

## الذرة وميكانيك نيوتن

### Atome et mecanique de Newton

#### خاص بالعلوم الرياضية والعلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية

#### I - حدود ميكانيك نيوتن

##### 1 - قانون نيوتن وقانون كولوم

##### أ - قانون نيوتن : التأثير البيئي التجاذبي

جسمان نقطيان A كتلته  $m_A$  و B كتلته  $m_B$  يطبق الواحد منهما على الآخر قوة تجاذب كوني اتجاهها هو المستقيم المار من A و B ، ومنحاهما نحو الجسم المؤثر ، وشدتهما تساوي :

$$F_{A/B} = F_{B/A} = G \frac{m_A \cdot m_B}{(AB)^2}$$

بحيث  $G = 6,67.10^{-11} N.m^2.kg^{-2}$  . هي ثابتة التجاذب الكوني .

$$\vec{F}_{A/B} = -G \frac{m_A m_B}{(AB)^2} \vec{u}_{AB}$$

##### ب - قانون كولوم

جسمان نقطيان A شحنته  $q_A$  و B شحنته  $q_B$  يطبق كلاهما على الآخر قوة تجاذب أو تنافر اتجاهها هو المستقيم المار من A و B ، ومنحاهما يتعلق بإشارتي

$$F_{A/B} = F_{B/A} = k \frac{q_A \cdot q_B}{(AB)^2} \text{ ، وشدتهما تساوي : } q_B \text{ و } q_A$$

بحيث أن  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$  هي ثابتة العزل في الفراغ

$$k = 9.10^9 N.m^2.C^{-2}$$

$$\vec{F}_{A/B} = k \frac{q_A \cdot q_B}{(AB)^2} \vec{u}_{AB}$$

ملحوظة : التأثير البيئي التجاذبي في الذرة مهمل أمام التأثير البيئي الكهرساكن .  
مثلا في حالة ذرة الهيدروجين لدينا :

$$\frac{F_g}{F_e} = \frac{Gm_e \cdot m_p}{k \cdot e^2} \approx 4,4.10^{-40}$$

##### 2 - النموذج الكوكبي للذرة

باستعمال المماثلة بين قوى التأثير البيئي التجاذبي الكوني ، وقوى البيئي الكهرساكن ، ا رودرفورد في مطلع القرن العشرين " نموذجا كوكبيا " للذرة حيث نمذج النواة بكوكب ما ونمذج الإلكترونات بأقمار هذا لكوكب ز ومثلما تتحكم قوى التأثير البيئي التجاذبي في حركة الأقمار حول الكوكب ، تتحكم قوى التأثير البيئي الكهرساكن في حركة الإلكترونات حول النواة .

##### 3 - حدود ميكانيك نيوتن

بالنسبة لمجموعة كوكبية ( أرض - قمر اصطناعي ) مثلا ، تسمح ميكانيك نيوتن بالتنبؤ بإمكانية وضع القمر الاصطناعي في مدار حول الأرض يمكن تغيير تلك الشروط البدئية ، فإن شعاع مدار القمر الاصطناعي ( باعتباره دائريا ) يمكنه أن يأخذ جميع القيم الممكنة .

باعتبار ذرة الهيدروجين وتخيلنا أن إلكترون الذرة في حركة دائرية منتظمة حول النو ميكانيك نيوتن يمكن لشعاع مدار الإلكترون أن يأخذ جميع القيم الممكنة ، وبالتالي فإن ذرتي

هيدروجين سيكون لهما حجمان مختلفان حسب شعاع المدار وهذا غير صحيح لأن ذرتي هيدروجين لهما نفس الحجم وبصفة عامة جميع ذرات الهيدروجين لها نفس المميزات . وهذا ما يجعل ميكانيك نيوتن تعجز عن تفسيره .

لا يمكن لميكانيك نيوتن أن تفسر الظواهر الفيزيائية التي تحدث على مستوى الذرات أو الجزيئات من بين هذه الظواهر الفيزيائية ، التبادلات الطاقية بي المادة وإشعاع ضوئي والتي تبرزها أطيف الذرات

## II - كمية التبادلات الطاقية

يحدث تبادل الطاقة

- عند اصطدام ذرة بدقيقة مادية

- عندما يحدث تأثير بيني بين الذرة وإشعاع ضوئي .

