Al-Muthanna University
College of Science
Department of Chemistry

Inorganic chemistry I

الكيمياء اللاعضوية I

المرحلة الأولى

المحاضرة الثانية

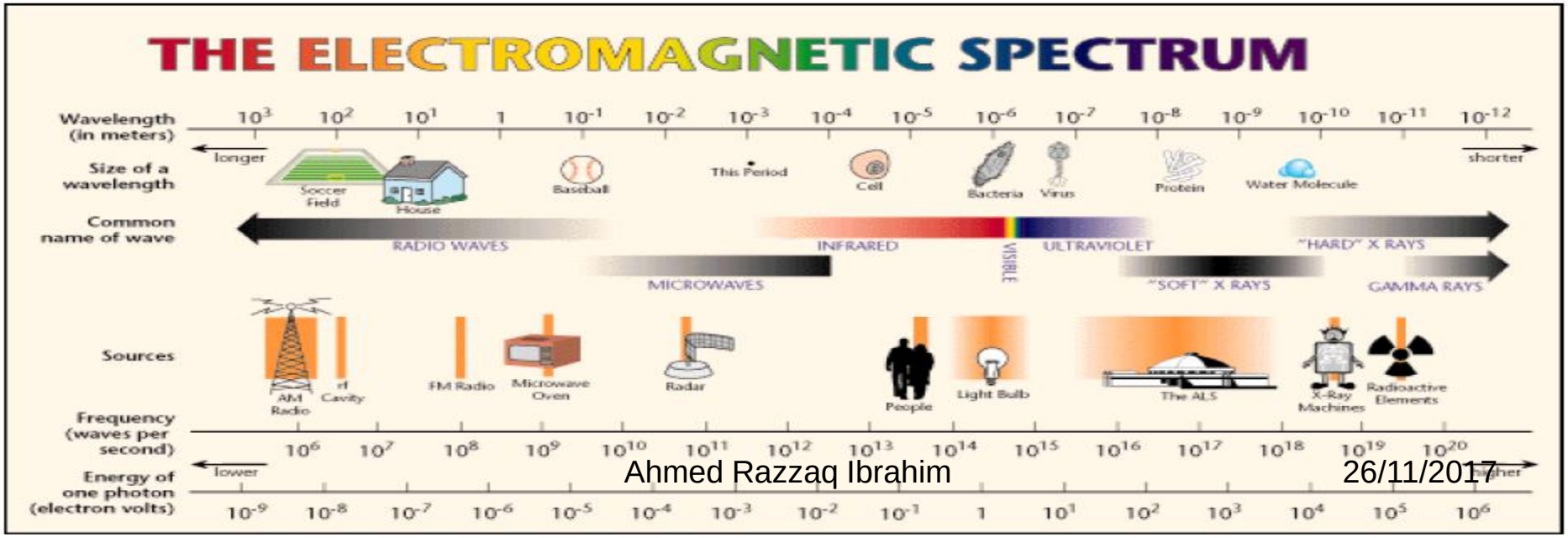
Ahmed Razzaq Ibrahim

أسس نظرية الكم Quantum Theory

الأشعاع الكهرومغناطيسي Electromagnetic Radiation

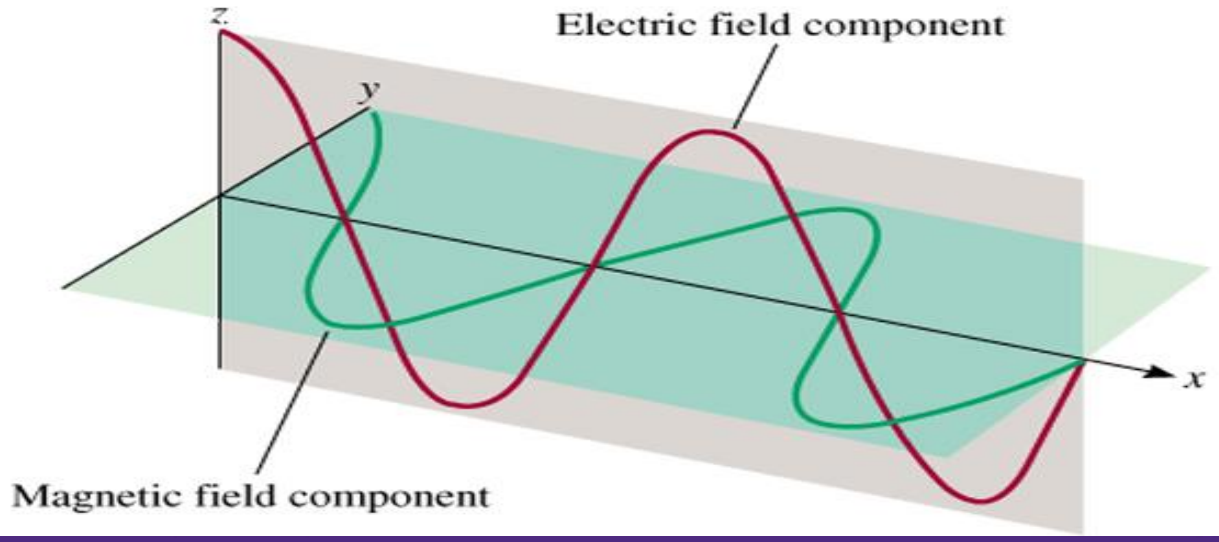
أشعة الجسم الأسود Blackbody Radiation

التأثير الكهروضوئي Photoelectric effect



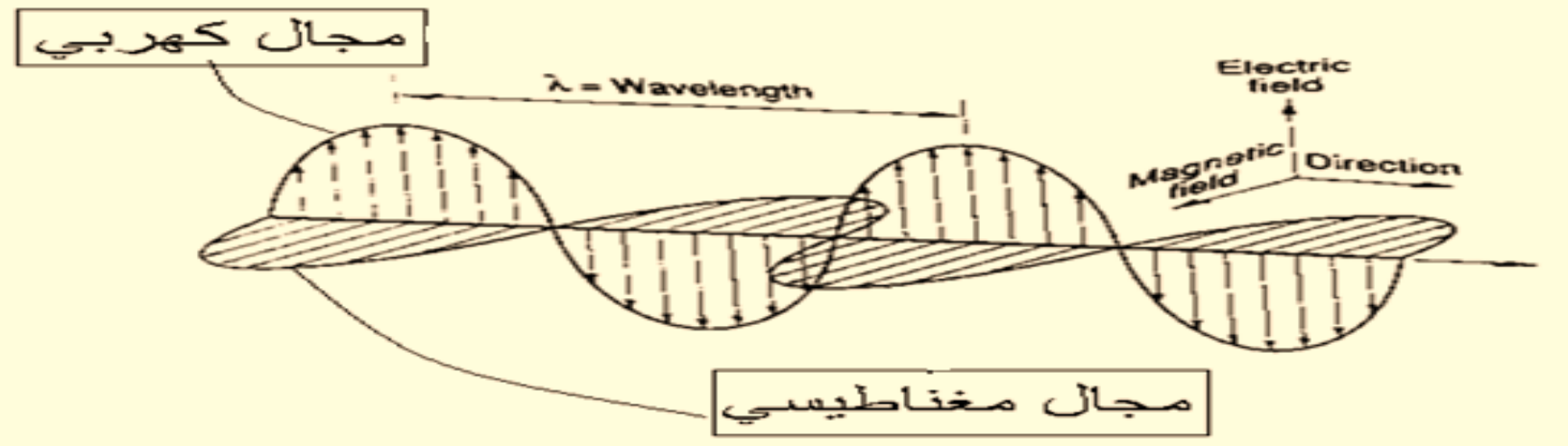
الأشعاع الكهرومغناطيسي Electromagnetic Radiation

يُعدُّ الضوء المرئي نوعًا من الإشعاع الكهرومغناطيسي، وهو شكل من أشكال الطاقة الذي يسلك السلوك الموجي في أثناء انتقاله في الفضاء. ومن الأمثلة الأخرى للإشعاع الكهرومغناطيسي الميكروويف الذي يستخدم في طهو الطعام، والأشعة السينية التي يستخدمها الأطباء لفحص العظام والأسنان، والموجات التي تحمل برامج المذياع والتلفاز إلى المنازل.



