

## Chapter One. Atomic Structure

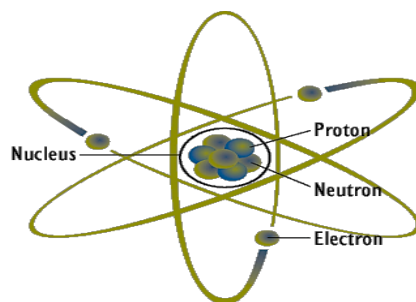
\***Atom**: Is the smallest unit quantity of an element that is capable of existence, either alone or in chemical combination with other atoms of the same or another element.

\***الذرة**: هي أصغر وحدة كمية لعنصر قادر على الوجود، إما بمفرده أو متحدا كيميائيا مع ذرات أخرى من نفس العنصر أو من عنصر آخر.

### \* Fundamental Particles of Atom

### \* الجسيمات الأساسية للذرة

الجسيمات الأساسية التي تتكون منها الذرة (fundamental particles) ممكن ان يعبر عنها ايضا ب (subatomic or elementary particles)، وهي ثلاثة، البروتون، والالكترون، والنيوترون (Proton, Electron and Neutron).



\***الجدول** ادناه يبين تفاصيل مكونات الذرة الثلاثة، ويتبين فيه ان شحنة البروتون (+1) وشحنة الالكترون (-1) بينما النيوترون عديم الشحنة او متعادل (0). ويبين الجدول ان البروتون والنيوترون يتواجدان داخل النواة وان الالكترون يدور في مدارات خارج النواة. كتلة البروتون والنيوترون بوحدة الكغم او وحدة (وكذ amu) متساوية وهي اكبر بكثير من كتلة الالكترون. كتلة الالكترون صغيرة جدا مقارنة بالبروتون حيث كتلة (2000 الكترون) تعادل كتلة بروتون واحد او نيوترون واحد. وعليه فأن كتلة الالكترون تكاد لاتذكر (negligible mass) إذا ما قارناها بكتلة البروتون او النيوترون. الالكترون اكتشف من قبل (Thomson)، بعده تم اكتشاف البروتون من قبل (Rutherford) واخيرا تم اكتشاف النيوترون من قبل (Chadwick).

	Proton	Electron	Neutron
Symbol الرمز	P <sup>+</sup>	e <sup>-</sup>	N <sup>0</sup>
Charge الشحنة	+1	-1	0
Rest Mass (Kg) الكتلة بوحدة كغم	1.673×10 <sup>-27</sup>	9.109×10 <sup>-31</sup>	1.675×10 <sup>-27</sup>
Mass (amu) الكتلة بوحدة (وكذ)	1	0.0005	1
Location الموقع	Inside nucleus	Outside nucleus	Inside nucleus
Discovery المكتشف	1919, Rutherford	1897, Thomson	1932, Chadwick

\* By international agreement, a carbon atom that contains six protons and six neutrons has an atomic weight of exactly 12 *amu*, so we can define **Atomic Mass Unit (amu)** as *1/12th* of the mass of a  $^{12}_6\text{C}$  atom so that each ( **1 amu =  $1.660 \times 10^{-27}$  kg** ) .

\*أُتفق دولياً على أن ذرة الكربون والتي فيها ستة بروتونات وستة نيوترونات لها وزن ذري مقداره (12 وكذا)، وعليه يمكننا تعريف وحدة كتلة الذرة (وكذا) بأنها (  $1/12$  ) من كتلة نظير ذرة الكربون  $^{12}_6\text{C}$  . وعليه كل (1 وكذا يساوي  $10^{-27} \times 1.660$  كغم).

❖ في أي ذرة لأي عنصر إذا كان عدد البروتونات يساوي عدد الإلكترونات تكون الذرة متعادلة.

❖ في أي ذرة لأي عنصر إذا كان عدد البروتونات أكبر من عدد الإلكترونات تكون الذرة غير متعادلة، ونحصل على أيون موجب (Cation).

❖ في أي ذرة لأي عنصر إذا كان عدد البروتونات أصغر من عدد الإلكترونات تكون الذرة غير متعادلة، ونحصل على أيون سالب (Anion).

\* In general the nucleus of an atom consists of **protons** and **neutrons** (with the exception of **protium**, the **nucleus** of one (**H** isotopes) has only **single proton** without **neutron**).

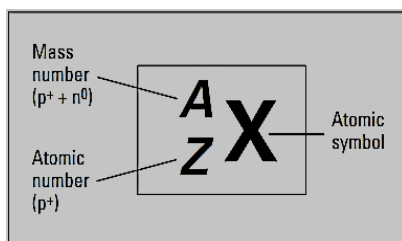
\* بشكل عام، تتكون نواة الذرة من البروتونات والنيوترونات (باستثناء البروتيوم (**protium**))، وهو أحد نظائر الهيدروجين، تحتوي نواته على بروتون واحد فقط بدون نيوترون. لذلك يسمى أيون الهيدروجين بالبروتون.

\* Nearly all the mass of an atom is concentrated in the nucleus, but the volume of the nucleus is only a tiny fraction of that of the atom. The radius of the nucleus is about  $10^{-15}$  m (1 femtometer =  $10^{-15}$  m) while the atom itself is about  $10^5$  times larger than this.

\* تتركز كل كتلة الذرة تقريباً في النواة، لكن حجم النواة هو جزء صغير فقط من الذرة. يبلغ نصف قطر النواة حوالي  $10^{-15}$  متراً (فيمتو متر واحد =  $10^{-15}$  متراً)، بينما تكون الذرة نفسها أكبر بحوالي (100000 مرة) من نواتها.

❖ Atomic number, mass number, isotopes, Isobars and Isotones

❖ العدد الذري، العدد الكتلي، النظائر، الأيزوبار و الأوتون



\* Atomic number, **Z**, which is equal to the number of **protons (p<sup>+</sup>)**.

\* العدد الذري (**Z**)، يمثل عدد البروتونات الموجبة الموجودة في نواة الذرة.

\* In electrically neutral atom, **Z** also equals the number of **electrons (e<sup>-</sup>)**.

\* في الذرات المتعادلة، فإن العدد الذري (**Z**) ممكن ان يعبر عنه بدلالة عدد الالكترونات السالبة.

\* Mass number (or **Atomic Weight**), **A**, is the number of **protons (p<sup>+</sup>)** and **neutrons (n<sup>0</sup>)** in the **nucleus**.

\* عدد الكتلة (أو الوزن الذري)، **A**، هو مجموع عدد بروتونات (**p<sup>+</sup>**) ونيوترونات (**n<sup>0</sup>**) نواة الذرة.

\* So number of **neutron**

\* لذلك فإن عدد النيوترونات

$$n^0 = \text{Atomic Weight (A)} - \text{Atomic number (Z)}$$

\* Ex:- **Fe** nucleus which has (**26 p<sup>+</sup>**) and (**30 n<sup>0</sup>**), is denoted as **<sup>56</sup><sub>26</sub>Fe**.

\* Isotopes:- Are atoms of the same element that differ only in the number of neutrons (mass number or atomic weight). Some isotopes occur naturally while others may be produced artificially.

