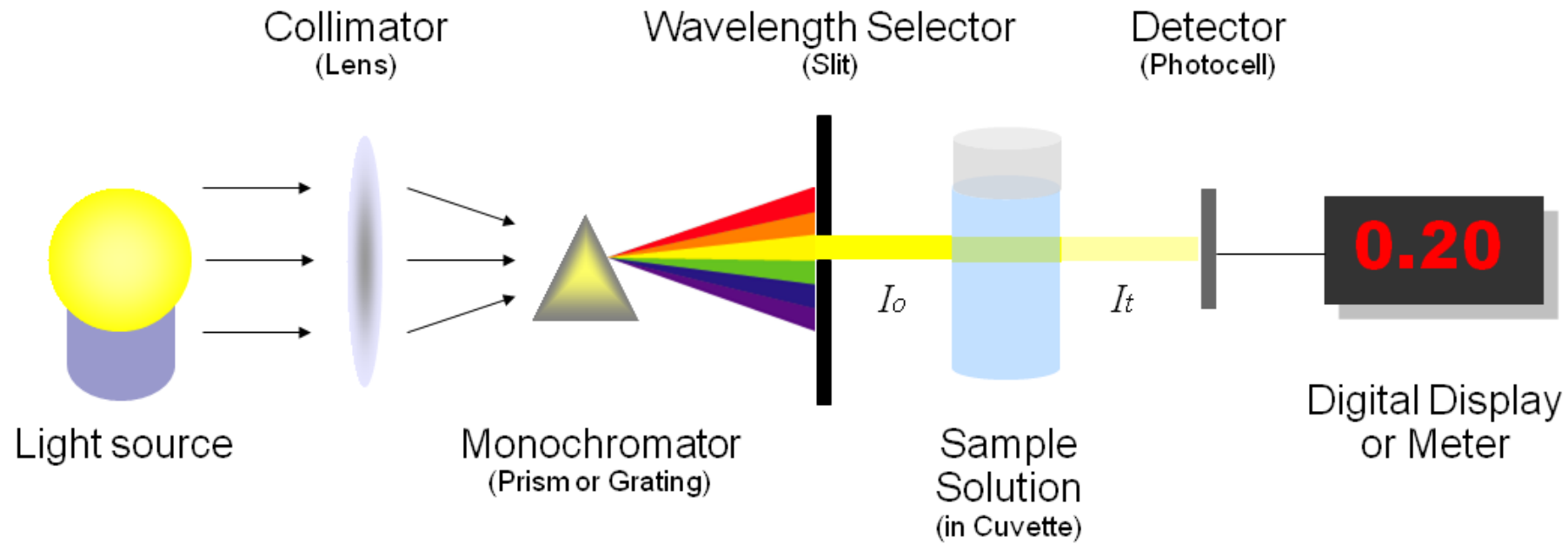


- Jika zat menyerap cahaya tampak dan ultraviolet maka akan terjadi perpindahan elektron dari keadaan dasar menuju ke keadaan tereksitasi.
- Perpindahan elektron ini disebut transisi elektronik. Apabila cahaya yang diserap adalah cahaya inframerah maka elektron yang ada dalam atom atau elektron ikatan pada suatu molekul dapat hanya akan bergetar (vibrasi). Sedangkan gerakan berputar elektron terjadi pada energi yang lebih rendah lagi misalnya pada gelombang radio.

Symmetrical stretching	Asymmetrical stretching	Scissoring (Bending)
		
Rocking	Wagging	Twisting
		

Jenis vibrasi electron pada absorpsi IR

Spektroskopi Absorpsi



- Jika cahaya putih dilewatkan melalui sebuah prisma, cahaya tersebut akan terdispersi. Jika panjang gelombang terdispersi ini dilewatkan melalui sel yang mengandung sampel atom atau molekul, cahaya yang ke luar tidak putih lagi. Beberapa dari gelombang cahaya berinteraksi dengan dan terabsorpsi oleh atom atau molekul yang terdapat dalam sel.
- Besarnya kemampuan molekul-molekul zat terlarut untuk mengabsorpsi cahaya pada panjang gelombang tertentu dikenal dengan istilah *absorbansi* (A), yang setara dengan nilai konsentrasi larutan tersebut dan panjang berkas cahaya yang dilalui

Hukum Lambert-Beer

“Jumlah radiasi cahaya tampak (ultraviolet, inframerah dan sebagainya) yang diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan merupakan suatu fungsi eksponen dari konsentrasi zat”.

Hukum Lambert-Beer dapat dinyatakan dalam rumus berikut:

$$A = \log I_0/I = a \cdot b \cdot c = \epsilon \cdot b \cdot c$$

A = absorban

a = absorptivitas ($\text{g}^{-1} \text{cm}^{-1}$)

b = lebar sel yang dilalui sinar (cm)