سنة 1900م وضع الفيزيائي الألماني ماكس بلانك فرضية : المادة والضوء لا يمكنهما أن يتبادلا الطاقة إلا بكميات منفصلة تسمى **كمات الطاقة** .

الطاقة المتبادلة  $E_{ech}$  بين المادة وإشعاع ضوئي لا يمكنها أن تأخذ إلا قيما محددة ومنفصلة ، نقول أن هذه الطاقة المتبادلة مكماة .

وحسب مبدأ انحفاظ الطاقة ، فإن الطاقة المتبادلة من طرف ذرة تساوي تغير طاقتها بين قيمتين  $E_1$  و  $E_2$  أي أن  $\Delta E = E_2 - E_1$  .

### 1 - نموذج الفوتون

طور إنشتاين فرضية ماكس بلانك

على شكل كمات الطاقة ، وذلك بإثبات أن كمات الطاقة هاته تحملها دقائق تسمى **بالفوتونات** . ما هو الفوتون ؟

الفوتون دقيقة ليست لها كتلة ، وغير مشحونة ، تنتقل في الفراغ بسرعة الضوء :  $c = 3,00.10^8 m/s$  . تتكون موجة كهرومغناطيسية ترددها  $\nu$  ، وطول موجتها في الفراغ  $\lambda$  من فوتونات .

$$E = h.\nu = h \frac{c}{\lambda}$$

$\nu$  تردد الموجة ب  $Hz$  و  $\lambda$  طول الموجة ب المتر  $m$  و  $h$  ثابتة بلانك ( $J.s$ ) و  $E$  طاقة الفوتون ب  $J$  . للتعبير عن طاقة الفوتون نستعمل غالبا الإلكترون فولت :  $1eV = 1,60.10^{-19} J$

### تمرين تطبيقي :

أحسب بالجول ، ثم بالإلكترون فولت ، طاقة فوتون مقرون بإشعاع الأحمر لطيف يساوي  $657nm$  . نعطي : سرعة الضوء في الفراغ :  $c = 3,00.10^8 m/s$  و ثابتة بلانك

$$h = 6,626.10^{-34} J.s$$

$$E = h.\nu = \frac{h.c}{\lambda}$$

$$E = \frac{6,626.10^{-34} \times 3.10^8}{656.10^{-9}} = 3,03.10^{-19} J$$

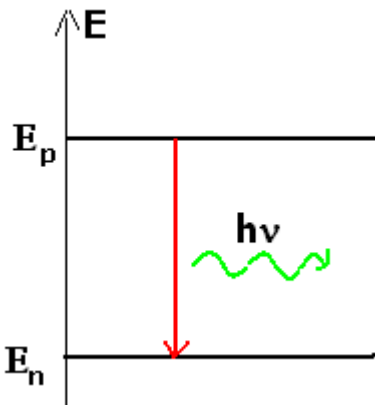
$$E = 1,89eV$$

### 2 - موضوعات بوهر

تبين الدراسة التجريبية لطيف الانبعاث لذرة الهيدروجين في المجال المرئي أنه يتكون من عدة حزمات ملونة توافق كل منها إشعاعا معيناً أحادي اللون ، وهو يتكون من أربع حزمات طول موجاتها هو كالتالي :  $\lambda_1 = 411nm$  و  $\lambda_2 = 435nm$  و  $\lambda_3 = 487nm$  و  $\lambda_4 = 657nm$  .

لتفسير هذه الظاهرة وضع العالم الفيزيائي الدنماركي نيلس بوهر موضوعات تحمل اسمه :

\* تغيرات الطاقة لذرة تغيرات مكماة .



\*

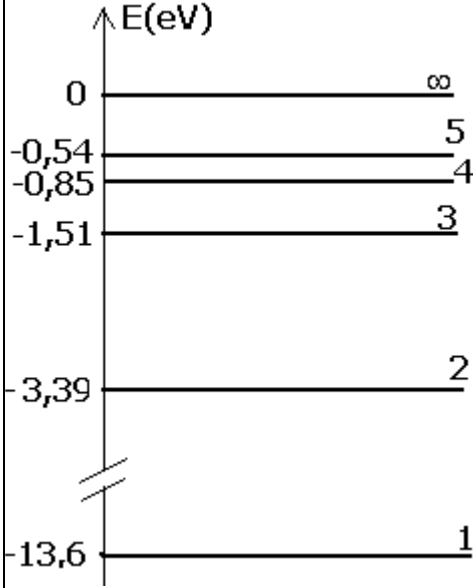
\* يتم انبعاث فوتون تردده  $\nu$  عندما تنتقل الذرة من مستوى طاقي  $E_p$  إلى مستوى طاقي  $E_n$  أقل