Wave properties of radiation
الخصائص الموجية للإشعاع

أفترض كل من هايجين وماكسويل كلا على انفراد ان الأشعاع ينتشر على شكل موجة مركزها مصدر الأشعاع وتسير بجميع الاتجاهات بسرعة مقدارها $3*10^8$ م/ثا وأن لموجة الأشعاع مركبتين متعامدتين كهربائية ومغناطيسية وعليه فأن أنتقال الأشعاع على هيئة موجة يضمن كلا المركبتين

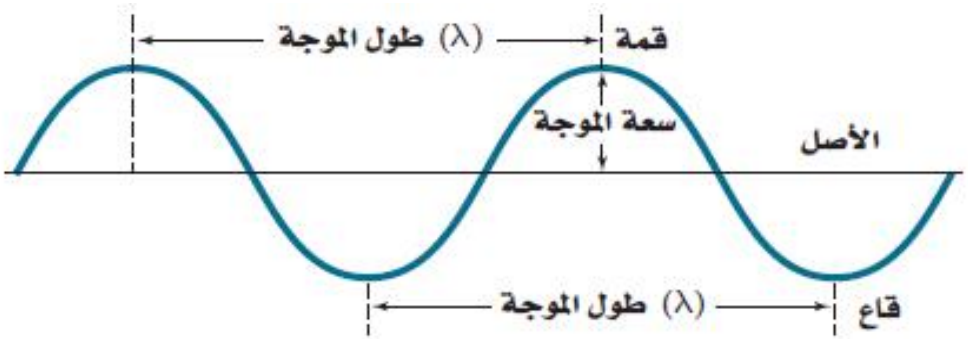


تعتمد الحركة الموجية على :-

الطول الموجي هو أقصر مسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين، كما هو موضح في الشكل **2b–1**. ويرمز له بالرمز اليوناني لمدا (λ) Lambda، ويقاس بالأمتار أو السنتمترات أو النانومترات ($1\,nm = 1 \times 10^{-9}\,m$).

التردّد هو عدد الموجات التي تعبر نقطة محددة خلال ثانية، ويرمز له بالرمز اليوناني ν (نيو)؛ ويقاس التردد بالهرتز Hz؛ وهو وحدة قياس عالمية تساوي موجة واحدة في الثانية. وفي الحسابات، يعبر عن التردد بوحدة موجة لكل ثانية، (1 / s) (s^{-1})، وعندما يعبّر عنه بهذه الطريقة، يتم فهم المقصود بالموجة. فعلى سبيل المثال:

652 Hz = 652 موجه/ ثانية أو 652 /s = 652 s^{-1}



الشكل 2–1 a. تُظهر الموجات المائية المتحدةُ المركزِ الصفات المميزة لكل الموجات.
b. السعة، والطول الموجي، والتردد مميزات رئيسة للموجات.

تنتقـل الموجات الكهرومغناطيسـية – ومنها الضوء المرئي – بسرعة ثابتـة 3.00×10^8 m /s في الفراغ، ويرمز لسرعة الضوء بالرمز c، وهي تساوي حاصل ضرب الطول الموجي (λ) للضوء في تردده (υ).

معدل سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

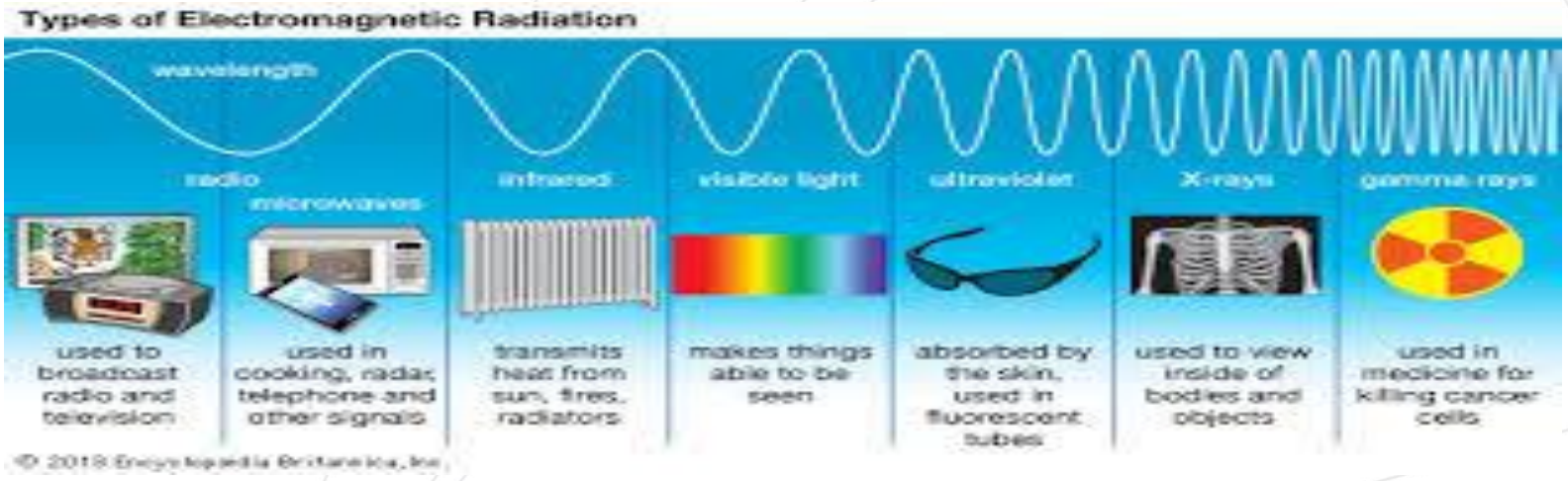
حيث، c سرعة الضوء في الفراغ.

$$c = \lambda \upsilon$$

λ الطول الموجي.

υ التردد.

سرعة الضوء في الفراغ تساوي حاصل ضرب التردد في الطول الموجي.