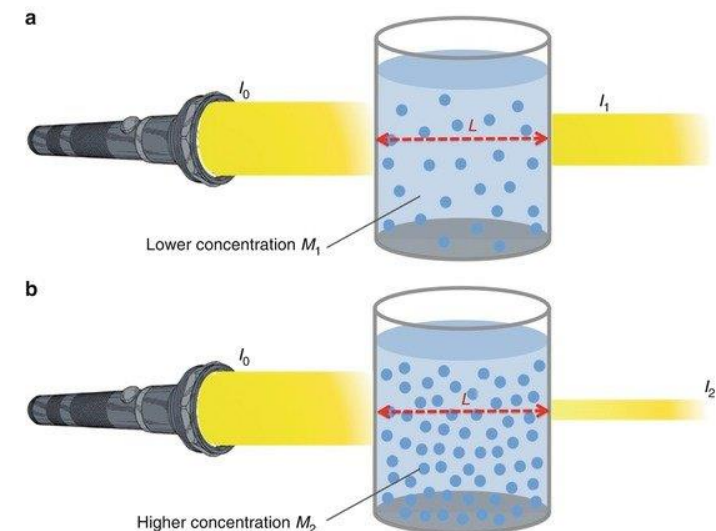
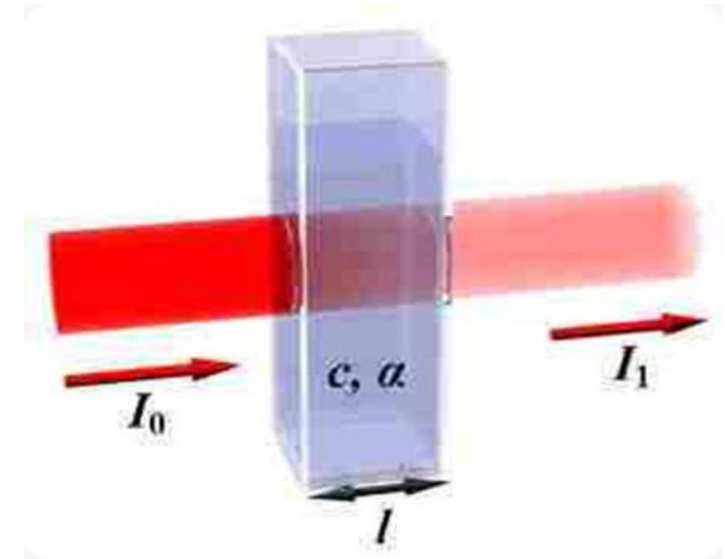
c = konsentrasi (mol/L)

ϵ = ekstinsi (absorptivitas) molar ($\text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$)

I_0 = intensitas sinar sebelum melalui sampel

I = intensitas sinar setelah melalui sampel

Cahaya yang melewati suatu larutan sampel akan diserap oleh setiap partikel terlarut dari sampel tersebut. Maka semakin banyak konsentrasi partikel terlarut di dalam suatu sampel, semakin banyak pula cahaya yang diserapnya



Spektroskopi Absorpsi



Spektrofotometer UV-VIS



Spektrofotometer Infra Merah (IR)