$$\text{بحيث : } E_p - E_n = h\nu$$

### III - كمية مستويات الطاقة .

#### 1 - كمية مستويات الطاقة في الذرات

النموذج الذي وضعه بوهر يتناسب والأفكار الجديدة للتكمية ، يتمثل هذا النموذج في كون طاقة الذرة مكمأة أي لا تأخذ سوى بعض القيم المنفصلة والمحددة تسمى **مستويات الطاقة** . أي أن كل مستوى طاقي له طاقة معينة ونميزها بعدد  $n$  يسمى **بالعدد الكمي** ، والذي يأخذ الأعداد 1 و 2 و 3 .....



- مستوى الطاقة بالنسبة للعدد الكمي  $n=1$  يسمى المستوى الأساسي وهو يوافق المستوى ذا الطاقة الأصغر ( الحالة المستقرة للذرة )

- مستويات الطاقة ذات العدد الكمي  $n > 1$  توافق المستويات المثارة .

- المستوى الطاقي ذو العدد الكمي  $n = \infty$  يوافق الطاقة  $E_{\infty} = 0$  حيث الإلكترون غير مرتبط بالنواة . إن هذا الاصطلاح يستوجب أن تكون لكل المستويات الطاقية أخرى طاقة سالبة .

#### مخطط مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين .

في غياب أي اضطراب خارجي ، إذا كانت الحالة الأساسية لذرة هي حالتها البدئية ، فإن الذرة تبقى في هذه الحالة . عندما تكتسب ذرة طاقة خارجية ، فإنها تنتقل من حالتها الأساسية إلى إحدى الحالات المثارة والتي تكون في الغالب غير مستقرة ، لكن سرعان ما تعود إلى إحدى حالاتها ذات مستوى طاقي أقل ، وذلك بفقدان طاقة تكون مكمأة .

#### الانتقال هو المرور من حالة إلى أخرى ذات مستوى طاقي أكبر ( إثارة ) أو ذات مستوى طاقي أقل ( فقدان الاثارة )

##### تمرين تطبيقي :

باستعمال مخطط مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين :

1

الأساسية .

2 - ما هي أكبر قيمة ممكنة لطاقة الانتقال بين حالتين متتاليتين ؟  
الجواب :

1 -

$$E_4 - E_1 = -0,85 - (-13,6) = 12,75eV$$

2 - الحالتان المتتاليتان اللتان تبعدان أكثر عن بعضهما البعض هما الحالة الأساسية والحالة المثارة الأولى :

$$E_2 - E_1 = 10,2eV$$

#### 2 - كمية مستويات الطاقة في الجزيئات

تتكون الجزيئات من ذرات في تأثير بيني ، مما يكثر من عدد مستويات الطاقة ويوسعها مكمأة أيضا ، وهي تتعلق بالإلكترونات ، وياهتزازات الجزيئة حول مركز الكتلة ، وبدورانها

#### 3 - كمية مستويات الطاقة في النوى .

إن طاقة النواة مكمأة كذلك ، بحيث أن ذلك بفقدان طاقة أو باكتسابها . كما يمكن للنواة أن تثار بفعل اصطدامها مع دقيقة مادية عالية الطاقة تتوفر الذرات والجزيئات والنوى على مستويات الطاقة مكمأة .

عندما تتبادل هذه المجموعات طاقة مع الوسط الخارجي ، فإنها تنتقل من مستوى طاقي  $E_p$  إلى مستوى طاقي  $E_n$  أو العكس .