قوانين متعلقة بالضوء و بالإلكترون وانتقالاته

C سرعة الضوء

$C=3\times10^{8}m/s=3\times10^{10}cm/s$

ν التردد

λ طول الموجة

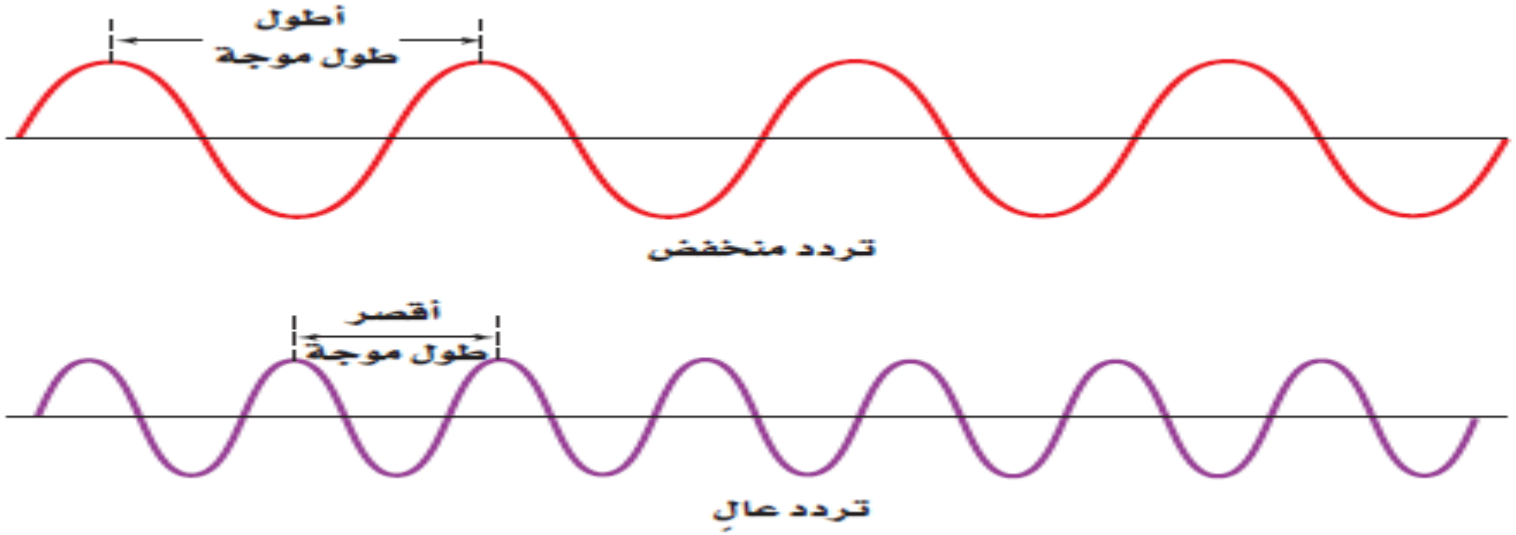
$\bar{\nu}$ العدد الموجي هو عدد الموجات لوحدات الطول الموجي وهو مقلوب الطول الموجي

$C=\lambda\nu$,

$\bar{\nu}=\frac{1}{\lambda}$ or $\lambda=\frac{1}{\bar{\nu}}$,

$C=\frac{\nu}{\bar{\nu}}$

على الرغم من تساوي سرعة الموجات الكهرومغناطيسية جميعها في الفراغ إلا أنه قد يكون للموجات أطوال موجات وترددات مختلفة. وكما ترى من المعادلة في الصفحة السابقة، فإن الطول الموجي والتردد يتناسبان عكسيًّا أحدهما مع الآخر. ولفهم هذه العلاقة على نحوٍ أفضل، تفحّص الموجتين المرسومتين في **الشكل 3-1**. فعلى الرغم من أن كلتا الموجتين تنتقلان بسرعة الضوء إلاّ أنك تستطيع ملاحظة أن الموجة الحمراء لها طول موجة أكبر وتردد أقل من الموجة البنفسجية.

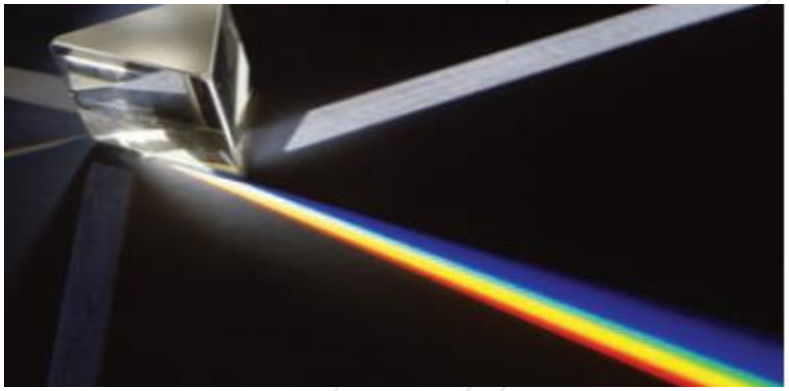


الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic spectrum

وهو عبارة عن سلسلة من الموجات المتصلة التي تسير بسرعة الضوء والتي تختلف في التردد والطول الموجي فقط ويحتوي الطيف على اشكال الاشعاع الكهرومغناطيسي كلها .

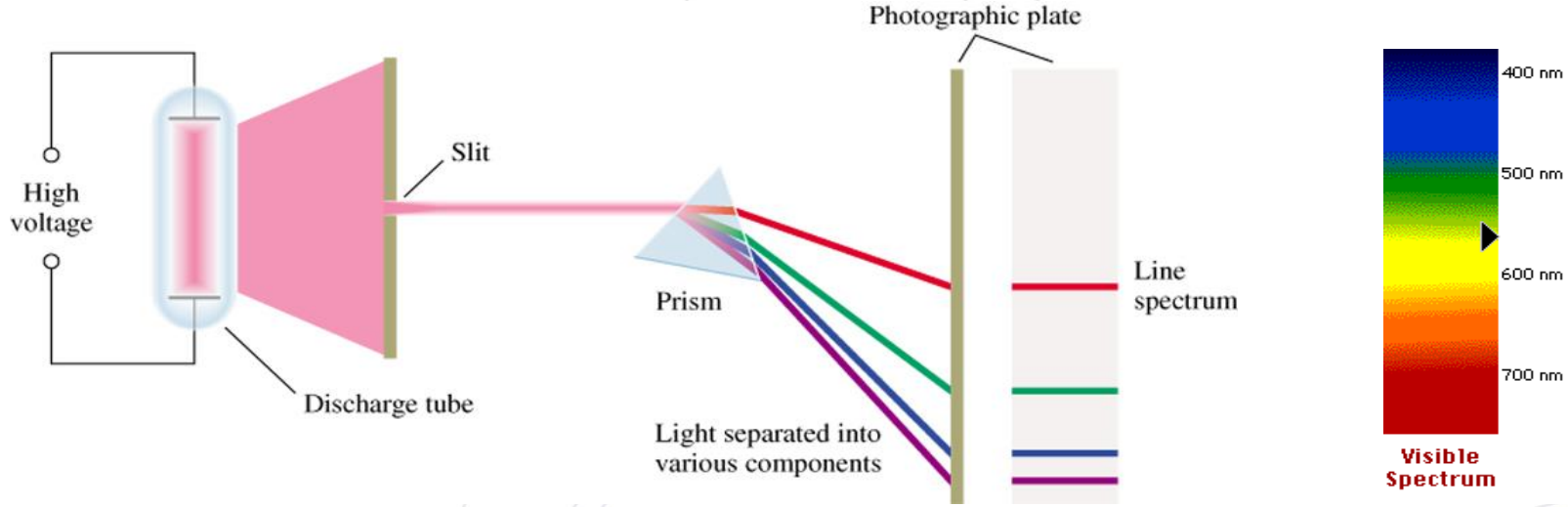
تختلف زاوية ميل الاشعاع بأختلاف الطول الموجي أثناء مروره خلال المنشور مما ينتج عنه سلسلة من الالوان (أحمر –برتقالق –اصفر – اخضر –ازرق –نيلي-البنفسجي) .