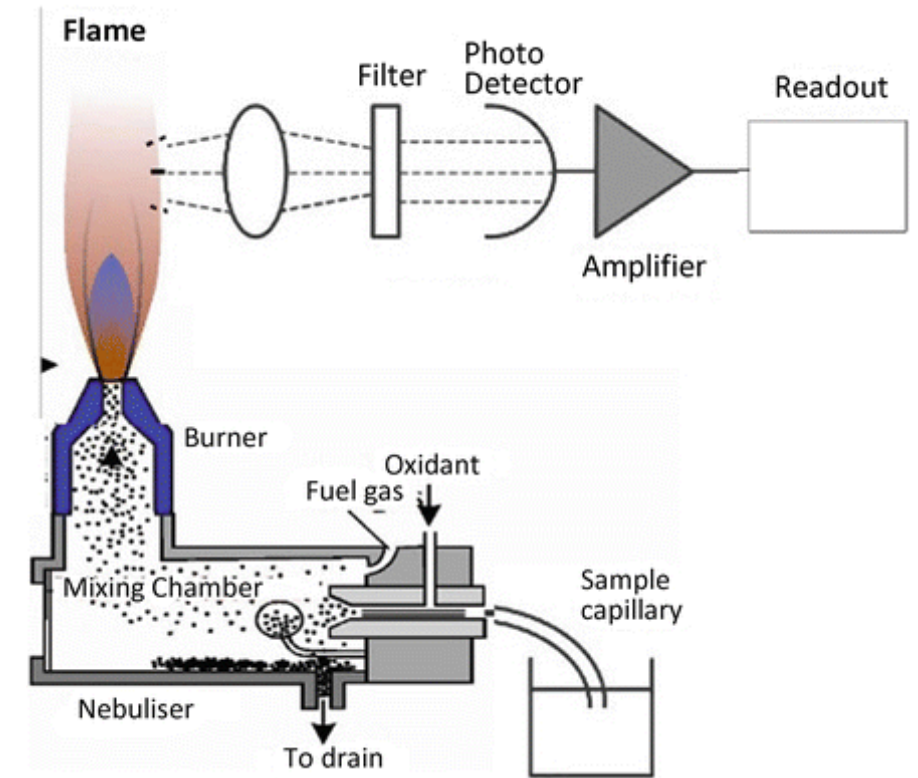
Spektrofotometer Serapan Atom



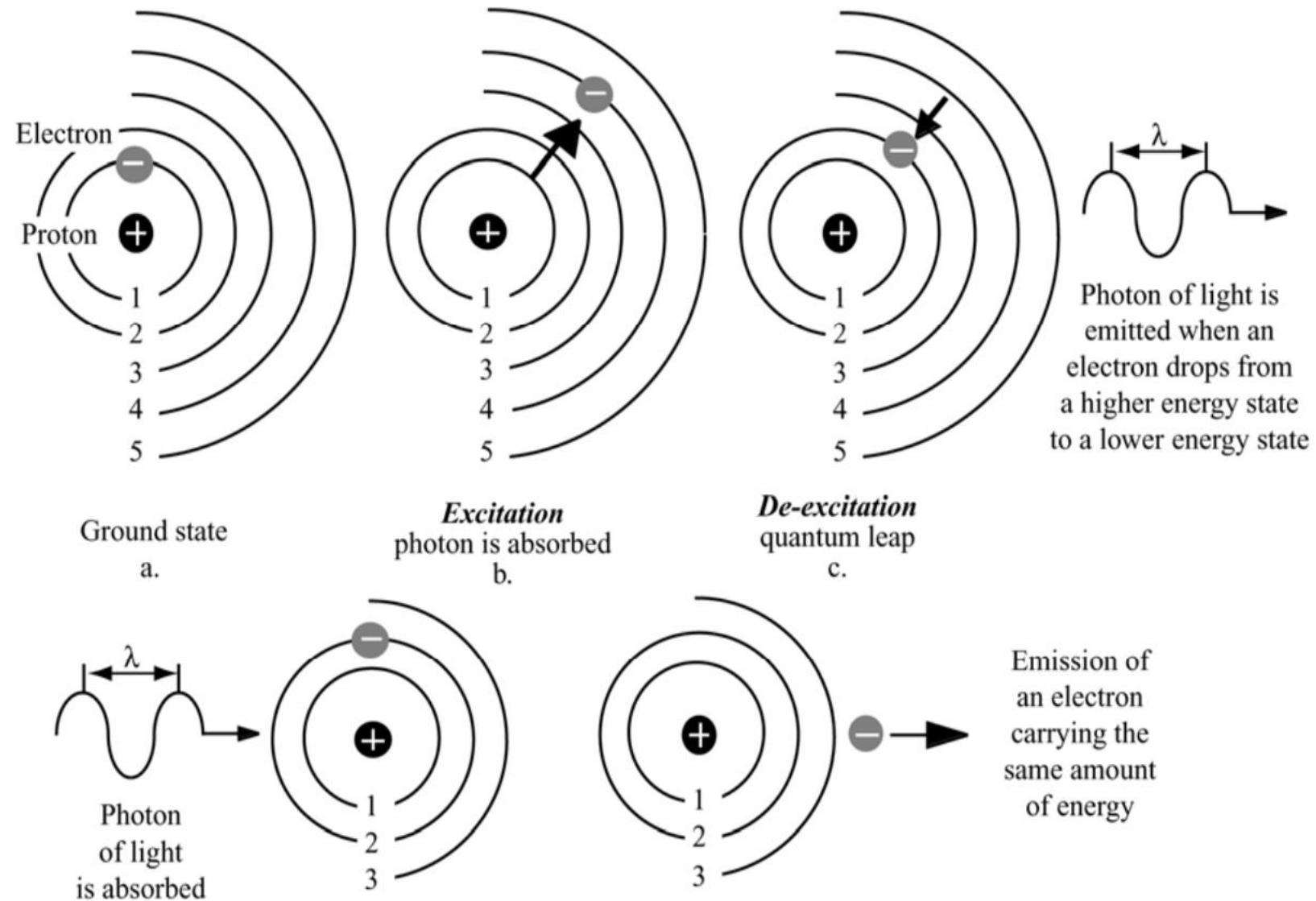
Spektrofotometer Resonansi
Magnet Inti (NMR)

Spektroskopi Emisi

- Spektroskopi emisi atau sering disebut fotometri nyala adalah metode pengukuran radiasi yang dipancarkan oleh populasi atom atau molekul yang tereksitasi. Pada fotometri nyala, emisi radiasi oleh bahan yang tereksitasi yang diukur. Setelah materi atau bahan mengemisi radiasi, bahan akan kembali ke keadaan energi yang lebih rendah.
- Jika elektron pada keadaan tereksitasi kembali ke tingkat energi yang lebih rendah, maka energi akan diemisikan dalam bentuk cahaya.



Creation of Light from Atomic Particles



Spektroskopi Emisi

- Spektroskopi emisi atom (AES) adalah metode analisis kimia yang menggunakan intensitas cahaya yang dipancarkan dari api, plasma, atau percikan pada panjang gelombang tertentu untuk menentukan jumlah suatu unsur dalam sampel. Pada metode ini zat dalam suatu larutan mengalami penguapan, dan dipecah menjadi atom terfragmentasi menjadi nyala atau plasma.



Fotometri Nyala

Spektroskopi Emisi



Spektrofotometer Emisi Atom



Spektrofotometer Emisi Optik (Arc/Spark-OES)



Inductively Coupled Plasma-Optical
(or atomic) Emission Spectrometry

Spektroskopi Fluoresensi

- Spektrofotometri fluoresensi merupakan suatu metode yang menggunakan pengukuran intensitas cahaya fluoresensi dengan membandingkan intensitas cahaya fluoresensi yang dipancarkan oleh zat uji dan oleh suatu baku pembanding tertentu.
- Fluoresensi adalah proses pemancaran radiasi cahaya oleh suatu materi setelah tereksitasi oleh berkas cahaya berenergi tinggi. Fluoresensi juga merupakan gejala dari suatu molekul setelah radiasi cahaya, dimana molekul tersebut akan melepas kembali radiasi tersebut dengan panjang gelombang yang lebih panjang.