\* النظائر:- وهي ذرات لنفس العنصر تختلف فقط في عدد النيوترونات (اي تختلف في العدد الكتلي أو الوزن الذري). بعض النظائر تتواجد بشكل طبيعي بينما قد ينتج البعض الآخر من المصانع.

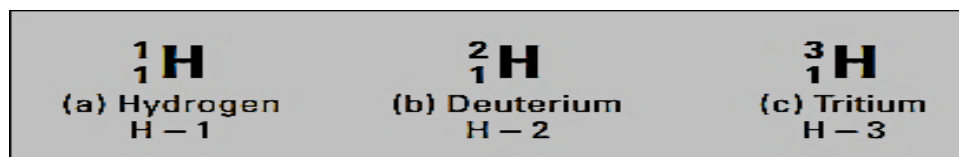
**\*تعريف آخر للنظائر**

\* **Isotopes:** - (Atoms of the same element that have an **identical** number of **protons** (same atomic number) but **different** numbers of **neutrons** (different mass numbers).

\* **النظائر:** (ذرات لنفس العنصر تمتلك عدد متماثل من البروتونات (العدد الذري نفسه) ولكن بأعداد مختلفة من النيوترونات (أعداد كتلة مختلفة).

\*The figure below shows the three hydrogen isotopes, Hydrogen or (**Protium**) which has ( $1p^+$ ,  $0n^0$ ), **Deuterium** which has ( $1p^+$ ,  $1n^0$ ) and **Tritium** which has ( $1p^+$ ,  $2n^0$ ).

\* يوضح الشكل أدناه نظائر الهيدروجين الثلاثة، الهيدروجين أو البروتيوم (**Protium**) الذي يحتوي على ( $1p^+$ ,  $0n^0$ ) ، والديوتيريوم (**Deuterium**) الذي يحتوي على ( $1p^+$ ,  $1n^0$ ) ، والتريتيوم (**Tritium**) الذي يحتوي على ( $1p^+$ ,  $2n^0$ ).



**نظائر الهيدروجين Hydrogen Isotopes**

\* **Isotopes** have the same position in the periodic table, the same chemical properties, and the same atomic charge.

\* **النظائر** لها نفس الموضع في الجدول الدوري، ونفس الخصائص الكيميائية، ونفس الشحنة الذرية. فمثلا الهيدروجين له موضع واحد في الجدول الدوري وهو الزمرة الاولى و الدورة الاولى، وليس لكل نظير من نظائر الهيدروجين موضع خاص به.

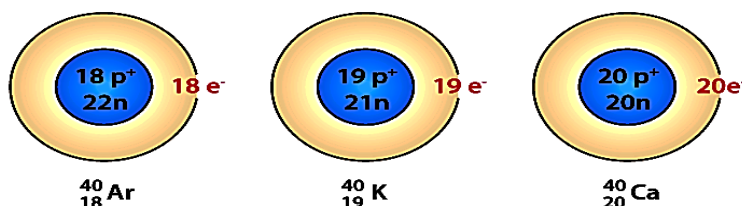
\* **ملاحظة:** بما أن العدد الذري ثابت لكل عنصر، فعليه يتم تمييز النظائر فقط عن طريق ذكر العدد الكتلي او الوزن الذري، على سبيل المثال يقال نظير الكربون  $^{13}\text{C}$  ونظير الكربون  $^{12}\text{C}$ .

\*الجدول ادناه يبين بعض النظائر ووفرتها لبعض العناصر

Hydrogen (H)	Carbon (C)	Nitrogen (N)	Oxygen (O)
$^1\text{H} - 99.984\%$	$^{12}\text{C} - 98.89\%$	$^{14}\text{N} - 99.64\%$	$^{16}\text{O} - 99.763\%$
$^2\text{D} - 0.0156\%$	$^{13}\text{C} - 1.11\%$	$^{15}\text{N} - 0.36\%$	$^{17}\text{O} - 0.0375\%$
----	----	----	$^{18}\text{O} - 0.1995\%$

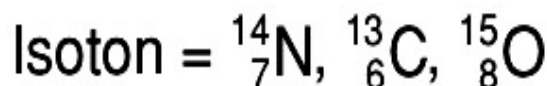
\* **Isobars**:- Are atoms of **different** elements that have the **same mass number**, but they have different atomic numbers. For instance,  $^{37}\text{Cl}$  and  $^{37}\text{Ar}$  have the same mass number.

**Isobars**\* : وتعني (متساوي الكتل)، وهي ذرات لعناصر **مختلفة** تتشابه **بالعدد الكتلي** (Mass Number)، وتختلف بالعدد الذري (Atomic Number). على سبيل المثال،



\***Isotones**: - Are different atoms that have the **same** number of **neutrons** and different numbers of **protons**.

\* **Isotones** : (متساوي النيوترونات)، وهي ذرات مختلفة لها **نفس** العدد من **النيوترونات** وعدد مختلف من **البروتونات**. على سبيل المثال



❖ بعد ان عرفنا ان لكل عنصر النظائر متعددة وعرفنا ان جميع هذه النظائر لها موضع واحد في الجدول الدوري، يجب ان نعرف كيف تم حساب الكتلة الذرية للعنصر متعدد النظائر.

❖ **Relative atomic mass (RAM)**:- The relative atomic mass of an atom is the weighted average of the **masses** of the isotopes.

❖ **كتلة الذرة النسبية (RAM)**: ان كتلة الذرة النسبية لذرة ما هي المعدل الوزني لكتل نظائره.

$$\text{RAM} = \frac{(\text{Mass of 1}^{\text{st}} \text{ isotope}) * (\text{Its abundance \%}) + [(\text{Mass of 2}^{\text{nd}} \text{ isotope}) * (\text{Its abundance \%}) + (\text{etc....})]}{100}$$

\***Example:** The natural abundance for Boron isotopes is 19.9%  $^{10}\text{B}$  (10.013 amu\*) and 80.1%  $^{11}\text{B}$  (11.009 amu\*). Calculate the relative atomic mass of boron.

$$\text{RAM} = \frac{(\text{Mass of 1}^{\text{st}} \text{ isotope}) * (\text{Its abundance \%}) + [(\text{Mass of 2}^{\text{nd}} \text{ isotope}) * (\text{Its abundance \%}) + (\text{etc....})]}{100}$$

$$(\text{RAM}) = \frac{[(10.013) * (19.9\%)] + [(11.009) * (80.1\%)]}{100} = 10.811$$

(Note: - that this is the value of atomic mass given on the periodic table).