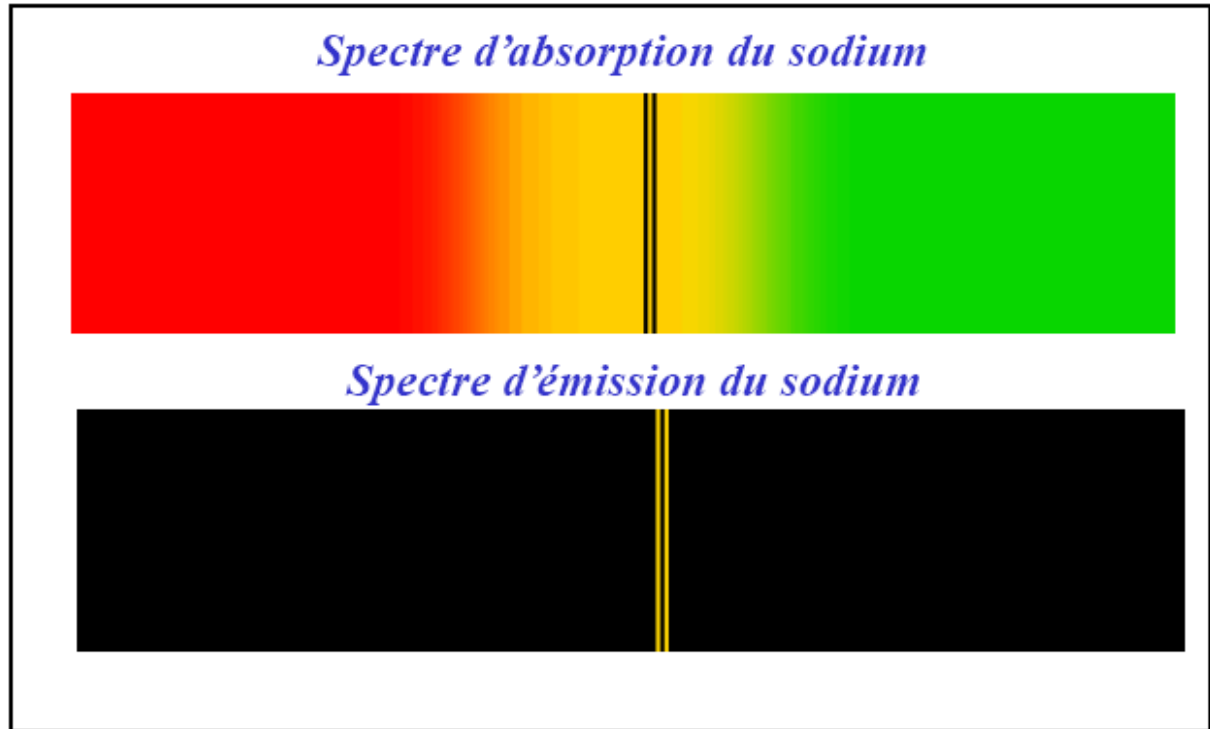
هذه الطاقة المتبادلة تحكمها علاقة بوهر :  $\Delta E = E_p - E_n$  بحيث أن  $E_p > E_n$

## VI - تطبيقات على الأطياف .

### تعريف بطيف ضوء

نسمي طيف ضوء مجموع الإشعاعات التي يتكون منها هذا الضوء ، ويتميز كل إشعاع منها بطول الموجة في الفراغ .

### 1 - أطياف الذرات



<http://www.unice.fr/lasi/pagesperso/golebiowski/cours.htm>

تمثل الوثيقة أعلاه طيف حزمات الامتصاص وطيف حزمات الانبعاث لذرة الصوديوم ولاحظ أن الحزمات المظلمة تحتل نفس مواضع حزمات الانبعاث .

عندما تنتقل ذرة من مستوى طاقي  $E_p$  إلى آخر ذي طاقة  $E_n$  أقل فإنها تفقد طاقة تبعثها على شكل

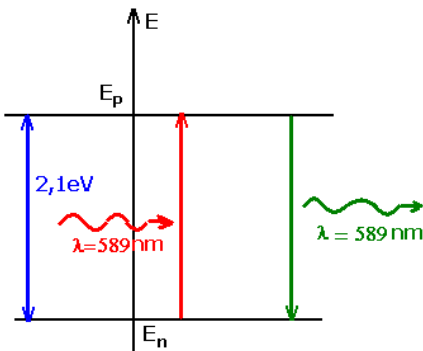
إشعاع تردده  $\nu$  ، بحيث أن  $\Delta E = E_p - E_n = h\nu$

\* كلما كان الفرق  $\Delta E$  كبيرا كلما كان التردد  $\nu$  مهما .