Spektrofotometer UV-VIS

Fluoresensi dan Fosforesensi

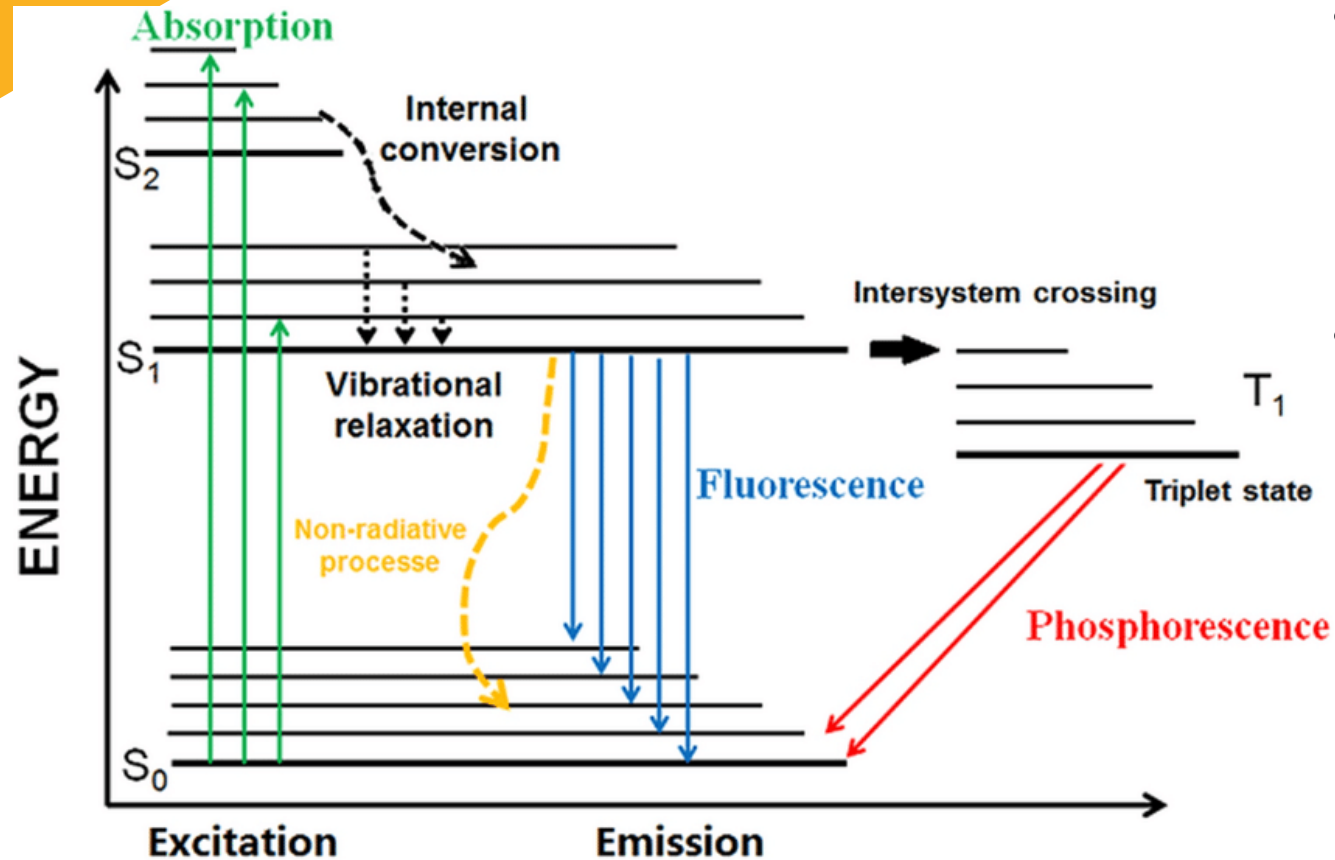


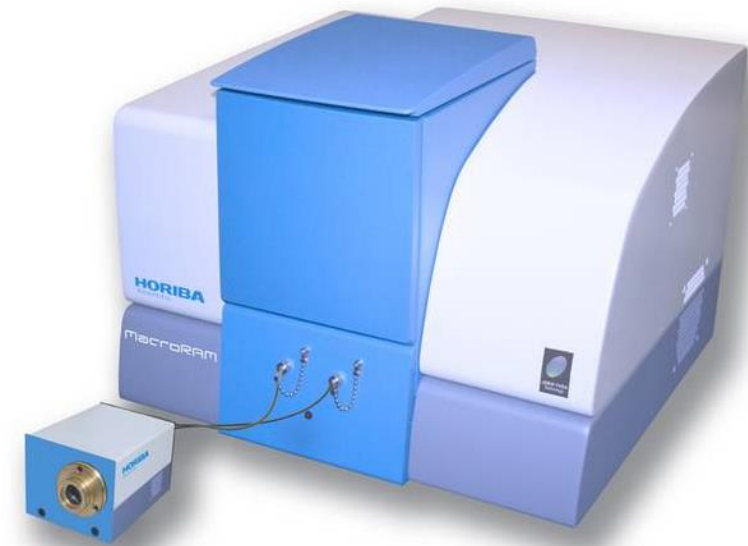
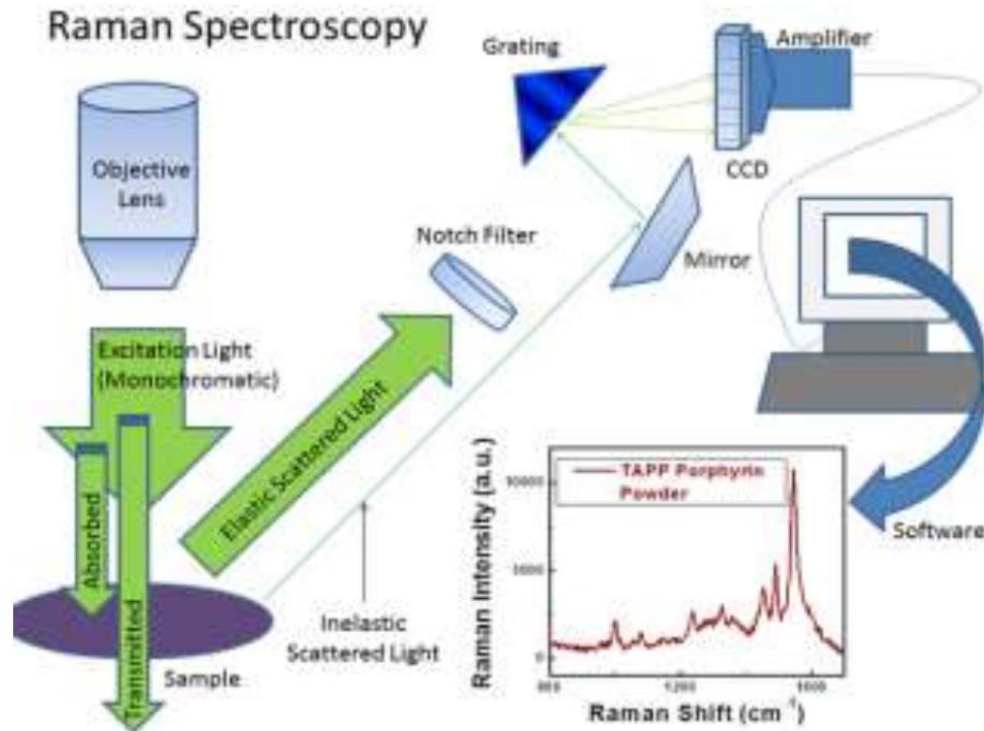
Diagram Jablonski