لاحظ ان قيمة الوزن الذري او العدد الكتلي للبورون في الجدول الدوري هي (10.811)، وكما مبين في الشكل ادناه

Boron	
atomic number	5
symbol	B
electron configuration	[He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>
name	boron

**Example:** Calculate RAM for naturally occurring Mg if the isotope distribution is 78.99%  $^{24}\text{Mg}$ , 10.00%  $^{25}\text{Mg}$  and 11.01%  $^{26}\text{Mg}$ ; accurate masses are 23.99, 24.99 and 25.98.

$$(\text{RAM}) = \frac{[(23.99) * (78.99\%)] + [(24.99) * (10.0\%)] + [(25.98) * (11.01\%)]}{100}$$

$$= 24.30$$

**H.W.** Calculate the value of RAM for naturally occurring chlorine if the distribution of isotopes is 75.77%  $^{35}_{17}\text{Cl}$  and 24.23%  $^{37}_{17}\text{Cl}$ . accurate masses for  $^{35}\text{Cl}$  and  $^{37}\text{Cl}$  are 34.97 and 36.97. [Ans. 35:45]

### ❖ Origin of Quantum Theory

\*In the older physics theories (1900–1925), the electron was treated as a **particle**. In more recent models, the electron is treated as a **wave** (hence the name wave mechanics).

\* في نظريات الفيزياء القديمة (١٩٠٠-١٩٢٥)، تم التعامل مع الإلكترون كجسيم (particle)، وفي النظريات الأحدث، تم التعامل مع الإلكترون كموجة (wave) (ومن هنا جاء اسم الميكانيك الموجة).

\* At low temperatures, the radiation will be emitted by a hot body as low energy radiation and this occurs in the infrared region, but as the temperature increases, the radiation becomes dull red, bright red and white.

\* في درجات الحرارة المنخفضة، ينبعث الإشعاع من الجسم الحار كإشعاع منخفض الطاقة وهذا يحدث في منطقة الأشعة تحت الحمراء، ولكن مع زيادة درجة الحرارة، يصبح الإشعاع أحمر باهتاً و ثم أحمرًا وأبيض.

\*Attempts to explain this observation failed until, in 1901, **Planck** suggested that energy could be **absorbed** or **emitted** only in **quanta** of magnitude  $\Delta E$  related to the frequency of the radiation ( $\nu$ ).

\* فشلت محاولات عديدة لتفسير هذه الملاحظة (ظاهرة تغير اللون الشعاع المنبعث من الجسم الحار بزيادة درجة حرارته) حتى عام ١٩٠١، اقترح بلانك (Planck) أنه يمكن امتصاص الطاقة أو انبعاثها فقط بكميات (quanta)، لها قيمة مقدارها (E) وتتناسب الطاقة مع تردد الإشعاع ( $\nu$  نيو)، تناسباً طردياً، وثابت التناسب هو ثابت بلانك، معادلة (1).

$$E = h * \nu \quad \dots\dots\dots (1)$$

Where E = energy in J,  $\nu$  = frequency in  $s^{-1}$  or Hz

بما ان سرعة الضوء تساوي حاصل ضرب التردد في الطول الموجي ( $\lambda$  لامدا أو لامبدا)، معادلة (2)، فإن العلاقة بين طاقة الاشعاع والطول الموجي هي عكسية، كما موضح في معادلة (3).

$$C = \lambda * \nu \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$E = \frac{h * C}{\lambda} \quad \dots\dots\dots (3)$$

Where C = speed of light in a vacuum ( $2.998 * 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ ), ( $\lambda$ = wavelength, m). (Plank constant  $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  or  $\text{Kg.m}^2.\text{s}^{-1}$ )

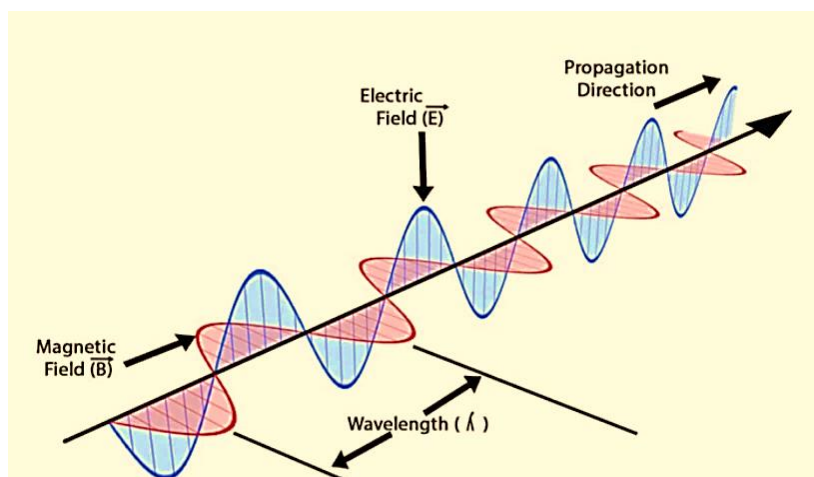
## ❖ Electromagnetic (EM) Radiation

## الإشعاع الكهرومغناطيسي

\* **Electromagnetic radiation:** Is a form of energy propagated through free space or through a material medium in the form of electromagnetic waves.

\* **الإشعاع الكهرومغناطيسي:** هو شكل من أشكال الطاقة التي بإمكانها الانتشار عبر الفراغ أو عبر وسط مادي على شكل موجات كهرومغناطيسية.

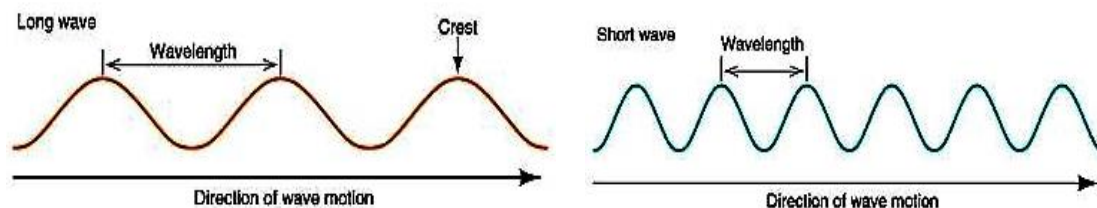
\* **ملاحظة:** يسمى الإشعاع الكهرومغناطيسي لأنه يحتوي على مجالات كهربائية ومغناطيسية في ذات الوقت. لاحظ الموجة في الشكل ادناه باللون الأزرق تمثل المجال الكهربائي ( Electric Field )، بينما الموجة باللون الأحمر تمثل المجال المغناطيسي (Magnetic Field)، بينما يشير اتجاه السهم الى اتجاه انتشار الموجة (Propagation Direction) في الفراغ.



\* Electromagnetic radiation has dual nature: it exhibits **wave** properties and **particulate (photon)** properties. Electromagnetic radiation is an electromagnetic wave that travels through space at the speed of light,  $c$ .

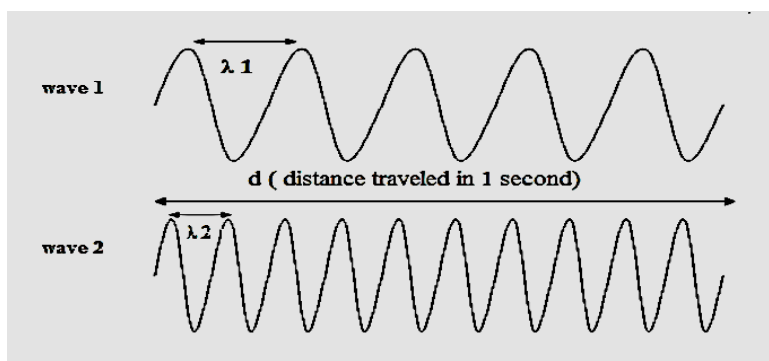
\* **لذا** فإن الإشعاع الكهرومغناطيسي له طبيعة مزدوجة: أي يمتلك خصائص الموجة وخصائص الجسيمات (الفوتون). الإشعاع الكهرومغناطيسي هو موجة كهرومغناطيسية تنتقل عبر الفضاء بسرعة الضوء.