تزداد الطاقة كلما ازداد التردد

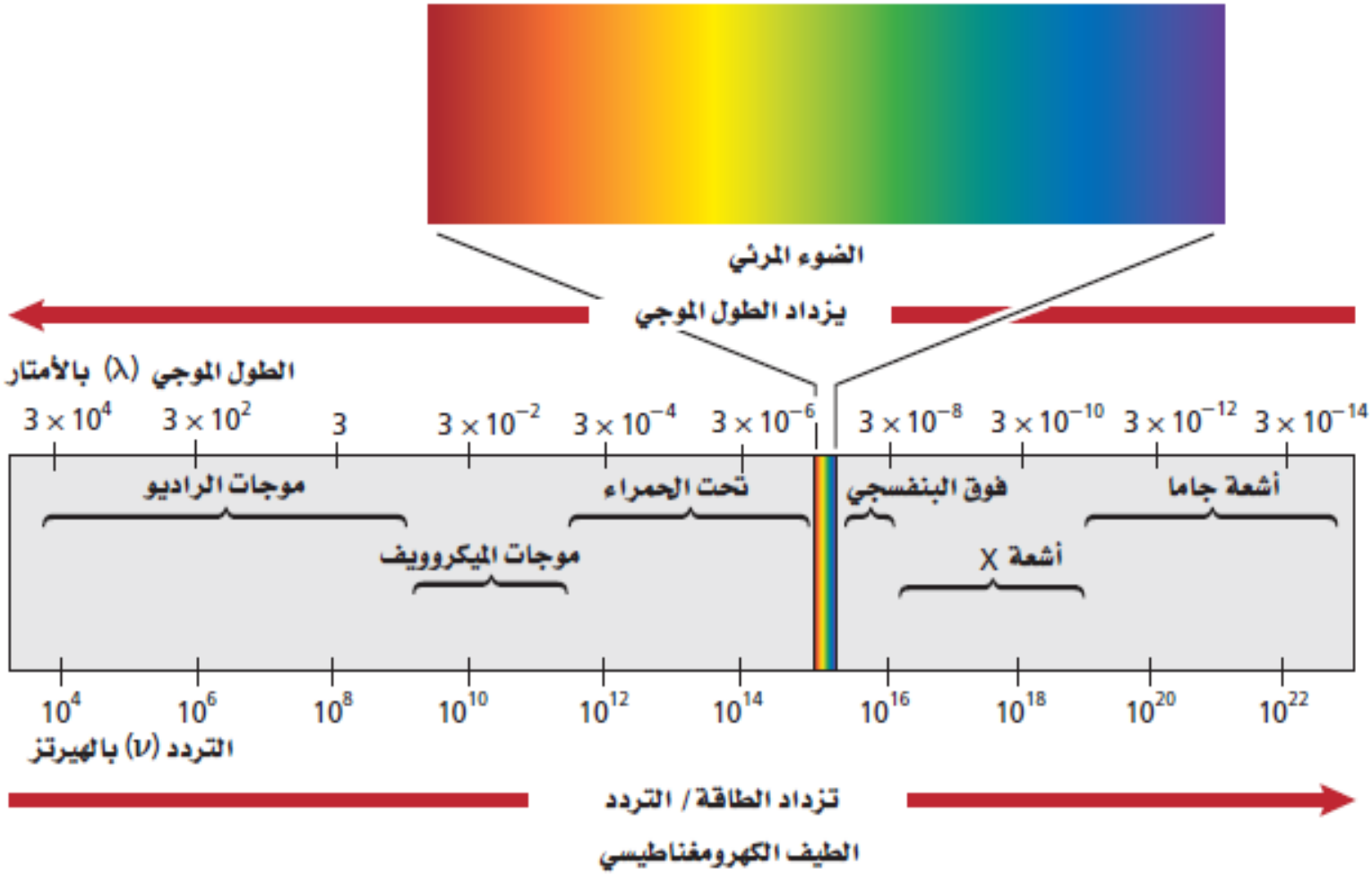


الشكل 4—1 عندما يمر الضوء الأبيض عبر منشور ينفصل إلى مكوّناته المختلفة كطيف متصل: الأحمر، والبرتقالي، والأصفر، والأخضر، والأزرق، والنيلي، والبنفسجي.

تتعرض أجسامنا للإشعاع الكهرومغناطيسي من مصادر متنوعة. فبالإضافة إلى الإشعاع الصادر من الشمس، ينتج عن النشاطات الإنسانية إشعاعات تشمل موجات الراديو والتلفزيون، ومحطات تقوية الهاتف، والمصابيح، ومعدات الأشعة السينية الطبية، كما تساهم المصادر الطبيعية على الأرض مثل البرق، والنشاط الإشعاعي الطبيعي، في ذلك. وتعتمد معرفة الكون على الإشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث من الأجسام البعيدة التي تُرصد بأجهزة متخصصة على الأرض.



الشكل 5–1 يشمل الطيف الكهرومغناطيسي مدى واسعًا من الترددات، ويشكّل جزء الطيف المرئي منه حيزًا ضيقًا جدًا. وكلما زادت الطاقة والتردد، قل الطول الموجي.



dangers الإخطار	uses الاستخدام	نوع الإشعاع
cancer and mutations deep in the body الجرعة الزائدة منها تسبب تغيرات وراثية	Radiotherapy, streilise surgical equipments تعقيم الأدوات الجراحية و علاج السرطان الإشعاع	Gamma Rays اشعة غاما
cancer and mutations deep in the body الجرعة الزائدة منها تسبب السرطان و تغيرات وراثية	Medical scanning for broken bones and to inspect luggage in airport security الكشف عن كسور العظام و فحص الحقائب في المطارات	X- Rays الأشعة السينية
skin cancer and cataracts سرطان الجلد و إعتام عدسة العين	Security marking كشف التزوير للعملة Insect capture صيد الحشرات	Ultra Violet (UV) فوق البنفسجية
Very bright light can damage the retina الإضاءة الشديدة تتلف شبكية العين	seeing الرؤيا وإرسال الرسائل بالألياف الضوئية optical fibers Photography التصوير	Visible Light الضوء المرئي
High intensity can burn the skin and retina الشدة العالية تسبب حروق في الجلد	See in the dark Remote control devices for TV الرؤيا و التصوير في الظلام اجهزة التحكم عن بعد في التلفاز	Infra Red (IR) الأشعة تحت الحمراء
قتل الخلايا الحية	الاتصالات عبر الأقمار الصناعية للهواتف النقالة و الطبخ	Microwaves أمواج الميكروويف
	Communication الاتصالات الإذاعية	Radio waves الأمواج الراديوية

Communication	X – ray
These waves are used to inspect luggage in airport security	Gamma ray
Emitted by the laser in CD & DVD drives	Infra red
The waves used for TV remote controls	Radio waves
Used for mobile phones and radar	Visible light
These waves have the longest wavelength in EM spectrum	Microwaves
The highest frequency wave in the EM spectrum	Ultra violet

حساب الطول الموجي لموجة كهرومغناطيسية تستخدم موجات الميكروويف في طهي الطعام، ونقل المعلومات. فما الطول الموجي لموجات الميكروويف التي ترددها $3.44 \times 10^9\ \text{Hz}$؟

1 تحليل المسألة

تردد موجة الميكروويف معطى. وتعرف أيضًا أن موجات الميكروويف هي جزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يرتبط كل من سرعته وتردده وطول موجته مع المعادلة $c = \lambda v$؛ حيث قيمة c معروفة وثابتة. لذا قم أولاً بحل المعادلة للحصول على الطول الموجي، ثم عوض القيم المعروفة لحسابه.