- Emisi cahaya terjadi karena proses absorpsi cahaya oleh atom yang mengakibatkan keadaan atom tereksitasi. Keadaan atom yang tereksitasi akan kembali keadaan semula dengan melepaskan energi yang berupa cahaya (de-eksitasi).
- Fluoresensi merupakan proses perpindahan tingkat energi dari keadaan atom tereksitasi (S_1 atau S_2) menuju ke keadaan stabil (*ground states*). Proses fluoresensi berlangsung kurang lebih 1 nano detik (terjadi hanya selama proses eksitasi) sedangkan proses fosforesensi berlangsung lebih lama, sekitar 1 sampai dengan 1000 mili detik (dimana apabila pancaran cahaya terjadi terus menerus meskipun tidak ada penambahan energi disebut fosforesensi. Fluoresensi sering juga disebut luminesensi).

Fluorescence	Phosphorescence
1. It is the emission of radiation when a substance which was on ground state excite to singlet state and return to ground state.	1. It is the emission of radiation when a substance in triplet excited state return to ground state.
2. Radiation is emitted only when light incident on them.	2. Radiation is emitted even after the light source is removed. It is called delayed fluorescence.
3. Substances exhibiting fluorescence are called fluorescent substances.	3. Substances exhibiting phosphorescence are called phosphorescent substances.
4. It involves immediate emission of light.	4. It involves delayed emission of light.
5. The excited state atom have short life time.	5. The excited state atom have long life time.
6. It do not involves the change in direction of spin.	6. It involves the change in direction of spin. The excited state molecule change the spin from singlet to triplet.
7. The time interval between absorption and emission is very short.	7. The time interval between absorption and emission is long.
8. The examples for fluorescent materials are flourspar, uranium glass with green light, solution of chlorophyll in ether etc.	8. The examples for phosphorescent materials are ruby, emerald, sulphated of Ca, Sr, Ba etc.