\* توجد علاقة عكسية بين طول الموجة والتردد: فكلما كانت الموجة **أطول**، كانت تردداتها **اصغر**، وكلما كانت الموجة **أقصر**، كانت تردداتها **أكبر**، وكما موضح في الشكلين ادناه:





\* في الشكل أدناه، تمثل (d) المسافة التي تقطعها الأمواج في ثانية واحدة.



\* واضح من الشكل اعلاه ان الموجة الاولى (wave 1) متكونة من 5 موجات كاملة تمر في ثانية واحدة، هذا يعني ان ترددها هو خمسة موجات في الثانية (5 waves per second) او خمسة هيرتز (5 Hz)، في حين تتكون الموجة الثانية (wave 2) على 10 موجات تمر في نفس الوقت (أي ثانية واحدة)، وعليه فان ترددها هو عشرة موجات في الثانية (10 waves per second) او عشرة هيرتز (10 Hz).

\* **Wave:** - A disturbance that transmits energy through matter or space.

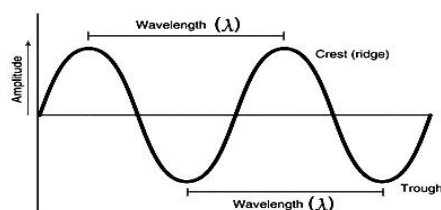
\* **الموجة:** هي اي اضطراب مسؤول عن نقل الطاقة عبر المادة أو الفراغ.

\* **Wavelength (λ):** Is the distance between two consecutive peaks (crests) or troughs. (λ Lambda)

\* **الطول الموجي (λ):** هي المسافة بين قمتين (crests) متتاليتين أو قعرين (troughs) متتالين وتقاس بوحدة المتر.

\* **Frequency (ν):** Number of waves that occurs in a given amount of time. (ν Nu)

\* **التردد (ν):** هو عدد الموجات التي تحدث في فترة زمنية معينة. (ν Nu)



\* **Wavenumber (γ):** Is the number of waves in one centimeter of light in a given wavelength; the reciprocal of the wavelength.

\* **العدد الموجي (γ):** هو عدد الموجات في سنتيمتر واحد من الضوء في طول موجة معين، وهو مقلوب الطول الموجي.

\*التحويلات الاتية مهمه عند حل الاسئلة المتعلقة بهذا الموضوع:

$$1 \text{ m (متر)} = 10^2 \text{ cm (سنتيمتر)} \rightarrow [1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}].$$

$$1 \text{ m} = 10^6 \mu\text{m (مايكروميتر)} \rightarrow [1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}].$$

$$1 \text{ m} = 10^9 \text{ nm (نانوميتر)} \rightarrow [1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}].$$

$$1 \text{ m} = 10^{10} \text{ \AA}^0 \text{ (أنكستروم)} \rightarrow [1 \text{ \AA}^0 = 10^{-10} \text{ m}].$$

\***EX.** An FM radio station broadcasts at a frequency of  $(91.5 * 10^6 \text{ s}^{-1})$ . Calculate the wavelength of the radio waves in m, cm, nm, and  $\text{\AA}^0$ .

\***مثال:** محطة راديو FM تبث بتردد مقداره  $(91.5 * 10^6 \text{ s}^{-1})$  احسب الطول الموجي لموجات هذه المحطة الراديوية بوحدة المتر، سم، مايكروميتر، نانوميتر، وانكستروم.

$$c = \lambda * \nu$$

$$(2.99 * 10^8 \text{ m/s}) = \lambda * (91.5 * 10^6 \text{ s}^{-1})$$

$$\lambda = 3.27 \text{ m}$$

والان نستخرج قيمة الطول الموجي بالوحدات الاخرى من خلال التحويلات السابقة

$$3.27 \text{ m} * (1 * 10^2 \text{ cm} / 1 \text{ m}) = 3.27 * 10^2 \text{ cm}$$

$$3.27 \text{ m} * (1 * 10^6 \mu\text{m} / 1 \text{ m}) = 3.27 * 10^6 \mu\text{m}$$

$$3.27 \text{ m} * (1 * 10^9 \text{ nm} / 1 \text{ m}) = 3.27 * 10^9 \text{ nm}$$

$$3.27 \text{ m} * (1 * 10^{10} \text{ \AA}^0 / 1 \text{ m}) = 3.27 * 10^{10} \text{ \AA}^0$$

\***Ex.** The radiation emitted from the sodium vapor lamp has a wavelength of 589 nm, what is its frequency.

\***مثال:** الإشعاع المنبعث من مصباح بخار الصوديوم يبلغ طوله الموجي 589 نانوميتر، ما هو تردده؟

**الجواب:** اولاً نحول قيمة الطول الموجي من النانوميتر الى المتر، وبعدها نطبق قانون سرعة الضوء، لاستخراج التردد

$$589 \text{ nm} * (1 \text{ m} / 1 * 10^9 \text{ nm}) = 589 * 10^{-9} \text{ m}$$

$$\nu = (c / \lambda) = (3 * 10^8 \text{ m.sec}^{-1}) / (589 * 10^{-9} \text{ m}) \rightarrow \nu = 5.09 * 10^{14} \text{ Sec}^{-1}$$

\***Ex:** Calculate the wavelength of electromagnetic waves that have the following frequencies of **1.5 kHz**, **18 MHz**, and **22 GHz**.

\***مثال:** احسب الطول الموجي للموجات الكهرومغناطيسية التي لها الترددات التالية ١,٥ كيلو هرتز و ١٨ ميغا هرتز و ٢٢ جيجا هرتز.

\***الجواب:** أكثر الاحيان يعبر عن سرعة الضوء بالقيمة  $(3 \times 10^8 \text{ m/s})$  وهي تعطى ضمن سياق السؤال. ويجب ان تحول كل الترددات الى وحدة الهيرتز (Hz) او مقلوب الثانية ( $\text{s}^{-1}$ )

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{1500 \text{ Hz}} = 2 \times 10^5 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{18 \times 10^6 \text{ Hz}} = 16.67 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{22 \times 10^9 \text{ Hz}} = 0.0136 \text{ m}$$

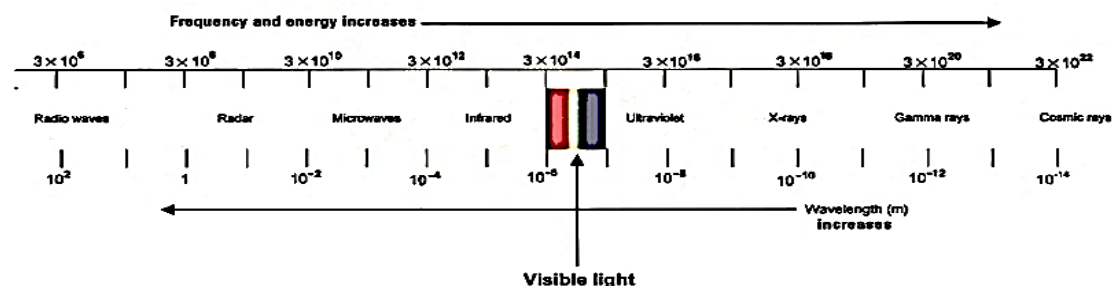
\* **H.W (1).** Find the wavelength of a radio wave with a frequency of **900 kHz**. ( $c=2.99 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ ) (Ans. 332 m).