\* ترددات الإشعاعات المنبعثة تحددها مستويات الطاقة ؛ ففي طيف الانبعاث الذري ، كل حزمة أحادية اللون ( أحادية طول الموجة ) توافق انتقالا بين مستويين للطاقة .

\* لا تتعلق مستويات الطاقة لذرة إلا بطبيعة الذرة . هذه الأخيرة تبعث إشعاعات تميزها والتي تكون قادرة على امتصاصها أيضا ؛ إن طيف الانبعاث لذرة يميز الذرة شأنه في ذلك شأن مستويات الطاقة .

وعند إضاءة ذرات بواسطة ضوء أحادي طول الموجة في الفراغ تردده  $\nu$  ، تنتقل الذرة من مستوى طاقي  $E_n$  إلى مستوى طاقي  $E_p$  ( $n < p$ ) مع



امتصاص الإشعاع إذا كانت  $h\nu = E_p - E_n$

إذا كانت  $h\nu$

اضطراب .

عندما تنتقل ذرة من مستوى طاقي  $E_n$  إلى مستوى طاقي  $E_p$  أكبر فإنها تمتص إشعاعاً تردده  $\nu$

بحيث أن  $\Delta E = E_p - E_n = h\nu$  .

### مثال نشاط تجريبي : دراسة طيف حزمات الهيدروجين

تجربة :

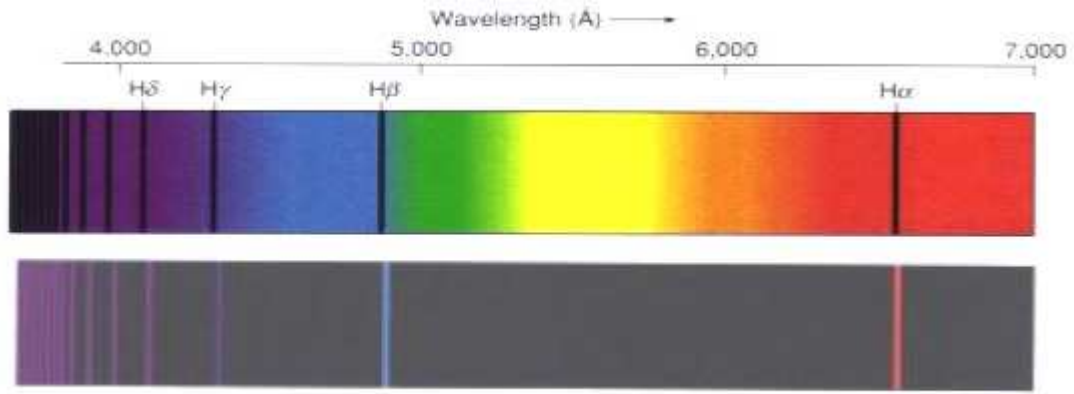
فينبعث منه ضوءا الذي يكون طيف الانبعاث لذرة الهيدروجين . والذي يمكن معاينته بواسطة مطياف .

نلاحظ :

– طيف متقطع .

– يحتوي على حزمات طيفية أهمها الأربع التالية :

657nm أحمر 487nm أزرق 435nm نيلي 411nm بنفسجي



Comparaison des spectres d'émission et d'absorption de l'hydrogène

[www2.ac-lyon.fr/lyc69/herriot/SPC/2nde/cours/PHYSIQUE/chapP4.pdf](http://www2.ac-lyon.fr/lyc69/herriot/SPC/2nde/cours/PHYSIQUE/chapP4.pdf)

في سنة 1908 م اقترح ريتز علاقة رياضية تمكن من حساب أطوال الموجة لطيف الانبعاث لذرة الهيدروجين في المجالات المرئي ، وفوق البنفسجي ، وتحت الأحمر ، وترتبط هذه العلاقة أطوال الموجة  $\lambda_{np}$  بعددين طبيعيين  $n$  و  $p$  حيث  $n=1$  أو  $n=2$  أو  $n=3$  ... و  $p > n$  وهي :

$$R_H = 1,09737320 \cdot 10^7 m^{-1} : \text{Rhydberg ثابتة ريدبيرك } \frac{1}{\lambda_{np}} = R_H \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right) \quad (1)$$

انطلاقاً من قيمة معينة لعدد  $n$  يمكن حساب متسلسلة من الحزمات وذلك بتغيير العدد  $p$  .