المعطيات

$v = 3.44 \times 10^9\ \text{Hz}$

$c = 3.00 \times 10^8\ \text{m/s}$

المطلوب

$\lambda = ?\ \text{m}$

2 حساب المطلوب

حل المعادلة التي تربط بين السرعة والتردد والطول الموجي للموجة الكهرومغناطيسية للحصول على الطول الموجي (λ).

اكتب معادلة معدل سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

$$c = \lambda v$$

حل لإيجاد λ

$$\lambda = c / v$$

عوض قيم $c = 3.00 \times 10^8\ \text{m/s}$ ، و $v = 3.44 \times 10^9\ \text{Hz}$

$$\lambda = \frac{3.00 \times 10^8\ \text{m/s}}{3.44 \times 10^9\ \text{Hz}}$$

لاحظ أن الهرتز يساوي $1/\text{s}$ أو s^{-1}

اقسم الأرقام والوحدات

$$\lambda = \frac{3.00 \times 10^8\ \text{m}/\cancel{\text{s}}}{3.44 \times 10^9\ \cancel{\text{s}}^{-1}}$$

$$\lambda = 8.72 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

المحطة الرديوية اف ام تبث برامجها بترددHz $91.5x10^6$
ماهو الطول الموجي لهذه الموجة الرديوية بالمتر ؟

محطة راديو ترددها Hz $68x10^4$، احسب الطول الموجي التي تبث عليه إذا كانت سرعة الموجة $3x10^8$ m/s.

محطة راديو تبث على طول موجي m $25x10^3$، احسب التردد الذي تبث عليه المحطة إذا كانت سرعة الموجة $3x10^8$ m/s.

ما الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي الذي تردده 5.00×10^{12} Hz؟ وما نوع هذا الإشعاع؟

مفهوم الكم تشع الأجسام ضوءًا عند تسخينها، انظر **الشكل 6–1** الذي يوضح هذه الظاهـرة؛ إذ تبدو قطعة الحديد رمادية داكنة عند درجة حرارة الغرفة، ولكنها تتوهج باللون الأحمر عند تسخينها بصورة كافية، ثم تتحول إلى اللون البرتقالي، ثم إلى اللون الأزرق إذا سـخنت أكثر. وسـوف تتعلم أنَّ درجة حرارة الجسم مقياس لطاقة حركة الجسـيمات المكونة له. فكلما سـخن الحديد أصبحت طاقته أكبر، ويبعث ألوانًا مختلفة من الضوء ذات ترددات وأطوال موجية مميزة لها.

الشـكل 6–1 يعتمـد طـول موجة الضـوء المنبعـث من فلز سـاخن، مثـل الحديد الموجود عـن اليمـين، علـى درجـة الحـرارة. فالحديد رمـادي في درجة حرارة الغرفة ويتحول أولاً إلى اللون الأحمر، ثم إلى البرتقالي الوهاج.

فسّر العلاقة بين اللون ودرجة حرارة الفلز.

لم يستطع النموذج الموجي تفسير انبعاث هذه الأطوال الموجية المختلفة. وفي عام 1900م بدأ الفيزيائي الألماني ماكس بلانك (1858 – 1947م) البحث عن هذه الظاهرة عندما كان يدرس الضوء المنبعث من الأجسام الساخنة. وقادته هذه الدراسة إلى استنتاج مدهش وهو: أنه يمكن للمادة أن تكتسب أو تخسر طاقة على دفعات بكمية صغيرة محددة تُسمى الكم. والكم هو أقل كمية من الطاقة يمكن أن تكتسبها الذرة أو تفقدها.

اقترح بلانك أن الطاقة المنبعثة من الأجسام الساخنة مُكمّاة، ثم أثبت رياضيًا وجود علاقة بين طاقة الكم وتردد الإشعاع المنبعث.

طاقة الكم

$$E_{quantum} = h\nu$$

حيث E طاقة الكم

h ثابت بلانك

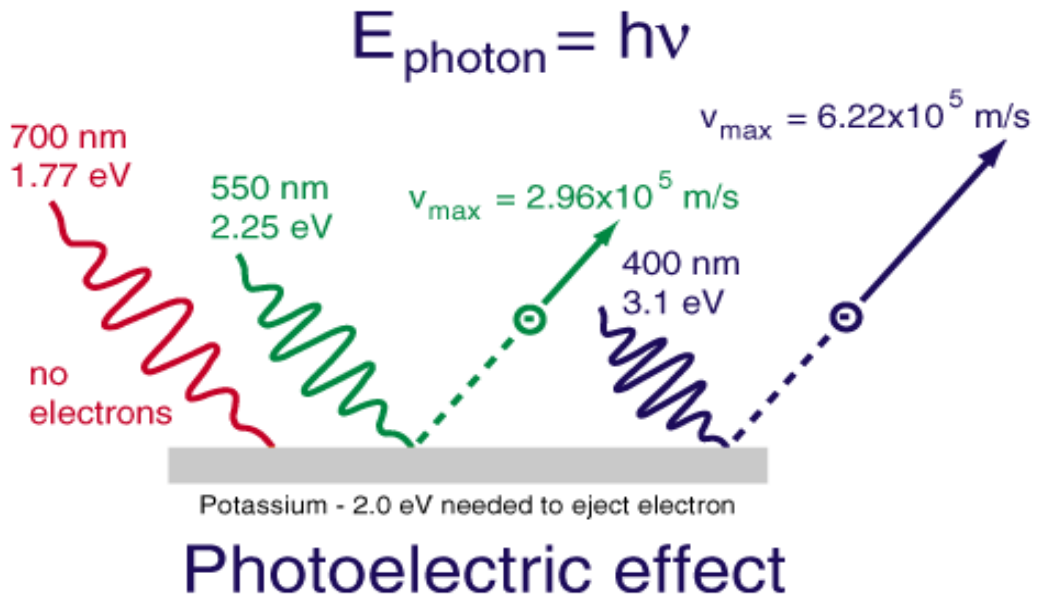
ν التردد

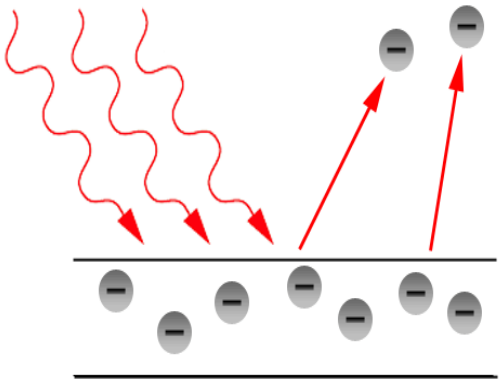
طاقة الكم تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الضوء.