\* **H.W (2).** Find the wavelength of a radio wave with a frequency of **90 MHz**. ( $c=2.99 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ ) (Ans. 3.32 m).

\* **H.W (3).** Find the frequency of a wave, which has a wavelength of **(0.05 cm)**. ( $c=2.99 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ ) (Ans.  $598 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$  or Hz).

\* **H.W (4)** UV. Radiation has a wavelength of about **330nm**. How much energy, in Joules, does a photon of UV light transfer?. ( $c=2.99 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ ). (Ans.  $6 \times 10^{-19} \text{ J}$ )

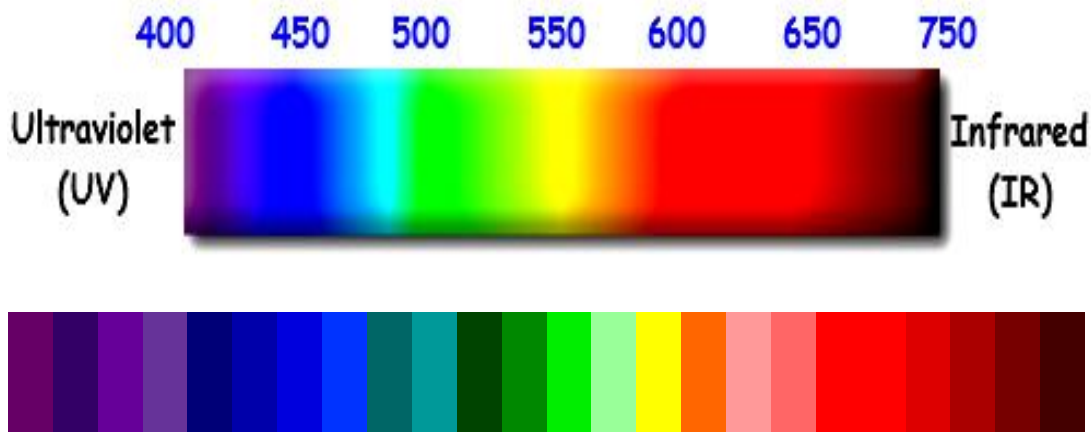
\*الشكل ادناه يبين مناطق الطيف الكهرومغناطيسي، مرتبة حسب زيادة طاقتها او ترددها وبالمقابل نقصان الطول الموجي، من اليسار تأتي الأشعة الراديوية (Radio Waves) التي لها اقل طاقة و اقل تردد و اعلى طول موجي، ثم الرادار (Radar)، ثم الأشعة الميكروية ( Micro Waves)، ثم الاشعة تحت الحمراء (Infra-Red)، ثم اشعة الضوء المرئي ( Visible Light)، ثم الاشعة فوق البنفسجية (Ultra violet)، ثم الاشعة السينية (X-Rays)، كما (Gamma Rays)، واخيرا الاشعة الكونية (Cosmic Rays). عندما تنتقل من اليسار (اي من الاشعة الراديوية) الى اليمين (اي الى الاشعة الكونية) تزداد الطاقة والتردد ويقل الطول الموجي والعكس بالعكس.



\*ما يهمننا بشكل كبير هي المنطقة المرئية، لان الاطوال الموجية المتعددة الموجودة فيها تفسر الطيف الواسع من الالوان الموجودة ضمنها.

\*لاحظ الشكلين ادناه، يوضحان الاطوال الموجية للطيف المرئي اي ضمن مدى الاطوال الموجية من (400 nm) الى (750 nm)، حيث ان كل تدرج لوني مسؤول عنه طول موجي معين، وكما مبين بالتفصيل فيما يأتي:

١. من (400-450 nm) اللون البنفسجي (Violet)
٢. من (450-500 nm) اللون الازرق (Blue)
٣. من (500-570 nm) اللون الاخضر (Green)
٤. من (570-590 nm) اللون الاصفر (Yellow)
٥. من (590-610 nm) اللون البرتقالي (Orange)
٦. من (610-700 nm) اللون الاحمر (Red)

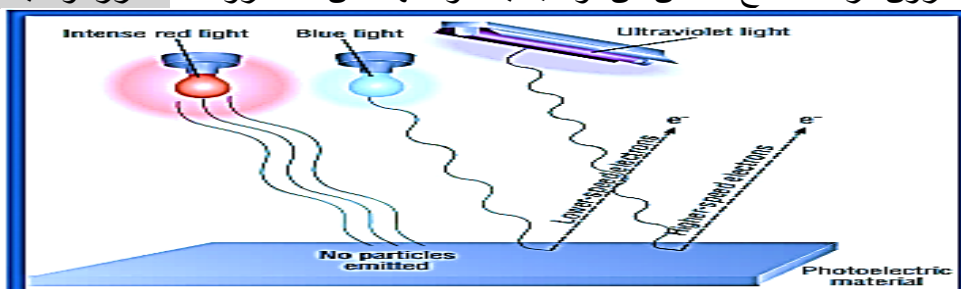


## ❖ Photoelectric Effect

## التأثير الكهروضوئي

- ❖ **Photoelectric effect** is the emission of electrons from the metal surface when light incidents on its surface.
- ❖ **التأثير الكهروضوئي**: هو ظاهرة انبعاث الإلكترونات من سطح المعدن عند وقوع أو سقوط الضوء على سطحه.
- ❖ This effect is used in many devices, including TV, cameras, camcorders, and night vision viewers.
- ❖ يستخدم هذا التأثير في العديد من الأجهزة ، بما في ذلك التلفزيون والكاميرات وكاميرات الفيديو ومناظير الرؤية الليلية.
- ❖ In 1887, **Heinrich Hertz** discovered that when electromagnetic radiation (**photons**) incidents on a clean, metal surface, electrons are emitted from the surface.
- ❖ في عام ١٨٨٧ ، اكتشف **هاينريش هيرتز** أنه عندما تقع الإشعاعات الكهرومغناطيسية (الفوتونات) على سطح معدني نظيف ، تنبعث الإلكترونات من سطح هذا المعدن.
- ❖ Some of the incident photons enter the surface of the metal, collide with atoms of the metal, and are totally absorbed.
- ❖ تدخل بعض الفوتونات الواردة إلى سطح المعدن ، وتتصادم مع ذرات المعدن ، ويتم امتصاصها بالكامل.
- ❖ Some of the incident photons give their energy to an electron. If the absorbed energy was great enough, then electrons break free from the atom.
- ❖ بعض الفوتونات الواقعة أو الساقطة على سطح المعدن تعطي طاقتها للإلكترونات ذرات سطح المعدن. فإذا كانت الطاقة الممتصة من قبل الإلكترونات كبيرة بما يكفي، فإن الإلكترونات تتحرر من الذرة.
- ❖ **لاحظ** الشكل ادناه، **الضوء الاحمر ذو الشدة العالية (Intense Red Light)** عند سقوطه على سطح المعدن لم تنبعث الإلكترونات (**no particles emitted**)، بينما **الضوء الازرق (Blue Light)** عند سقوطه على سطح المعدن أدى الى انبعاث الإلكترونات بسرعة واطئة (**Lower Speed Electrons**)، بينما ضوء الأشعة فوق البنفسجية (**Ultraviolet Light**) عند سقوطه على سطح المعدن تسبب في انبعاث الإلكترونات من سطحه المعدن وبسرعة عالية (**High Speed Electrons**).