– متسلسلة بالمير توافق  $n=2$  وتعطي اطوال الموجة لأربع حزمات مرئية توافق كل حزمة قيمة معينة

لعدد  $p$  .

– متسلسلة باشين نحصل عليها بالنسبة للعدد  $n=3$  و  $p > 3$

متسلسلة ليمان نحصل عليه بالنسبة للعدد  $n=1$  و  $p > 1$

– متسلسلة براكيت نحصل عليها بالنسبة للعدد  $n=4$  و  $p > 4$

في سنة 1913

توصل إلى كون طاقة ذرة هيدروجين معزولة هي :  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$  (eV) ؛ حيث  $n$  عدد صحيح موجب

يسمى العدد الكمي الرئيسي . يستخلص من هذا أن طاقة ذرة الهيدروجين مكماة بحيث لا تأخذ إلا

قيما محددة ، يميزها العدد  $n$  .

استثمار :

- 1 - تحقق من صحة العلاقة (1) بحساب أطوال الموجة للحزات المرئية لمتسلسلة بالمير ، ثم قارن القيم المحصلة مع معطيات الوثيقة .
- 2 - أ - أحسب الترددات  $\nu_{np}$  للحزات الأربع الأولى لمتسلسلات السالفة الذكر .  
ب - أنقل قيم الترددات  $\nu_{np}$  على محور رأسي للترددات ، ممثلا كل حزة بخط أفقي ، ومقرنا بكل حزة العددين  $n$  و  $p$  الموافقين .  
يستعمل السلم  $1cm \leftrightarrow 2.10^{14} Hz$
- 3 - أ - بين أنه إذا كانت طاقة الذرة مكماة ، فإن تغيرات الطاقة  $(E_p - E_n)$  التي توافق التبادلات الطاقية مع الوسط الخارجي هي تغيرات مكماة أيضا .  
ب - أثبت العلاقة التي تمكن من حساب الفرق  $(E_p - E_n)$  .

## 2 - أطراف الجزيئات :

يتكون طيف الامتصاص لجزيئة من حزات ومن مجالات الامتصاص ، حيث تنخفض الشدة الضوئية لإشعاع ممتص فجأة ، حيث يوافق كل قمة مقلوبة تردد الإشعاع الممتص .  
رتبة قدر إشعاع ممتص هي  $10^{11} Hz$  بالنسبة لجزيئة ، مما يدل على أن مجالات الامتصاص توجد غالبا في المجال تحت الأحمر ، وبالتالي فهي غير مرئية ، ومن ثم ينبغي تسجيلها باستعمال مكثفات ذات حساسية لهذه الإشعاعات .

إن تحليل طيف الامتصاص لجزيئة يمكن من التعرف على هذه الجزيئة ، كونه يقدم معلومات عن المجموعة الوظيفية وعن الروابط التي تحتوي عليها الجزيئة .

### تمرين تطبيقي :

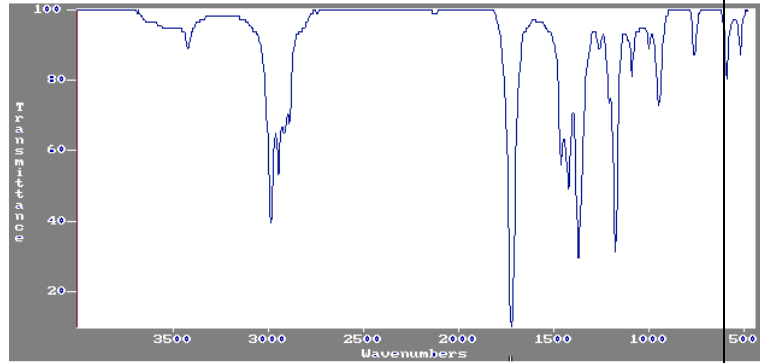
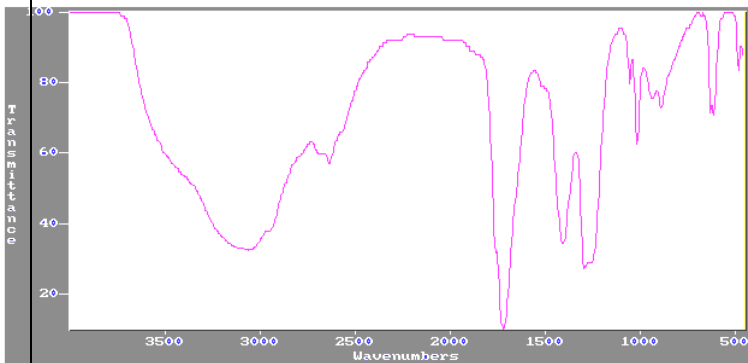
في الكيمياء العضوية تمتص المجموعات المميزة إشعاعات كهرمغناطيسية تمكن من التعرف على الجزيئات ، تتميز هذه الامتصاصات بعدد الموجة  $\sigma = \frac{1}{\lambda} (cm^{-1})$  ، نقدم في الجدول التالي أمثلة منها :