ثابت بلانك يساوي 6.626×10^{-34} J.s حيث J رمز الجول، وهو وحدة الطاقة العالمية. وتظهر المعادلة ازدياد طاقة الإشعاع بازدياد تردده ν.

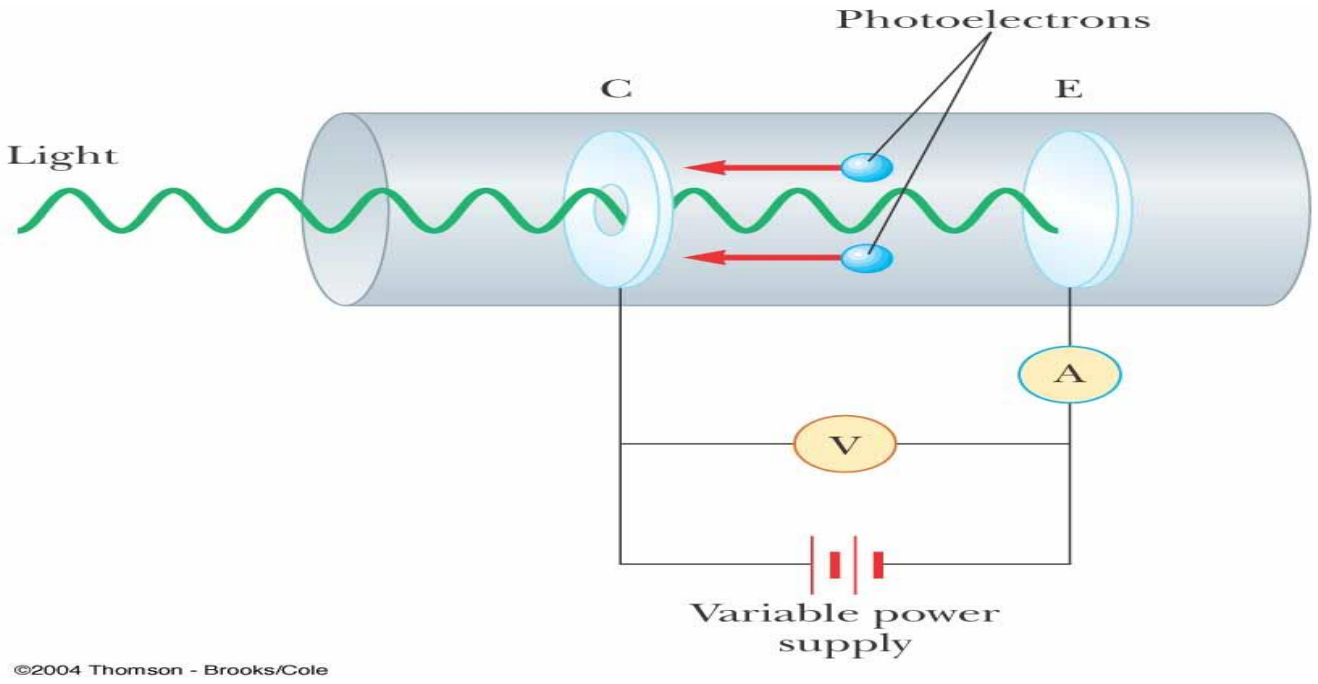
التأثير الكهروضوئي photoelectric effect

هو أنبعاث الالكترونات من الاجسام الصلبة والسائلة والغازية عند أمتصاص الطاقة من الضوء حيث تسمى الالكترونات المنبعثة من هذه الظاهرة بالالكترونات الضوئية **photoelectrons**





- يتكون الجهاز من اسطوانة مفرغة من الهواء تحتوي على قطبين أحدهما موجب E والاخر سالب C ، يغطى القطب C بفلز نشط او مركب لفلز نشط او سبيكة لذلك الفلز النشط مع عناصر اخرى كالفضة والقصدير .وقد اختير فلز السيزيوم لصنع الخلايا الكهروضوئية بسبب كونه يفقد الكترونه بسهولة كبيرة جدا .



- وفي سنة 1887 لاحظ هرتز عند سقوط اشعة كهرومغناطيسية مثل الاشعة فوق البنفسجية على سطح الفلز فان الالكترونات تنتقل من القطب السالب الى القطب الموجب ويمكن ان تكشف وتسجل عن طريق الاميتر (مقياس لشدة التيار الكهربائي)وهذا يعني ان للفلز القدرة على تحويل الاشعة الضوئية الى اشعة كهربائية .
- ان الالكترونات تنبعث عندما يكون تردد الاشعة فوق البنفسجية يزيد على قيمة محددة تدعى بالتردد الحرج

النتائج العملية :-

١- لاتعتمد الطاقة الحركية للالكترونات على شدة الضوء الساقط بل على تردده

٢- يتناسب عدد الالكترونات المنبعثة من الفلز مع شدة الضوء الساقط عليه

٣- تتناسب طاقة الالكترونات المنبعثة مع تردد الضوء الساقط

- ان نظرية نيوتن الجسيمية اعطت تفسيرا على ان الضوء هو عبارة عن سيل من الدقائق الجسيمية الصغيرة التي تدعى بالفوتونات photons

$$E_{photon} = h\nu$$

ان كمية الطاقة اللازمة لازاحة الكترون من سطح الفلز تدى دالة الشغل work function وتختلف قيمتها من فلز لاخر اعتمادا على جهد التاين للفلز

- ولما كان الفوتون جسيم صغير يحمل كما محددا من الطاقة مقدارها hv فقد اقترح اينشتاين انه عند اصطدام فوتون بسطح فلز تنتقل طاقة الفوتون الى احد الالكترونات فيتحرر الكترون وعندها تكون Ephoton اكبر من دالة الشغل W فان الالكترون لا يتحرر فقط من الذرة وانما يكتسب طاقة حركية مقدارها 1/2mv2

$$E_{photon} = h\nu = W + \frac{1}{2}mv^2$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = h\nu - w$$

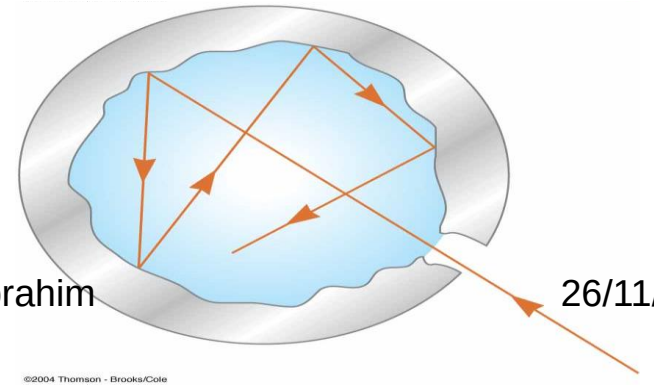
- يتضح من المعادلة الاخيرة انه اذا كان تردد الاشعاع الساقط واطئ جدا فأن طاقة الفوتون تكون اقل من دالة الشغل لازاحة الالكترون من السطح الفلز
- كما انه ليس من الممكن للالكترون امتصاص طاقة فوتونين لكل واحد منهما تردد دون التردد الحرج
- التردد الحرج **critical frequency** هو التردد اللازم لتحرير الالكترون فقط دون اعطائه طاقة حركية اي ان

