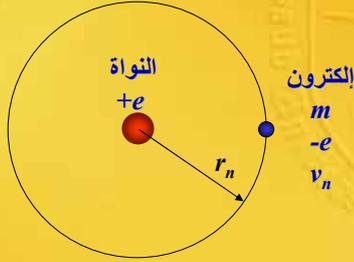


(ب) مستويات الطاقة

نفترض وجود الإلكترون في مدار دائري ثابت حول النواة (مع اعتبار النواة ثقيلة جداً أي في حالة سكون) نصف قطره r_n وسرعة هذا الإلكترون المدارية هي v_n .



ولكن يسير هذا الإلكترون في مداره يجب تساوي القوة المركزية (centripetal force) مع قوة الجذب الكولومي (Coulomb force) أي أن:

$$\frac{mv_n^2}{r_n} = k \frac{e^2}{r_n^2}, \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad (1)$$

ولكن حسب فرضية بوهر الثانية والتي تنص على أن المدارات المسموح بها للإلكترون هي التي تكون فيها كمية حركة الإلكترون الزاوية تساوي $n\hbar$ أي أن:

$$mv_n r_n = n\hbar \quad (2)$$

$$v_n = \frac{n\hbar}{mr_n} \quad (3)$$

وبالتعويض عن v_n في المعادلة (1) نجد أن:

$$\frac{m}{r_n} \left(\frac{n\hbar}{mr_n} \right)^2 = k \frac{e^2}{r_n^2}$$

$$r_n = n^2 \frac{\hbar^2}{kme^2} = n^2 a_0 \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (4)$$

ويسمى المقدار $a_0 = \frac{\hbar^2}{kme^2}$ بنصف قطر مدار بوهر الأول لذرة الهيدروجين وعند التعويض عن قيم \hbar, k, m, e^2 نحصل على قيمه

$$a_0 = 0.528 \text{ \AA}$$

والتي تطابق ما حصل عليه تجريبياً .

لذا يمكن حسب نظرية بوهر أنه يوجد الإلكترون فقط في المدارات التالية :

$$r_n = a_0, 4a_0, 9a_0, 16a_0, \dots$$

ويمكن الحصول على سرعة الإلكترون المدارية بالتعويض عن قيمة r_n من المعادلة (4) في المعادلة (3) أي أن :

$$v_n = \frac{1}{n} \frac{ke^2}{\hbar} = \frac{v_1}{n} \quad (5)$$

حيث

$$v_1 = \frac{k}{mr_1} = \frac{ke^2}{\hbar}$$

وبالمثل يمكن أن تكون سرعة الإلكترون في المدارات المسموح بوجوده فيها هي:

$$v_n = v_1, \frac{v_1}{2}, \frac{v_1}{3}, \frac{v_1}{4}, \dots$$

إن مدارات الإلكترون تتضمن طاقات مختلفة ، وال طاقة الكلية E_n للإلكترون في المدار n عبارة عن مجموع طاقته الحركية وطاقته الكامنة أي أن

$$E_n = \frac{1}{2}mv_n^2 + \left(-\frac{ke^2}{r_n}\right) \quad (6)$$

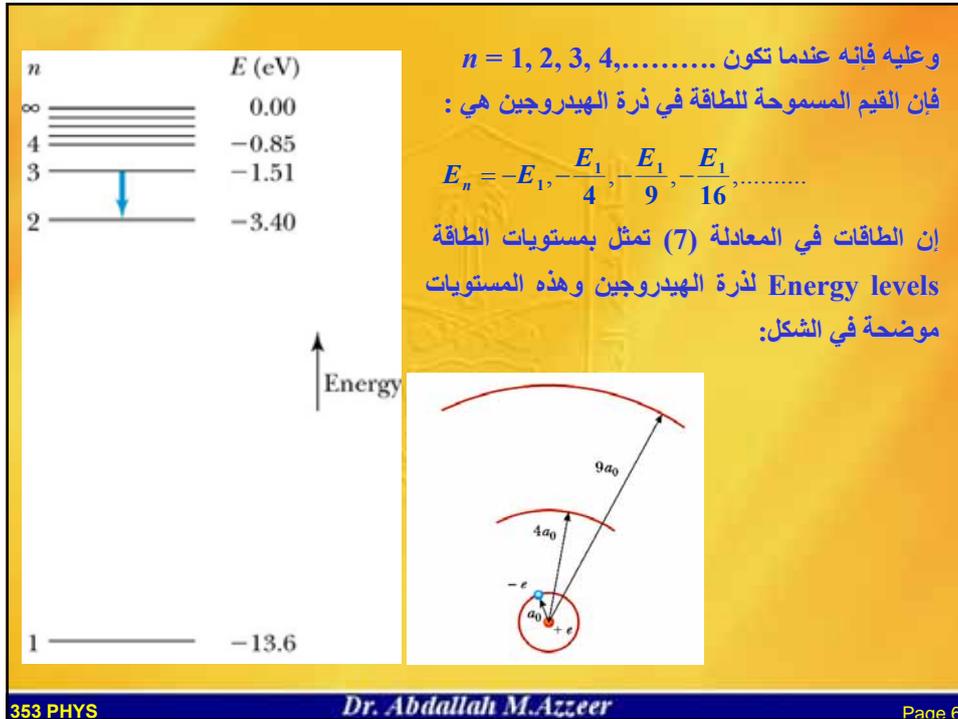
وبالتعويض عن قيمة v_n من المعادلة (3) وكذلك بالتعويض عن قيمة r_n من المعادلة (6) نحصل على:

$$E_n = \frac{1}{2}m \left(\frac{n^2 \hbar^2}{m^2 r_n^2} \right) - \frac{ke^2}{r_n} = \frac{1}{2} \frac{n^2 \hbar^2}{m} \left(\frac{n^2 \hbar^2}{kme^2} \right)^{-2} - ke^2 \left(\frac{n^2 \hbar^2}{kme^2} \right)^{-1}$$

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \left(\frac{k^2 m e^4}{2 \hbar^2} \right) = -\frac{E_1}{n^2} \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (7)$$

$$E_1 = \left(\frac{k^2 m e^4}{2 \hbar^2} \right) = 13.58 \text{ eV} \quad (8)$$

E_1 هي مقدار طاقة الإلكترون في مدار بوهر الأول لذرة الهيدروجين. وعندما تكون $n = 1$ فإن $E_1 = -13.58 \text{ eV}$ وهذه النتيجة التي حصل عليها بواسطة نموذج بوهر تطابق القيم المقاسة لطاقة الارتباط للإلكترون في ذرة الهيدروجين.



(ج) طيف الهيدروجين

لو انتقل إلكترون من مدار n_i ذو الطاقة الابتدائية E_i (غير مدار الحالة الأرضية) إلى مدار ذو الطاقة النهائية E_f فحسب الفرضية الثالثة لبوهر فإن الإلكترون يفقد طاقة تبعث على شكل فوتون أي أن:

$$\Delta E = E_i - E_f = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$



$$E_i = -\frac{E_1}{n_i^2}, \quad E_f = -\frac{E_1}{n_f^2}, \quad E_1 = \left(\frac{k^2 m e^4}{2\hbar^2}\right) = 13.58 \text{ eV} \quad \text{ولكن}$$

$$\nu = \frac{E_i}{h} - \frac{E_f}{h}$$

إن تردد هذا الفوتون يكون

$$\nu = -\frac{E_1}{h n_i^2} - \left(-\frac{E_1}{h n_f^2}\right) = \frac{E_1}{h} \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$$

$$\nu = \frac{E_1}{h} \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right) \quad (9)$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = c\bar{\nu} \quad \text{وحيث أن}$$

حيث $\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda}$ ويسمى بالعدد الموجي (عدد الموجات لوحدة الطول)

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{E_1}{hc} \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$$

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R_\infty \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right) \quad \text{أو} \quad (10)$$

$$R_\infty = \frac{E_1}{hc} = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\right)^2 \frac{m e^4}{4\hbar^3 c} = 1.097373 \times 10^7 \text{ m}^{-1} \quad \text{حيث:} \quad (11)$$

$$R_{\infty} = \frac{E_1}{hc} = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \frac{me^4}{4\pi\hbar^3c} = 1.097373 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

ويسمى الثابت R_{∞} بثابت رايبيرج (Rydberg constant) عندما تكون النواة ثقيلة (∞) أي في حالة سكون .

إن قيمة ثابت رايدبرج حُصل عليها تجريبياً وتساوي

$$(R_{\infty})_{\text{exp}} = 109677.576 \pm 0.012 \text{ cm}^{-1}$$

ويلاحظ أن هذه القيمة لثابت رايدبرج تتفق نوعاً ما مع النتائج النظرية .