المجموعة المميزة	$C = O$	$O - H$	$C = C$
$\sigma = \frac{1}{\lambda} (cm^{-1})$	1700	3350	1650

1 - أحسب بالوحدة  $(eV)$  طاقات الإشعاعات الممتصة من طرف المجموعات المميزة .

2 - ماذا تستنتج من خلال وجود شرائط الامتصاص بخصوص طاقة الجزيئة ؟

3 - نعتبر الجزيئة البوتان 2 - 2 - أون وحمض الإيثانويك أكتب الصيغة نصف المنشورة لهاتين الجزيئتين .  
أقرن بكل من الطيفين التاليين الجزيئة الموافقة .



### 3 - أطياف النوى

طاقة النواة هي أيضا مكماة ، ففي النشاط الإشعاعي ، تكون النوى الناتجة عن تفتت إشعاعي نوى مثارة . فقدان الإثارة لهذه النوى يصاحبه انبعاث فوتونات ذات طاقة عالية ( إشعاعية النشاط  $\gamma$  ) تميز النوى الباعثة .

رتبة قدر تغيرات الطاقة في النواة تناهز الميغاكيلكترون - فولط (  $MeV$  ) .

#### تمرين تطبيقي :

نعطي جانبه جدولين : الجدول (1) يقدم القيم المتوسطة لشعاعي مداري قمرين اصطناعيين وشعاع مدار القمر . ويعطي الجدول (2) الشعاعات الذرية لمجموعة من العناصر الكيميائية .

الجدول (1)

أقمار الأرض	شعاع المدار ب ( $km$ )
هوبل Hubble	$6,0.10^2$
سبوت 5 spot5	$8,3.10^2$
القمر La lune	$3,83.10^5$

الجدول (2)

العنصر الكيميائي	$H$	$Fe$	$U$
الشعاع الذري ( $pm$ )	25	140	175

1 - دراسة مجموعة الجدول (1)

1 - 1

المستعملة .

2 - 1

1 - 3 استنتج تعبير  $v^2$  مربع سرعة مركز قصور القمر الاصطناعي بدلالة  $r$  شعاع مداره الذي نعتبره دائريا .

1 - 4 نقبل أن تعبير طاقة الوضع الثقالية للقمر الاصطناعي ذي الكتلة  $m$  هو :  $E_{pp} = -G \frac{mM_T}{r}$  ، حيث

$M_T$  كتلة الأرض ، و  $G$  ثابتة التجاذب الكوني و  $r$  شعاع مدار القمر الاصطناعي .

أوجد تعبير الطاقة الميكانيكية  $E_m$  للقمر الاصطناعي . هل  $E_m$  دالة متواصلة بدلالة  $r$  ؟

1 - 5 أعط بالمتري رتبة قدر شعاع مدار كل جسم من الأجسام الواردة في الجدول (1) .

هل رتبنا قدر شعاعي مداري القمرين الاصطناعيين قابلتان للمقارنة مع رتبة قدر شعاع مدار القمر ؟

2 - دراسة مجموعة الجدول (2)

2 - 1 أعط تركيب الذرات  ${}^1_1H$  و  ${}^{56}_{28}Fe$  و  ${}^{238}_{92}U$

2 - 2 حدد رتبة قدر الشعاع الذري لكل عنصر . هل رتب القدر هاته قابلة للمقارنة فيما بينها ؟

2 - 3 فسر لماذا ذرات نفس العنصر الكيميائي لها نفس الشعاع الذري ؟

هل تعتبر المماثلة بين المجموعات : { أرض - أقمار اصطناعية } من جهة والمجموعة الذرية { نواة -

إلكترونات } من جهة ثانية مماثلة مشروعة ؟ ما تستخلص ؟