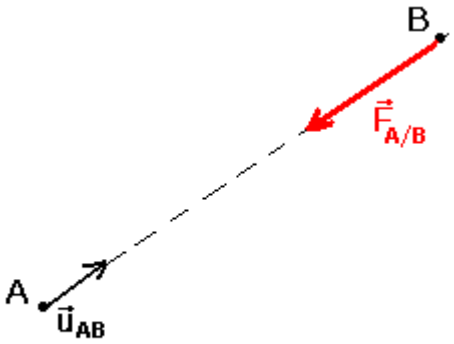
الذرة ومكانيك نيوتن
Atome et mecanique de Newton
خاص بالعلوم الرياضية والعلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية

I ـ حدود ميكانيك نيوتن

1 ـ قانون نيوتن وقانون كولم

أ ـ قانون نيوتن : التأثير البيني التجاذبي



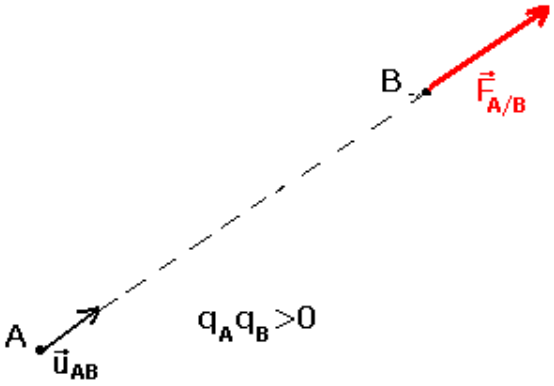
جسمان نقطيان A كتلته m_A و B كتلته m_B يطبق الواحد منهما على الآخر قوة تجاذب كوني اتجاهها هو المستقيم المار من A و B ، ومنحاهما نحو الجسم المؤثر ، وشدتهما تساوي :

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

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

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

ب ـ قانون كلوم



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

بحيث أن $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ حيث ε_0 هي ثابتة العزل في الفراغ

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

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

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

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

2 ـ النموذج الكوكبي للذرة

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

3 ـ حدود ميكانيك نيوتن

بالنسبة لمجموعة كوكبية (أرض ـ 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 مكيانيك نيوتن تعجز عن تفسيره .

لايمكن 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 أطياف الذرات

II ـ تكمية التبادلات الطاقية

يحدث تبادل الطاقة

ـ عند اصطدام ذرة بدقيقة مادية

ـ 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 ـ 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 كهرمغنطيسية ترددها ν ، وطول موجتها في الفراغ λ من فوتونات .

طاقة كل فوتون : $E = h.\nu = h\frac{c}{\lambda}$.

ν تردد الموجة ب Hz و λ طول الموجة ب المتر m و h ثابتة بلانك $(J.s)$ و E طاقة الفوتون ب J .

للتعبير عن طاقة الفوتون نستعمل غالبا الإلكترون ـ فولط : $1eV = 1,60.10^{-19} J$

تمرين تطبيقي :

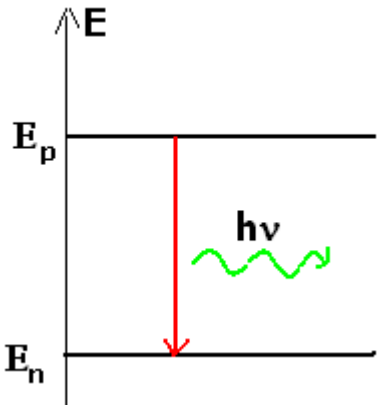
أحسب بالجول ، ثم بالإلكترون فولط ، طاقة فوتون مقرون بلإشعاع الأحمر لطيف يساوي $657nm$. نعطي : سرعة الضوء في الفراغ : $c = 3,00.10^8 m/s$ و ثابتة بلانك

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

الجواب : طاقة الفوتون هي : $E = h.\nu = \frac{h.c}{\lambda}$

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

حساب طاقة الفوتون ب eV : $E = 1,89eV$



2 ـ موضوعات بوهر

تبين الدراسة التجريبية لطيف الانبعاث لذرة الهيدروجين في المجال المرئي أنه يتكون من عدة حزات ملونة توافق كل منها إشعاعا معينا أحادي اللون ، وهو يتكون من أربع حزات 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 .