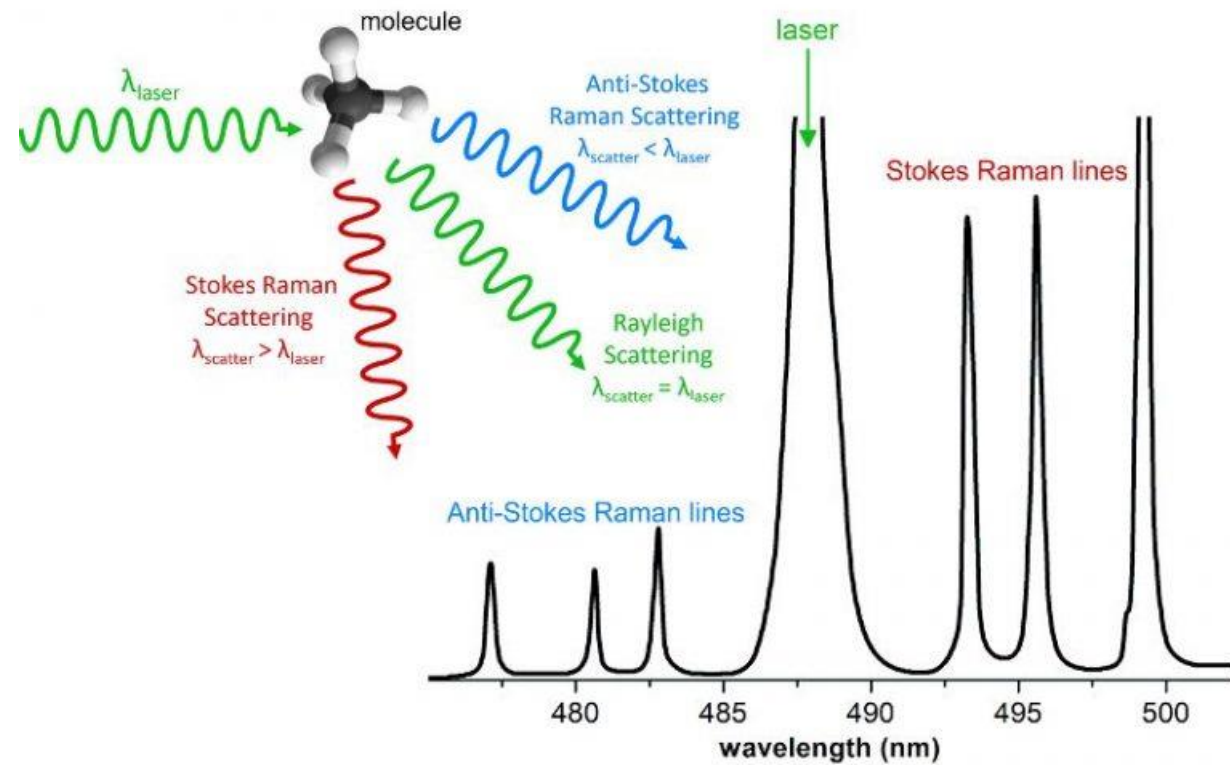
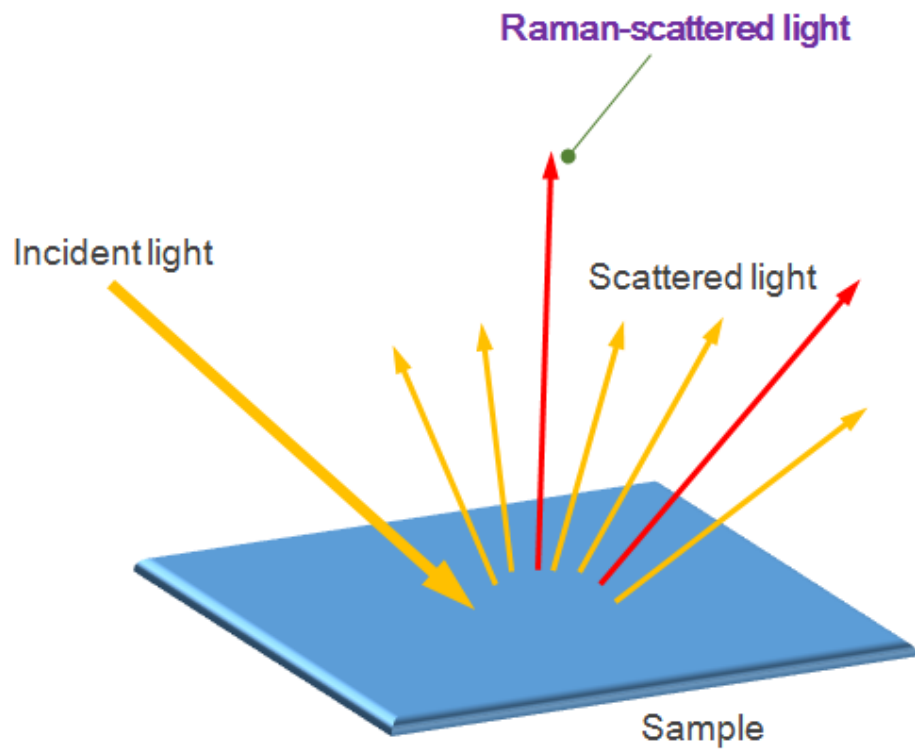
Fluorescence vs Phosphorescence		
More Information Online WWW.DIFFERENCEBETWEEN.COM		
	Fluorescence	Phosphorescence
DEFINITION	The emission of light by a substance that has absorbed light or other electromagnetic radiation.	The light emitted by a substance without combustion or perceptible heat.
TIME	Stops as soon as we take away the light source.	Tends to stay little longer even after we remove the irradiating light source.
MECHANISM	Takes place when excited energy is released, and the molecule comes back to the ground state from the singlet-excited stage.	Takes place when a molecule is coming back to the ground state form the triplet excited state (metastable state).
ENERGY RELEASED	Is higher than that in the phosphorescence.	Is lower than that in the fluorescence.
RELATIONSHIP BETWEEN THE ABSORBED AND RELEASED ENERGY	The absorbed amount of energy is released back.	Released energy is lower than what is absorbed.

Spektroskopi *Scattering*



Spektrofotometer Raman

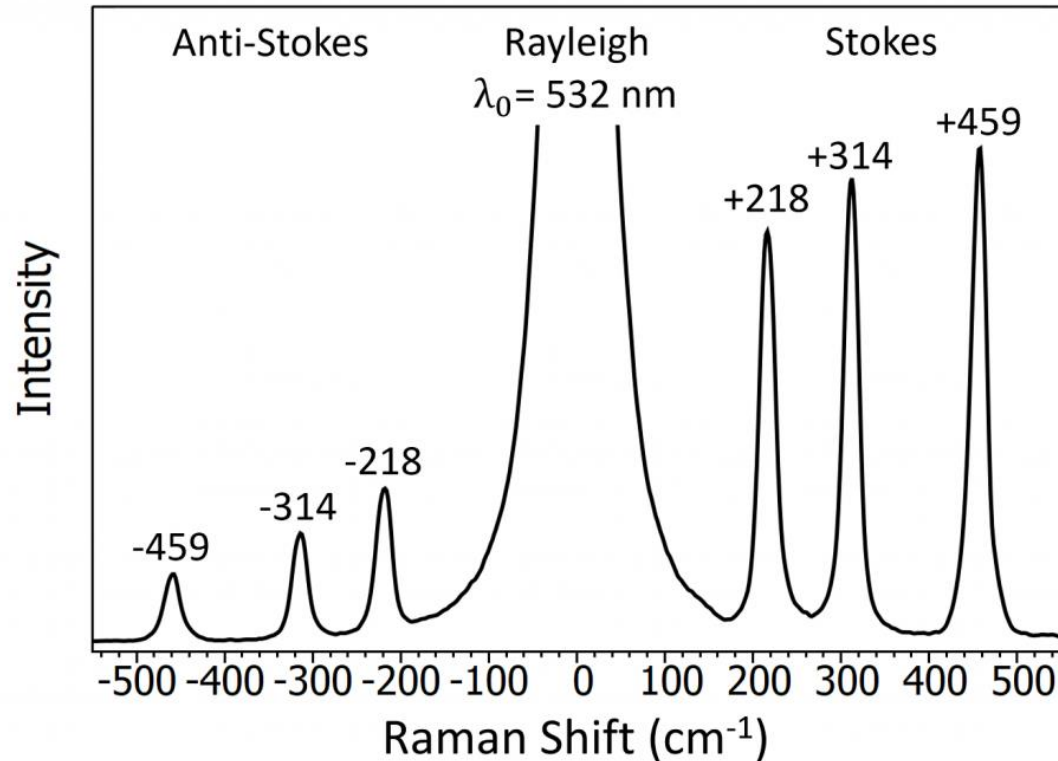
Spektroskopi Raman bekerja berdasarkan prinsip hamburan Raman. Ketika radiasi monokromatik mengenai sampel, radiasi yang dipantulkan diserap, atau dihamburkan. Foton cahaya yang dihamburkan memiliki frekuensi yang berbeda dengan foton datang karena adanya perubahan sifat vibrasi dan rotasi molekul, yang mengakibatkan perubahan panjang gelombang datang dan cahaya yang dihamburkan.