- ❖ ان هذا الاختلاف يعود الى تردد الضوء الساقط وطاقته، فعندما يكون تردد أو طاقة الضوء الساقط واطئة أي غير كافية لتحرير الإلكترون من جذب نواة الذرة (نواة الذرات الموجودة على سطح المعدن)، فلا تنبعث الإلكترونات. بينما عندما تكون طاقة الضوء الساقط كبيرة وكافية لتحرير إلكترون ذرات سطح المعدن من قوة جذب النواة لها، فإن الإلكترونات تتحرر أو تنبعث.



\***Phillip von Leonard**, an assistant of **Hertz**, showed that for each surface material, there is a **Critical Frequency** or **Threshold frequency** ( $\gamma_0$ ).

\* **فيليب فون ليونارد**، مساعد **هيرتز**، أظهر أنه لكل سطح معدني، هناك تردد خاص يعرف بالتردد الحرج أو تردد العتبة ( $\gamma_0$ ). ويمكن التعبير عن هذا التردد بأحدى التعريفين الاتيين

\* ( $\gamma_0$ ): Is the frequency required for releasing the electron from the surface of metal without providing it with any kinetic energy.

\* ( $\gamma_0$ ): هو التردد المطلوب لتحرير الإلكترون من سطح المعدن دون تزويده بأي طاقة حركية.

\* ( $\gamma_0$ ): Is defined as the minimum **frequency** of light, which causes electrons to be emitted from a metal surface.

\* ( $\gamma_0$ ): يعرف بأنه الحد الأدنى من تردد الضوء الذي يسبب انبعاث الإلكترونات من سطح معدني.

\***The practical results of Hertz are as follows:-**

\* **النتائج العملية لهيرتز هي كما يلي:-**

1- The number of electrons emitted from metal depends on the *intensity* and *frequency* of incident light.

2- The maximum kinetic energy ( $KE_{max}$ ) of the emitted electrons *depends* on the *frequency* of the incident light and is *independent* of the *intensity*.

١- تعتمد عدد الإلكترونات المنبعثة من سطح المعدن على شدة الضوء الساقط وتردده.

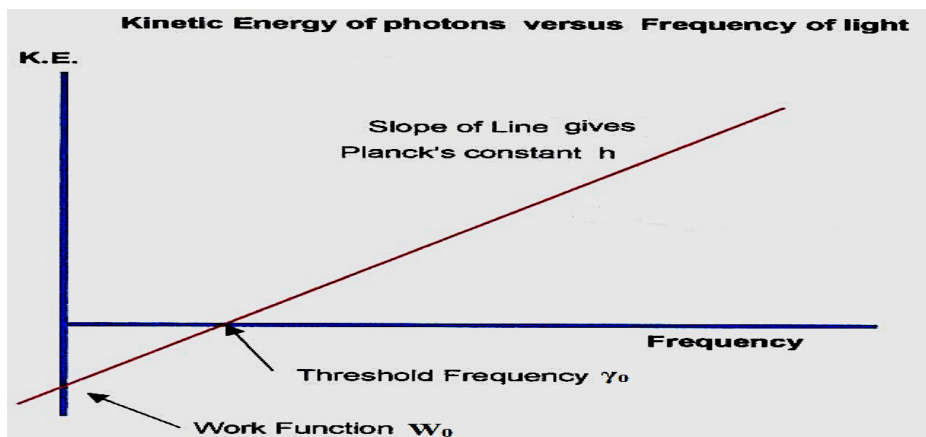
٢- تعتمد الطاقة الحركية العظمى أو القصوى ( $KE_{max}$ ) للإلكترونات المنبعثة من سطح

المعدن على تردد الضوء الساقط ولا تعتمد على شدته.

\***Max Planck** postulated that a beam of light consists of a collection of discrete packets of energy called **photons**. Each photon contains an amount of energy **E** given by the by the equation (4).

\* افترض ماكس بلانك أن شعاع الضوء يتكون من مجموعة من حزم منفصلة من الطاقة تسمى الفوتونات. يحتوي كل فوتون على كمية من الطاقة E معطاة بواسطة المعادلة (4).

$$E_{\text{photon}} = h \cdot \nu \dots\dots\dots (4)$$



\* الشكل اعلاه يبين العلاقة بين الطاقة الحركية (KE) للإلكترونات المتحررة من سطح المعدن محور (Y)، بينما يمثل المحور (X) تردد الضوء الساقط على سطح المعدن ( $\gamma$ )، لاحظ ان نقطة التقاطع مع المحور السيني تمثل تردد العتبة ( $\gamma_0$ )، بينما التقاطع مع المحور الصادي السالب يمثل قيمة دالة الشغل ( $W_0$ ). اما ثابت بلانك ( $h$ , Planck's constant) فيمكن الحصول عليه من ميل العلاقة الخطية اعلاه.

\* **(Work Function),  $W_0$** : Is the energy required for releasing (removing) the electron from the surface of metal without providing it with any kinetic energy. The equation (5).

\* **دالة الشغل ( $W_0$ )**: هي الطاقة اللازمة لتحرير (او إزالة) الإلكترون من سطح المعدن دون تزويده بأي طاقة حركية. وهي قيمة ثابتة لكل سطح معدني، معادلة رقم (5)

$$W_0 = h * \gamma_0 \dots\dots\dots (5)$$

\* كلما كان الإلكترون مرتبط بقوة بنواة الذرة الموجودة على سطح المعدن، كلما كانت الطاقة اللازمة لازالته منها عاليه (اي يحتاج الى دالة شغل عالية).

\* إذا كان للفوتون الساقط طاقة اعلى من دالة الشغل فإن الطاقة الفائضة ستتحول الى طاقة حركية للإلكترون المتحرر، فكلما كان الإلكترون مرتبط بضعف بذرته كلما تحرر بسهولة انطلق بأعظم طاقة حركية.

\* **طبق اينشتاين** مبدأ حفظ الطاقة وافترض العلاقات الاتية، لوصف التأثير الكهروضوئي.  
\* إذا كان تردد الفوتون الساقط مساوي تماما لتردد العتبة سيتحرر الإلكترون دون ان ينطلق من سطح المعدن.