*

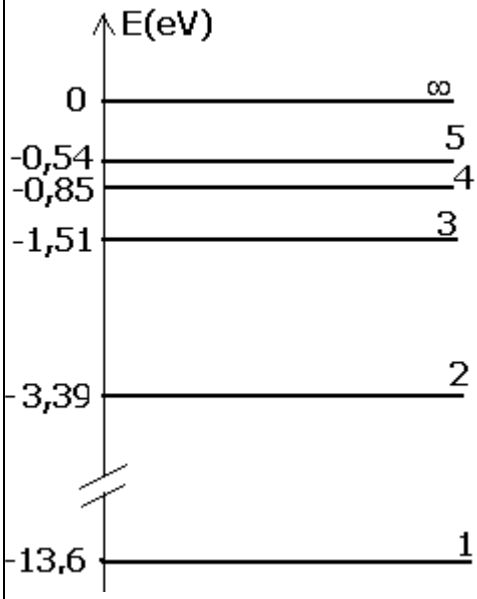
* يتم انبعاث فوتون تردده ν عندما تنتقل الذرة من مستوى طاقي E_p إلى مستوى طاقي E_n أقل

بحيث : $E_p - E_n = h\nu$

III ـ تكمية مستويات الطاقة .

1 ـ تكمية مستويات الطاقة في الذرات

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



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

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

ـ المستوى الطاقي دو العدد الكمي $n=\infty$ يوافق الطاقة $E_\infty = 0$

حيث الإلكترون غير مرتبط بالنواة . إن هذا الاصطلاح يستوجب أن تكون لكل المستويات الطاقية تأخرى 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 مكماة .

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 ـ ما هي أكبر قيمة ممكنة لطاقة الانتقال بين حالتين متتاليتين ؟

الجواب :

ـ 1

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

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

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

2 ـ تكمية مستويات الطاقة في الجزيئات

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

3 ـ تكمية مستويات الطاقة في النوى .

إن طاقة النواة مكماة كذلك ، بحيث أن

وذلك بفقدان طاقة أو باكتسابها . كما يمكن للنواة أن تثار بفعل اصطدامها مع دقيقة مادية عالية الطاقة

تتوفر الذرات والجزيئات والنوى على مستويات الطاقة مكماة .

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

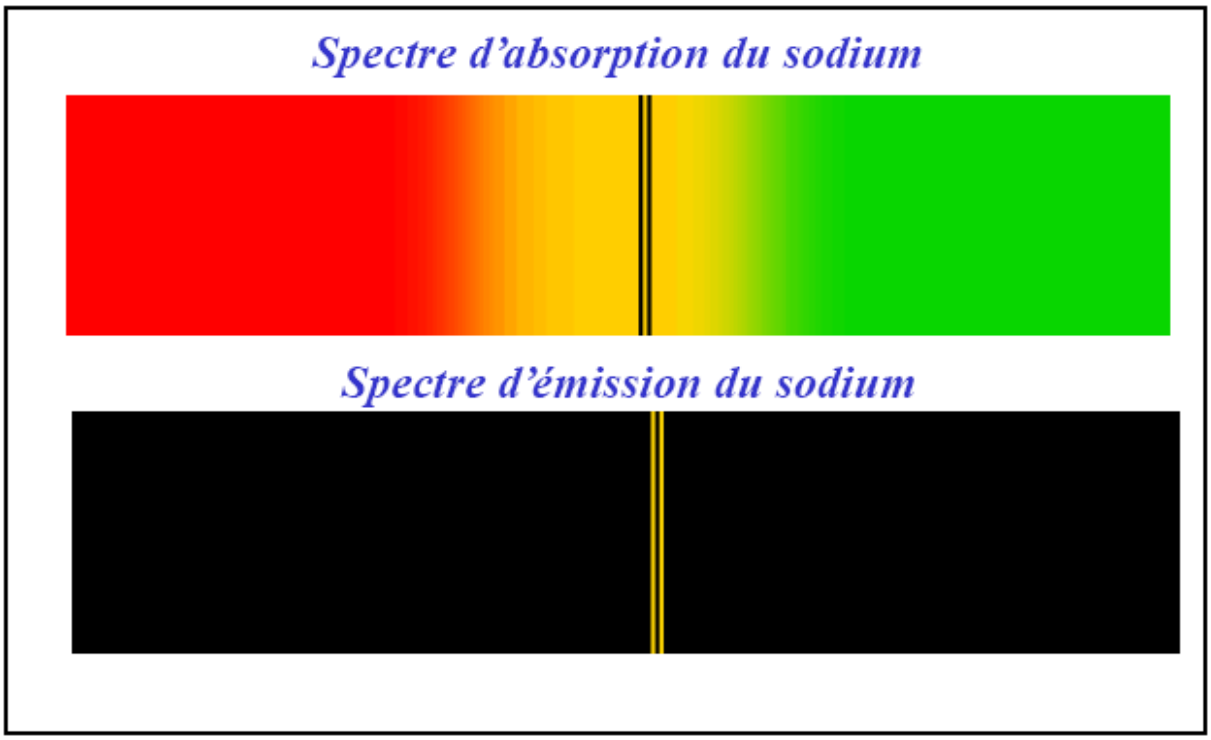
هذه الطاقة التبادلة تحكمها علاقة بوهر : $\Delta E = E_p - E_n$ بحيث أن $E_P > E_n$