$$W = hv$$

Blackbody Radiation أشعة الجسم الأسود

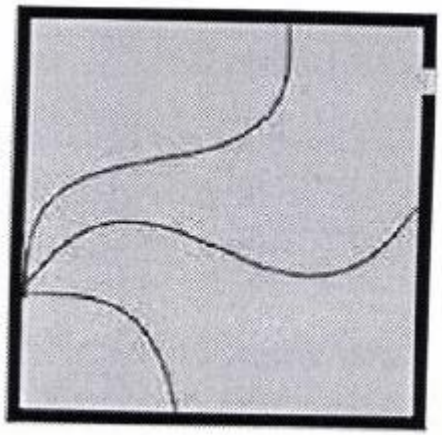
لا شك إن ظاهرة إشعاع الجسم الأسود نلاحظها في حياتنا اليومية فعند تسخين جسم ما مثل الحديد نلاحظ إن الجسم عندما ترتفع حرارته يبدأ في إشعاع لون قريب من اللون الأحمر وعندها تكون درجة حرارة الجسم تقارب 700 درجة مئوية ثم بزيادة الحرارة يتحول إلى اللون البرتقالي وهكذا حتى يصل إلى اللون الأبيض والذي يدل على أن الجسم وصل إلى درجة جرارة 1200 درجة مئوية. فمثلاً فتيلة المصباح الكهربي التي تعطي الضوء الأبيض فإن حرارتها ترتفع بمرور التيار الكهربي فيها إلى إن تصل درجة الحرارة إلى 1200 درجة مئوية.

ينبعث إشعاع كهرومغناطيسي من كل الأجسام عند أية درجة حرارة يتواجد عندها ويسمى بالإشعاع الحراري. كمية هذا الإشعاع الحراري المنبعث من الجسم يزداد بزيادة درجة حرارة ويقل بنقصانها. كما أن الأجسام تتبادل الحرارة بينها وبين الوسط المحيط بها إذا اختلفت درجات الحرارة بينهما، فإذا كانت درجات الحرارة متساوية ففي هذه الحالة يكون الجسم في حالة اتزان حراري Thermal Equilibrium أي إن ما يمتصه الجسم من أشعة حرارية من الوسط المحيط به لكل وحدة زمن تساوي ما ينبعث منه.



ما هو الجسم الأسود

تعتمد الأشعة المنبعثة من الجسم بالإضافة إلى درجة حرارته على عدة عوامل مثل نوع مادة الجسم ولذلك تم تعريف جسم مثالي عبارة عن جسم اسود قادر على امتصاص كافة الأشعة الساقطة عليه وهذا الجسم عبارة عن صندوق مجوف له ثقب صغير فإذا سقط شعاع إلى داخل الصندوق من خلال الثقب فإن الشعاع ينعكس على جدران الصندوق الداخلي حتى يتم امتصاصه بالكامل.



توزيع الانبعاث الحراري الصادر عن الجسم الأسود

بدراسة الانبعاث الحراري المنبعث من الجسم الأسود عند درجات حرارة مختلفة وجد عملياً أن هناك نتيجتان هما:

* النتيجة الأولى: أن هناك توزيعاً معيناً لشدة الإشعاع المنبعث من الصندوق الأسود كدالة في الطول الموجي (λ) أو طاقة الأشعة لأن الطاقة E ترتبط مع الطول الموجي من خلال العلاقة

$$E = hc / \lambda$$

كما إن الطاقة ترتبط مع التردد من خلال العلاقة التالية:

$$E = h\upsilon$$

- النتيجة الثانية: كلما زادت درجة الحرارة للجسم الأسود تكون الطاقة المنبعثة منه تحدث عن أطوال موجية اقل ويزداد مقدار الإشعاع بزيادة درجة الحرارة.

واستطاع بلانك عمل منحنى بياني يربط بين شدة الإشعاع والطول الموجي الذي يصاحب الجسم المشع
وفي هذا المنحنى يوجد قيمة عظمى لشدة الإشعاع عند طول موجي محدد ويختلف الطول الموجي للقيمة العظمى لشدة الإشعاع باختلاف درجة حرارة الجسم

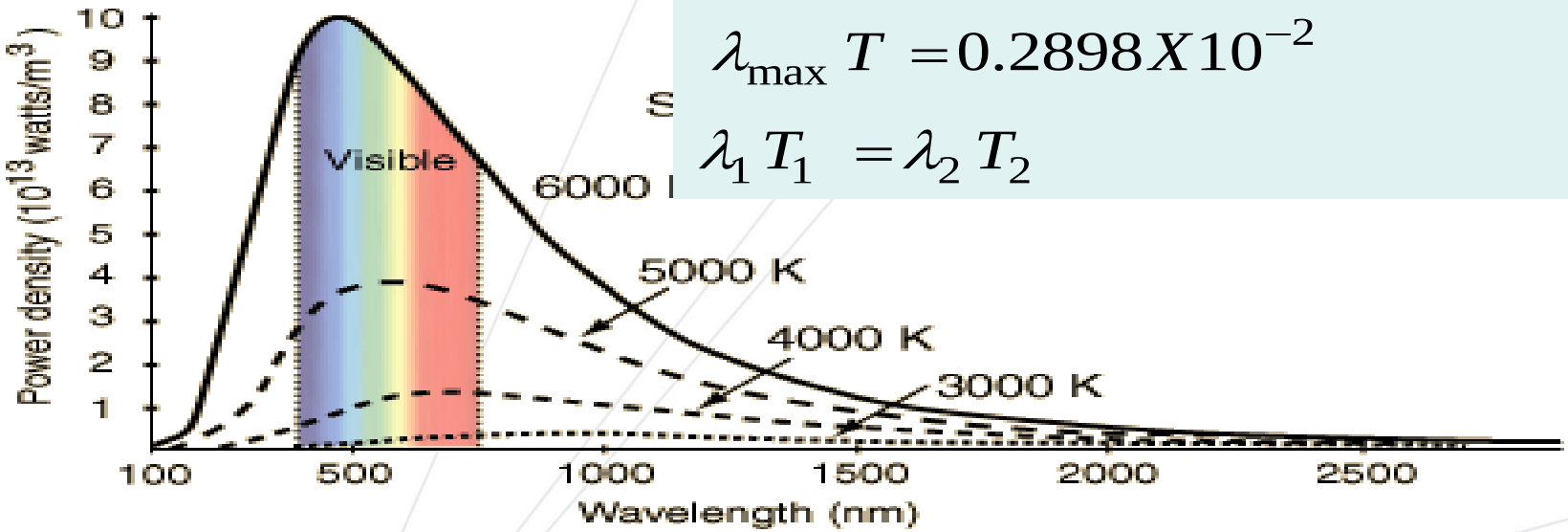
وقام العالم (وينز) بعمل قانون خاص يربط بين درجة حرارة الجسم والطول الموجي المقابل للقيمة العظمى لشدة الإشعاع وهو:

* قانون وينز: يتناسب الطول الموجي المصاحب للقيمة العظمى لشدة الإشعاع تناسبا عكسيا مع درجة حرارة المطلقة للجسم المشع

$$\lambda_{max} \alpha \frac{1}{T} \Rightarrow \lambda_{max} = \frac{0.2898 X 10^{-2}}{T} \; m$$

$$\lambda_{max} T = 0.2898 X 10^{-2}$$

$$\lambda_1 T_1 = \lambda_2 T_2$$



مثال: درجة حرارة جسم الإنسان الخارجية تكون في حدود 35°C، ما هو طول الموجة التي عندها أعلى شدة لإشعاعات المنبعثة من الجسم؟

$$\lambda_{\max} = \frac{0.2898x10^{-2}}{(t+273)} = \frac{0.2898x10^{-2}}{(35+273)} = \qquad m$$

مثال: أعلى شدة للموجات الضوئية المنبعثة من الشمس هى للون الأصفر-البرتقالي وطوله الموجي 500 nm، أحسب درجة حرارة الشمس بالدرجات المئوية؟

$$\lambda_{\max} = \frac{0.2898x10^{-2}}{(t+273)} \Rightarrow t = \frac{0.2898x10^{-2}}{\lambda_{\max}} - 237$$

$$= \frac{0.2898x10^{-2}}{500x10^{-9}} - 237 = \qquad {}^{o}C$$

محاولات وتفسيرات العلماء للطيف المنبعث من الجسم الأسود

قانون ستيفان بولتزمان Stefan and Boltzman Law

ينص قانون ستيفان بولتزمان على أن الطاقة المنبعثة من الجسم الأسود لكل وحدة مساحة تتناسب مع القوة الرابعة لدرجة جرارة الجسم.

$$E(T) \alpha T^4$$

$$E(T) = \sigma T^4$$

E(T) is the energy of the black body radiation per unit area

σ is called Stefan constant = 5.67×10^8 Watt/m^2K^4

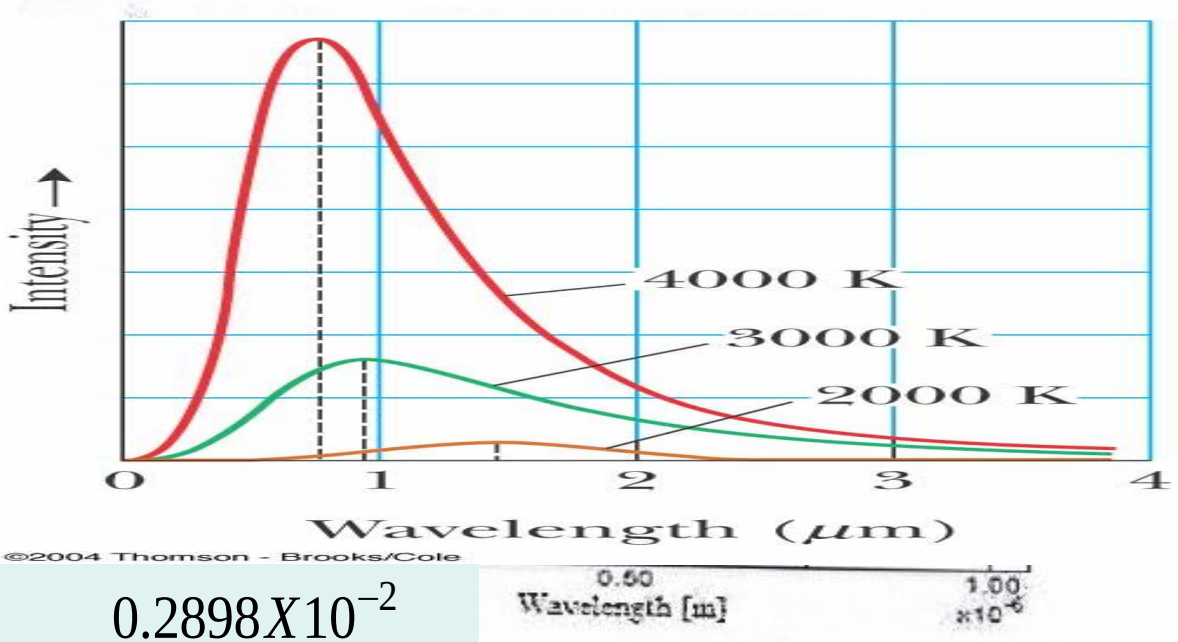
T is the temperature in Kelvin

وثابت ستيفان لا يعتمد على المادة أو طبيعتها أو شكلها وهو ثابت عام.

وهذا القانون أثبته العالم بولتزمان باستخدام قوانين الديناميكا الحرارية وسمي باسميهما..

قانون وينز Winz Law

يتعلق قانون وينز بتردد الأشعة التي يكون عندها الإشعاع الحراري اكبر ما يمكن وقد وجد علمياً أن التردد يزداد بزيادة درجة الحرارة كما هو موضح في المنحنيات التالية:



$$\lambda_{max}\ \alpha\ \frac{1}{T} \quad \Rightarrow \lambda_{max} = \frac{0.2898 X 10^{-2}}{T}\ m$$

$$\lambda_{max}\ T = 0.2898 X 10^{-2}$$

$$\lambda_1 T_1 = \lambda_2 T_2$$

ووضع العام وينز القانون التالي:

(Winz Displacement Law)

نظرية رايلي جينز Rayleigh and Jean Law

اعتبر العالمان رايلي وجينز أن الجسم الأسود مكون من عدد كبير من المتذبذبات المشحونة التي تتحرك حركة توافقية بسيطة simple harmonic motion وهذه المتذبذبات المشحونة تطلق أشعة كهرومغناطيسية أثناء حركتها بحيث تكون كثافة توزيع الطاقة المنبعثة من الجسم الأسود مساوية لكثافة الطاقة للمتذبذبات عند الاتزان الحراري.

ولكن هذه الفرضية لرايلي وجينز فشلت في تفسير طيف الجسم الأسود.

نظرية بلانك لإشعاع الجسم الأسود

وضع بلانك نظريته لتفسير ظاهر إشعاع الجسم الأسود وقد كانت نظريته ناجحة وذلك لاعتماده على استخدام مبدأ تكميم الإشعاع. وقد وضع بلانك بعض الافتراضات على أساس النظرية الكمية للإشعاع وهي على النحو التالي:

(1) كمية الطاقة المنبعثة أو الممتصة من المتذبذب في الجسم الأسود تتناسب مع تردده أي أن

$$\Delta E \alpha \upsilon$$

$$\Delta E = h\upsilon$$

where h is the blank constant = 6.6×10^{-34}J.s

(2) تأخذ طاقة المتذبذب قيم محددة (مكممة) أي أن

$E_n = nh\upsilon$ *

Where n is the principle quantum number (n = 0, 1, 2, 3, …….)

فإذا كانت n=0 يكون المتذبذب في أدنى قيمة له في الطاقة ويسمى Ground Level أما إذا كانت n=1 فإن المتذبذب يكون في مستوى طاقة رقم (1) وهكذا ....

من هنا نلاحظ أن بلانك ادخل مبدأ التكميم على المتذبذبات في الجسم الأسود وأنها لها طاقات محددة وبقيم محددة بالعدد الكمي n ولا وجود لقيم متصلة للطاقة كما افترض العالمان رايلي جينز.

وعند امتصاص أشعة أو انبعاثها من الجسم الأسود فإن طاقتها تساوي فرق الطاقة بين مستويات الطاقة للمتذبذبات بحيث إن

$E = h\upsilon$