Ketika seberkas cahaya berintensitas tinggi jatuh pada molekul maka ia akan tersebar ke arah yang berbeda. Sebagian besar cahaya yang dihamburkan memiliki panjang gelombang yang sama dengan cahaya datang, ini disebut hamburan Rayleigh. Sejumlah cahaya dihamburkan pada panjang gelombang yang berbeda, ini disebut hamburan Raman.

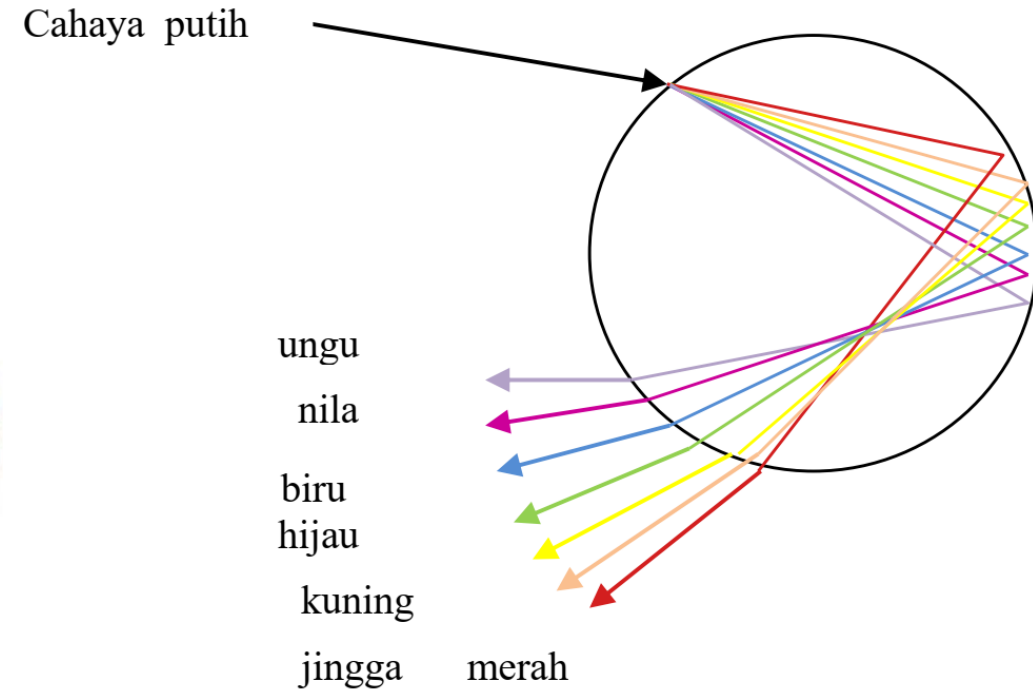
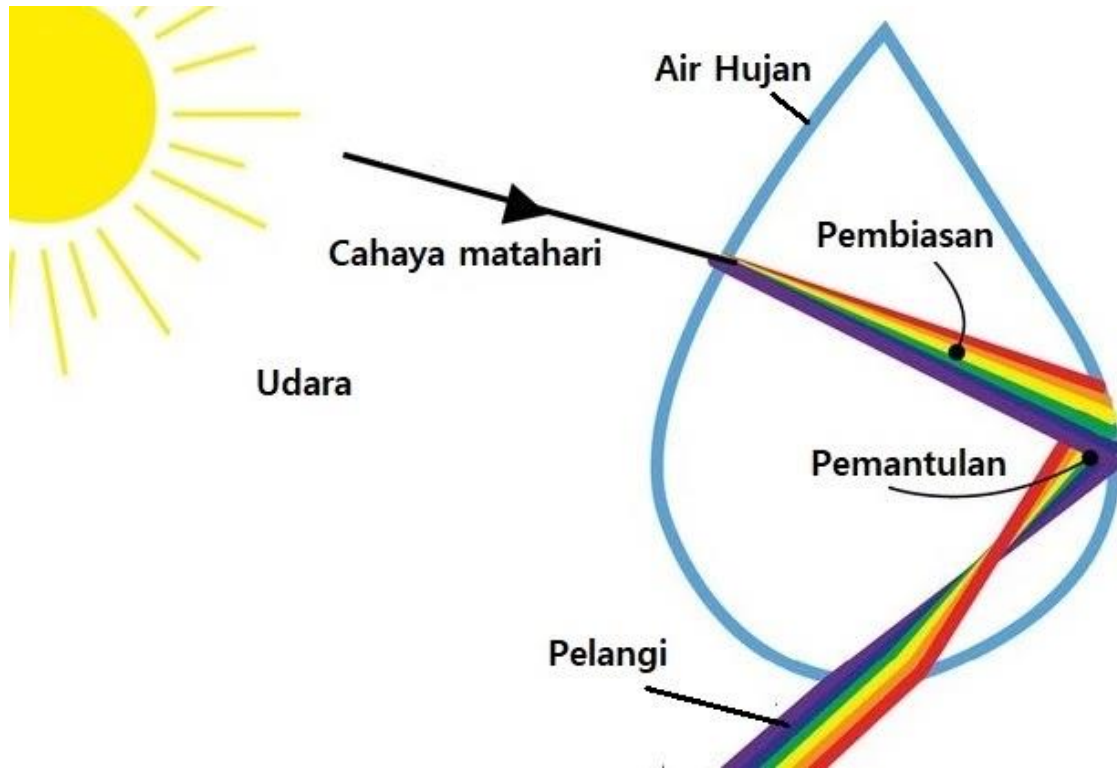
Perubahan frekuensi foton datang dan foton tersebar ini dikenal sebagai pergeseran Raman. Ketika foton yang tersebar memiliki lebih sedikit energi, maka panjang gelombang akan lebih panjang dari foton datang, itu disebut hamburan Stokes. Ketika foton yang tersebar memiliki lebih banyak energi, maka panjang gelombang yang lebih pendek daripada foton datang, hal itu disebut hamburan anti-stokes