VI ـ 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 ـ أطياف الذرات

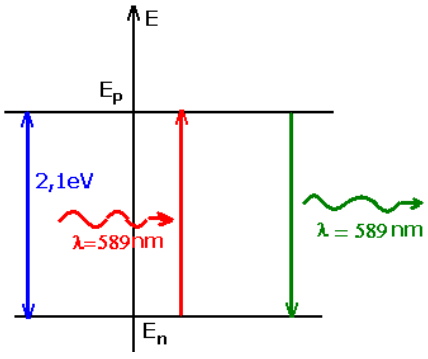


http://www.unice.fr/lasi/pagesperso/golebiowski/cours.htm

تمثل الوثيقة أعلاه طيف حزات الامتصاص وطيف حزات الانبعاث لذرة الصوديوم ويلاحظ أن الحزات المظلمة تحتل نفس مواضع حزات الانبعاث .

عندما تنتقل ذرة من مستوى طاقي E_P إلى آخر ذي طاقة E_n أقل فإنها تفقد طاقة تبعثها على شكل إشعاع تردده ν ، بحيث أن $\Delta E = E_p - E_n = h\nu$

* كلما كان الفرق ΔE كبيرا كلما كان التردد ν مهما .
* ترددات الإشعاعات المنبعثة تحددها مستويات الطاقة ؛ ففي طيف الانبعاث الذري ، كل حزة 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 ν ، تنتقل الذرة من مستوى طاقي E_n إلى مستوى طاقي E_P مع $(n < p)$

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

إذا كانت $h\nu$

اضطراب .

عندما تنتقل ذرة من مستوى طاقي E_p إلى مستوى طاقي E_n أكبر فإنها تمتص إشعاعا تردده ν

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

مثال نشاط تجريبي : دراسة طيف حزات الهيدروجين

تجربة :

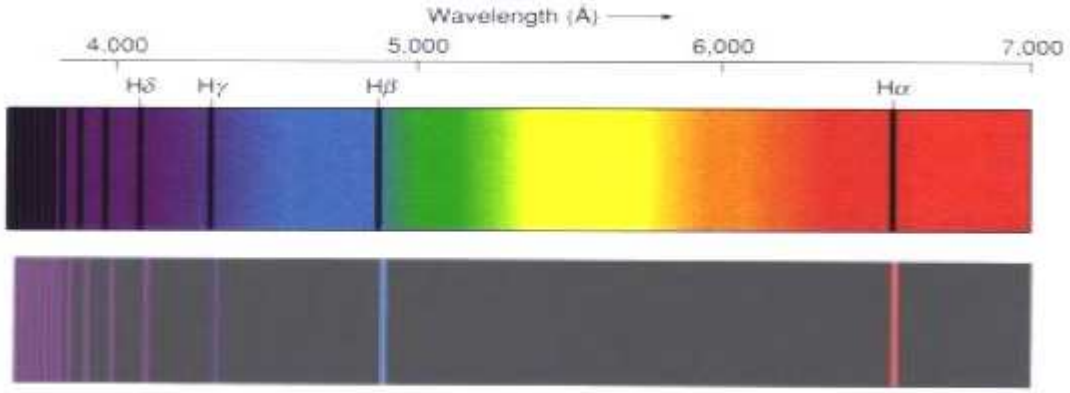
فينبعث منه ضوءا الذي يكون طيف الانبعاث لذرة الهيدروجين . والذي يمكن معاينته بواسطة مطياف .

نلاحظ :

ـ طيف متقطع .

ـ يحتوي على حزات طيفية أهمها الأربع التالية :

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



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

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 ، وتربط هذه العلاقة أطوال الموجة λ_{np} بعددين طبيعيين n و p حيث $n=1$ أو $n=2$ أو $n=3$ ... و $p>n$ وهي :

$$\frac{1}{\lambda_{np}} = R_H\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2}\right) \qquad (1)$$ بحيث أن R_H ثابتة ريدبيرك Rhydberg : $R_H = 1,09737320.10^7\, m^{-1}$

انطلاقا من قيمة معينة لعدد n يمكن حساب متسلسلة من الحزات وذلك بتغيير العدد p .