\* بما ان الفائض من طاقة الفوتون الساقط على سطح المعدن يتحول الى طاقة حركية، هذا يعني ان الطاقة الحركية للإلكترون المتحرر من سطح المعدن هي تعادل طاقة الفوتون الساقط عليه مطروح منه دالة الشغل (الطاقة اللازمة لأزالة او تحرير الإلكترون)، معادلة (6)

$$KE_{\max} = h*\gamma - W_0 \dots\dots\dots (6)$$

\* وعند التعويض عن قيمة دالة الشغل من معادلة (5)، في معادلة (6) نحصل على معادلة (7):

$$KE_{\max} = h*\gamma - h * \gamma_0 \dots\dots\dots (7)$$

\* وبترتيب معادلة (7) بإمكاننا الحصول على معادلة (8)، التي تربط او تجمع بين تردد الضوء الساقط (الفوتون) ( $\gamma$ )، وتردد العتبة ( $\gamma_0$ ) للمعدن، وكما مبين

$$KE_{\max} = h (\gamma - \gamma_0) \dots\dots\dots (8)$$

\* بما ان الطاقة الحركية هي تساوي ( $\frac{1}{2} m*v^2$ )، وعند تعويضها في معادلة (6) نحصل على معادلة (10)، والتي تجمع بين سرعة الالكترون المتحرر (V) وتردد الضوء (الفوتون) الساقط ودالة الشغل، وكما مبين، علما ان (m) هي كتلة الالكترون:

$$\frac{1}{2} m*v^2 = h*\gamma - W_0 \dots\dots\dots (10)$$

\* واذا عوضنا قيمة عن قيمة التردد ( $\gamma$ )، والتي تساوي ( $C / \lambda$ )، وقيمة دالة الشغل ( $W_0$ ) في معادلة (10) سنحصل على معادلة (11)، والتي تجمع بين سرعة الالكترون المتحرر من سطح المعدن (V) وسرعة الضوء (C)، والطول الموجي للفوتون ( $\lambda$ ) وتردد العتبة ( $\gamma_0$ )

$$\frac{1}{2} m*v^2 = h * \frac{C}{\lambda} - h * \gamma_0 \dots\dots\dots (11)$$

\* **وبتعديل معادلة (11) نحصل على معادلة (12)**، ومنها معادلة (13)، والتي تربط بين تردد العتبة ( $\gamma_0$ ) والطول الموجي للضوء الساقط ( $\lambda$ ) وسرعة الالكترون المتحرر (V):

$$h * \gamma_0 = h * \frac{C}{\lambda} - \frac{1}{2} m*v^2, \dots\dots\dots (12)$$

$$\gamma_0 = \frac{C}{\lambda} - \frac{m*v^2}{2h} \dots\dots\dots (13)$$

❖ **ملاحظة:** الاشتقاقات كلها غير مطلوبة منكم .. فقط حفظ القانون المناسب لاستخراج المجهول

**المطلوب في السؤال.**

❖ **Note:-** The energy units are (Joule or erq), (Joule.mol<sup>-1</sup> or erq.mol<sup>-1</sup>), (e.v electron volt, where 1 e.v = 1.6022\*10<sup>-19</sup> J).

❖ **ملاحظة:** وحدات الطاقة هي (جول) او (ارك)، او (جول . مول<sup>-1</sup>) او (ارك . مول<sup>-1</sup>) او

(الالكترون فولت، حيث ان كل ١ الكترون فولت = ١,٦٠٢٢ \* ١٠<sup>-١٩</sup> جول)



**Ex (1):** When light of a wavelength of (125 nm) strikes a certain metal, electrons having a velocity of ( $8.2 \times 10^5 \text{ m/s}$ ) are emitted from the surface of the metal. What is the threshold frequency of the metal?.

**مثال (١):** عندما يصطدم ضوء بطول موجة مقداره (١٢٥ نانومتر) بمعدن معين ، تنبعث الإلكترونات بسرعة ( $٨,٢ \times ١٠^٥ \text{ م / ث}$ ) من سطح المعدن .ما هو تردد عتبة المعدن؟.

**الجواب:** المعطية الموجودة هي الطول الموجي ( $\lambda$ ) والسرعة ( $V$ ) والمطلوب هو تردد العتبة ( $\gamma_0$ ).

وعليه نستعمل المعادلة (13)، والتي تربط بين تردد العتبة ( $\gamma_0$ ) والطول الموجي للضوء الساقط ( $\lambda$ ) وسرعة الإلكترون المتحرر ( $V$ ). بعد تحويل الطول الموجي من وحدة (النانومتر) الى (متر)

$$\gamma_0 = \frac{c}{\lambda} - \frac{m \cdot v^2}{2h} \dots\dots\dots (13)$$

$$\gamma_0 = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{125 \cdot 10^{-9} \text{ m}} - \frac{(9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}) \cdot (8.2 \times 10^5 \text{ m/s})^2}{(2) \cdot (6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s})}$$

$$\gamma_0 = [2.4 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}] - [4.6219 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}]$$

$$\gamma_0 = 1.94 \times 10^{15} \text{ s}^{-1} \text{ or Hz}$$

❖ **ملاحظة:** بالنسبة للوحدات، وكيف أصبحت النتيجة النهائية بوحدة (ث<sup>-١</sup> او هيرتز)، ان الجول له وحدة اخرى وهي ( $\text{Kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Sec}^{-2}$ )، ولمعرفة كيف جاءت هذه الوحدة، لاحظ الاشتقاق ادناه

❖  $\text{J} = \text{Kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Sec}^{-2} = \text{g} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{sec}^{-2}$

$$E = mc^2$$

$$E = \text{Kg} \cdot (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})^2$$

$$E = \text{Kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

So **1 J = Kg. m<sup>2</sup>.s<sup>-2</sup>**

\* **Ex (2):** An experimenter finds that no photo electrons are emitted from tungsten unless the wavelength of light is less than (270 nm). However, in order to carry out her experiment she needs to produce photo electrons with a maximum kinetic energy  $K_{max}=2.0 \text{ eV}$ . What frequency of light should be used to illuminate the tungsten?.

\* **مثال (٢):** وجد أحد الباحثين أنه لا تنبعث إلكترونات ضوئية من التنجستن إلا إذا كان طول موجة الضوء أقل من (٢٧٠ نانومتر). ومع ذلك، من أجل إجراء تجربته، يحتاج إلى إنتاج إلكترونات ضوئية ذات طاقة حركية قصوى ( $K_{max} = 2.0 \text{ eV}$ ). ما تردد الضوء الذي يجب استخدامه لإضاءة التنجستن؟.