Spektrum Raman



Hamburan Rayleigh tidak memberikan informasi apapun tetapi hamburan Raman memberikan spektrum Raman yang terdiri dari sejumlah puncak yang mewakili intensitas dan posisi panjang gelombang dari cahaya hamburan Raman. Setiap puncak menunjukkan energi vibrasi spesifik yang terkait dengan ikatan molekul. Dengan cara ini, spektroskopi Raman membantu menafsirkan struktur kimia suatu molekul.

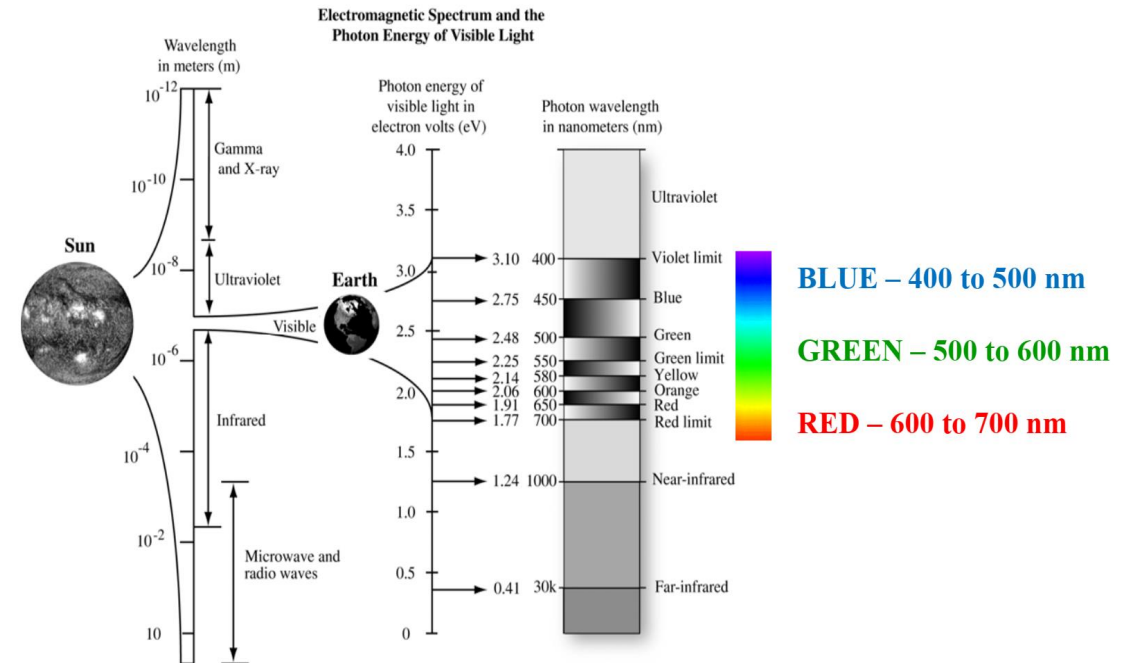
Fenomena Terjadinya Pelangi



Gambar 2. Skema pembentukan pelangi

- Beberapa saat setelah hujan turun yaitu ketika hujan turun rintik-rintik, partikel-partikel air memenuhi atmosfer, dan cahaya matahari yang masuk ke bumi terbiasakan oleh partikel air tersebut, masing-masing panjang gelombang terbiaskan/terbelokkan dengan sudut yang berbeda, hal ini disebabkan karena masing-masing warna yang terbiaskan mempunyai frekuensi dan panjang gelombang yang berbeda.

Fenomena Polarisasi Hamburan Cahaya (Langit berwarna biru)



- Sebelum sampai ke bumi, cahaya matahari telah melalui partikel-partikel udara di atmosfer sehingga mengalami hamburan Rayleigh oleh partikel-partikel di atmosfer tersebut.
- Hamburan Rayleigh adalah keadaan saat cahaya dengan gelombang pendek dihamburkan lebih banyak daripada cahaya dengan gelombang panjang.
- Oleh karena cahaya biru memiliki panjang gelombang lebih pendek daripada cahaya merah, maka cahaya itulah yang lebih banyak dihamburkan dan warna itulah yang kita lihat menjadi warna langit.

Referensi

- Dilli, R. (2022) 'Design and Feasibility Verification of 6G Wireless Communication Systems with State of the Art Technologies', *International Journal of Wireless Information Networks*. Springer US, 29(1), pp. 93–117. doi: 10.1007/s10776-021-00546-3.
- John R. Jensen (2007) *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Minneapolis, Amerika Serikat: Pearson Prentice Hall.
- Suarsa, I. W. (2015) *Spektroskopi*. Universitas Udayana.
- Suarsa, I. W. (2016) *Spektra Rotasi dan Vibrasi*. Universitas Udayana.
- Suhartati T, 2013. Dasar-dasar Spektrofotometri Uv-vis dan spektrometri Massa untuk Penentuan struktur Senyawa organic. Lampung: AURA.



Terima Kasih