ـ متسلسلة بالمير توافق $n=2$ وتعطي اطوال الموجة لأربع حزات مرئية توافق كل حزة قيمة معينة لعدد p .

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

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

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

في سنة 1913

توصل إلى كون طاقة ذرة هيدروجين معزولة هي : (eV) $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ ؛ 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 ـ تحقق من صحة العلاقة (1) بحساب أطوال الموجة للحزات المرئية لمتسلسلة بالمير ، ثم قارن القيم المحصلة مع معطيات الوثيقة .

2 ـ أ ـ أحسب الترددات ν_{np} للحزات الأربع الأولى لمتسلسلات السالفة الذكر .

ب ـ أنقل قيم الترددات ν_{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 ـ أ ـ بين أنه إذا كانت طاقة الذرة مكماة ، فإن تغيرات الطاقة $\left(E_p - E_n\right)$ التي توافق التبادلات الطاقية مع الوسط الخارجي هي تغيرات مكماة أيضا .

ب ـ أثبت العلاقة التي تمكن من حساب الفرق $\left(E_p - E_n\right)$.

2 ـ أطياف 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 تم 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 كهرمغنطيسية تمكن من التعرف على الجزيئات ، تتميز هذه الامتصاصات بعدد الموجة $\sigma = \frac{1}{\lambda}\left(cm^{-1}\right)$ ، نقدم في الجدول التالي أمثلة منها :

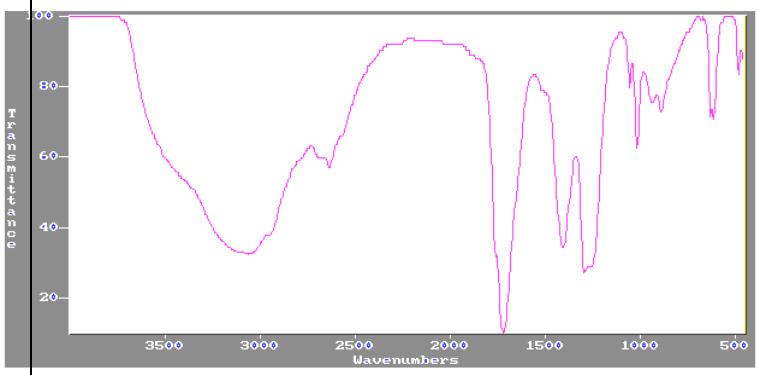
المجموعة المميزة	$C=O$	$O-H$	$C=C$
$\sigma = \frac{1}{\lambda}\left(cm^{-1}\right)$	1700	3350	1650

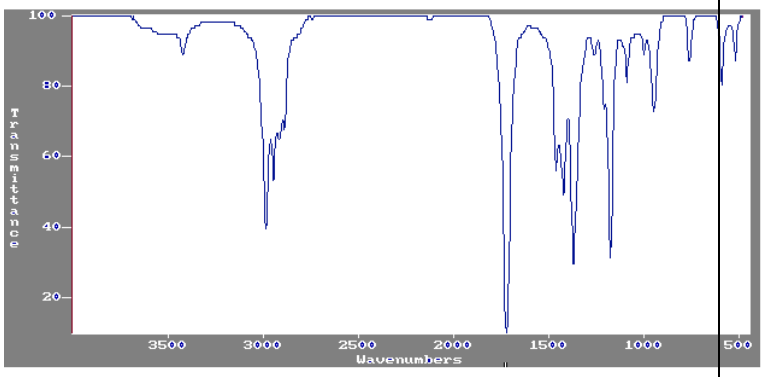
1 ـ أحسب بالوحدة (eV) طاقات الإشعاعات الممتصة من طرف المجموعات المميزة .

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

3 ـ نعتبر الجزيئة البوتان ـ 2 ـ أون وحمض الإيثانويك أكتب الصيغة نصف المنشورة لهاتين الجزيئتين .

أقرن بكل من الطيفين التاليين الجزيئة الموافقة .





3 ـ 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 γ) تميز النوى الباعثة .

رتبة قدر تغيرات الطاقة في النواة تناهز الميغاإلكترون ـ 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 Huble	$6,0.10^2$
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 ـ دراسة مجموعة الجدول (1)

1 ـ 1

المستعملة .

2 ـ 1

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

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

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

2 ـ دراسة مجموعة الجدول (2)

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

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

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

هل تعتبر المماثلة بين المجموعات : { أرض ـ أقمار اصطناعية } من جهة والمجموعة الذرية { نواة ـ إلكترونات } من جهة ثانية مماثلة مشروعة ؟ ما تستخلص ؟