**الجواب:** أن إنتاج الإلكترونات ضوئية من التنجستن، يتطلب أن تكون طاقة الفوتون الساقط على التنجستن أكبر من دالة الشغل للتنجستن، أي يجب أن تساوي طاقة الفوتون، طاقة دالة الشغل للتنجستن ( $W_0$ ) زائداً الطاقة الحركية للإلكترون المتحرر ( $KE_{max}$ )

$$E_{\text{photon}} = W_0 + KE_{\text{max}}$$

\* لذا يجب إيجاد دالة الشغل للتنجستن، وذلك من خلال مساواة طاقة الضوء (الفوتون)، الذي طوله الموجي (٢٧٠ نانومتر) بدالة الشغل، ويجب تحويل الطول الموجي إلى وحدة المتر

$$W_0 = h * \gamma \quad \rightarrow \quad W_0 = h * \frac{c}{\lambda}$$

$$W_0 = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) * (3 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})}{(270 * 10^{-9} \text{ m})} = 7.36 * 10^{-19} \text{ J}$$

\* والان نحول قيمة اعظم طاقة حركية من الكترول فولت إلى الجول، وذلك بضربها ب ( $1.6022 * 10^{-19} \text{ Joule}$ ) وعليه ستكون النتيجة

$$KE_{\text{max}} = 2.0 \text{ e.v} * 1.6022 * 10^{-19} \text{ Joule} \\ = 3.2 * 10^{-19} \text{ Joule}$$

\*الان نعود إلى المعادلة التي ذكرناها في بداية الحل، لنحصل على طاقة الفوتون

$$E_{\text{photon}} = (7.36 * 10^{-19} \text{ J}) + (3.2 * 10^{-19} \text{ J}) = 10.56 * 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = h * \gamma \quad \rightarrow \quad \gamma = (E / h) \quad \text{الان نستخرج قيمة التردد}$$

$$\gamma = (10.56 * 10^{-19} \text{ J}) / (6.626 * 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})$$

$$\gamma = 1.59 * 10^{15} \text{ s}^{-1} \text{ or Hz}$$

**Ex (3):** Electrons are emitted with zero velocities from metal surface when exposed to radiation of wavelength 6800 Å. Calculate  $v_0$  &  $W_0$ .

\***مثال (3):** تنبعث الإلكترونات بسرعة مقدارها صفر من سطح معدن عند تعرضه لإشعاع بطول موجي مقداره (6800 أنجستروم). احسب تردد العتبة ( $v_0$ )، ودالة الشغل ( $W_0$ ).

الجواب: نحول الطول الموجي من وحدة أنجستروم الى وحدة المتر

$$\lambda = 6800 \text{ \AA} = 6800 \times 10^{-10} \text{ m} = 6.8 \times 10^{-7} \text{ m}$$

\* بما ان الطاقة الحركية للإلكترون هي صفر، فهذا يعني ان طاقة الفوتون الساقط تساوي دالة الشغل  $[W_0 = h * (c/\lambda)]$

$$W_0 = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) * (3 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})}{6.8 \times 10^{-7} \text{ m}} = 2.923 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$v_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{2.923 \times 10^{-19} \text{ J}}{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})} = 4.41 \times 10^{14} \text{ sec}^{-1} \text{ or Hz}$$

**Ex (4):** When electromagnetic radiation of wavelength (300 nm) falls on the surface of sodium, electrons are emitted with a kinetic energy of ( $1.68 * 10^5 \text{ J/mol}$ ). What is the minimum energy needed to remove an electron from sodium? What is the maximum wavelength that will cause a photoelectron to be emitted?

\***مثال (4):** عندما يسقط ضوء بطول موجي (300 نانومتر) على سطح معدن الصوديوم، فإن الإلكترونات تنبعث بطاقة حركية مقدارها ( $1.68 \times 10^5 \text{ J/mol}$ )، ما هي اقل طاقة نحتاجها لازالة الإلكترون من الصوديوم؟ وما هو اعظم طول موجي يسبب انبعاث الجواب:

$$E = hv = hc/\lambda$$

$$E = (6.626 * 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) * (3 * 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}) / (300 * 10^{-9} \text{ m}) = 6.626 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Therefore, The energy of one mole of photons

$$E = (6.626 * 10^{-19} \text{ J}) * (6.022 * 10^{23} \text{ mole}^{-1})$$

$$E = 3.99 * 10^5 \text{ J/mole}$$

The minimum energy needed to remove one mole of electrons from sodium

$$E_{\min} = (3.99 - 1.68) 10^5 \text{ J/mole} = 2.31 \times 10^5 \text{ J/mole}$$

The minimum energy for one electron

$$E_{\min} = (2.31 * 10^5 \text{ J/mole}) / (6.022 * 10^{23} \text{ mole}^{-1})$$

$$E_{\min} = 3.84 \times 10^{-19} \text{ J}$$

This corresponds to the wavelength

$$\lambda = hc / E$$

$$\lambda = (6.626 * 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) * (3 * 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}) / (3.84 * 10^{-19} \text{ J})$$

$$\lambda = 517 \text{ nm}$$

**Ex (5):** A photon of wavelength (400 nm) strikes metal surface. The electrons are ejected with velocity ( $5.85 \times 10^5$  m/s). Calculate minimum energy required to remove electron from metal surface.

\*مثال (٥): بروتون بطول موجة مقدارها (٤٠٠ نانومتر) ضرب سطح معدن. انبعثت الإلكترونات من سطح المعدن بسرعة ( $٥,٨٥ \times ١٠^٥$  م / ث). احسب اقل طاقة لإزالة الإلكترون من سطح المعدن.

Given:- ( $\lambda = 400$  nm) , Velocity (V) =  $5.85 \times 10^5$  m.s<sup>-1</sup>

$$C = v\lambda$$

$$(3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}) = \gamma * (400 * 10^{-9} \text{ m})$$

$$\text{So } \gamma = 7.5 * 10^{14} \text{ s}^{-1} \text{ or Hz}$$

$$\text{Now } E = h * \gamma = (6.626 * 10^{-34} \text{ J.s}) * (7.5 * 10^{14} \text{ s}^{-1})$$

$$E = 45 \times 10^{-20} \text{ J}$$

Kinetic Energy of Electron =  $1/2 mv^2$

$$\text{K.E.} = 0.5 * 9.1 * 10^{-31} \text{ Kg} * (5.85 * 10^5 \text{ m.s}^{-1})^2$$

$$\text{K.E.} = 15.57 \times 10^{-20} \text{ J or (Kg.m}^2\text{.s}^{-2})$$

اقل طاقة ممكن ان تزيح الالكترون (طاقة دالة الشغل) تساوي الطاقة الكلية للجسيمات الساقطة مطروح منها الطاقة الحركية للالكترون

$$\text{Min. Energy} = 45 \times 10^{-20} \text{ J} - 15.57 \times 10^{-20} \text{ J} = 29.43 \times 10^{-20} \text{ J}$$

- ❖ **H.W:-** Calculate the maximum  $KE_{\text{max}}$  (J) and velocity (m.sec<sup>-1</sup>) of an electron ejected from zinc by a 275nm photon. ( $W_0=4.31$  e.v,  $c=3*10^8$  m.sec<sup>-1</sup>). **Ans. ( $3.2*10^{-20}$ J,  $2.65*10^5$  m/s).**

- ❖ **H.W:-** Calculate the maximum kinetic energy (e.v) of an electron ejected from silver by a  $3.13*10^{15}$ Hz photon. ( $W_0=4.73$  ev). **Ans. (8.22 e.v)**