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R_{\infty} \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

وبالإشارة إلى المعادلة (أعلاه) نجد أن الطيف المنبعث من ذرة هيدروجين مثارة يتضمن أطوالاً موجية معينة فقط إضافة إلى ذلك، فإن هذه الأطوال الموجية تقع ضمن سلاسل معينة، كل من هذه السلاسل تتحدد بالعدد الكمي النهائي n_f .

وبما أن العدد الكمي الابتدائي n_i يجب أن يكون أكبر من العدد الكمي النهائي n_f نجد أن المعادلات لسلاسل الطيف الخمس الأولى هي:

$$\text{Lyman Series : } n_f = 1 : \frac{1}{\lambda} = R_{\infty} \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) , \quad n = 2, 3, 4, \dots$$

$$\text{Balmer Series: } n_f = 2 : \frac{1}{\lambda} = R_{\infty} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) , \quad n = 3, 4, 5, \dots$$

$$\text{Paschen Series : } n_f = 3 : \frac{1}{\lambda} = R_{\infty} \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) , \quad n = 4, 5, 6, \dots$$

$$\text{Brackett Series : } n_f = 4 : \frac{1}{\lambda} = R_{\infty} \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right) , \quad n = 5, 6, 7, \dots$$

$$\text{Pfund Series: } n_f = 5 : \frac{1}{\lambda} = R_{\infty} \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right) , \quad n = 6, 7, 8, \dots$$

وهذه السلاسل تتفق مع السلاسل المشاهدة تجريبياً والتي ناقشناها سابقاً. وكما هو ملاحظ أن سلسلة ليمان تنتج من انتقال الإلكترون من مستويات الطاقة العليا إلى المستوى $n_f = 1$

وسلسلة بالمر تنتج من انتقال الإلكترون إلى المستوى $n_f = 2$

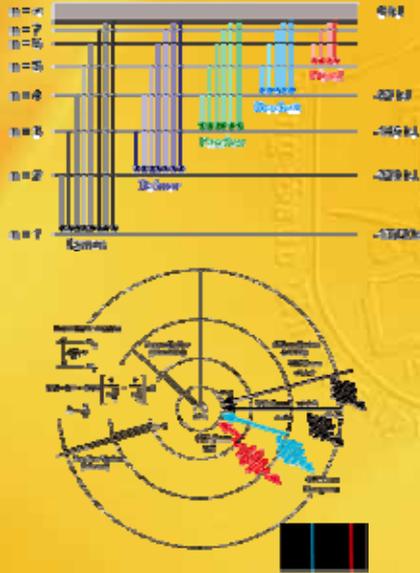
وسلسلة باشن تنتج من انتقال الإلكترون إلى المستوى $n_f = 3$

وسلسلة براكت تنتج من انتقال الإلكترون إلى المستوى $n_f = 4$

وسلسلة بفوند تنتج من انتقال الإلكترون إلى المستوى $n_f = 5$

وتجدر الإشارة هنا إلى أن حجم صغير من الهيدروجين يوجد فيه بلاين الذرات والتي تكون جميعها عند درجة حرارة الغرفة في الحالة الأرضية. ولكن باستخدام تفريغ كهربائي أو طرق أخرى يمكن للإلكترونات أن تصعد إلى مستويات طاقة أعلى من الحالة الأرضية وتظل فيها فترة قصيرة جداً ومن ثم تعود إلى الحالة الأرضية وبذلك تبعث إشعاع كهرومغناطيسي على هيئة فوتونات ذات ترددات معينة.

Energy Levels of the Hydrogen Atom



ويلاحظ أن نظرية بوهر لم تتوقع فقط سلسلة بالمر بل أكثر من سلسلة كما ذكر سابقاً وسميت هذه السلاسل باسم العالم الذي اكتشفها كما هو مبين بالشكل المجاور:

والملاحظ من الشكل أن سلسلة بالمر تقع في المنطقة المرئية (visible region) ولهذا السبب لم يتم اكتشاف السلاسل الأخرى قبل وضع نظرية بوهر.

353 PHYS

Dr. Abdallah M. Azzeer

Page 13

EXAMPLE 40.7 The Balmer Series for Hydrogen

The Balmer series for the hydrogen atom corresponds to electronic transitions that terminate in the state of quantum number $n = 2$, as shown in Figure 40.19. (a) Find the longest-wavelength photon emitted in this series and determine its energy.

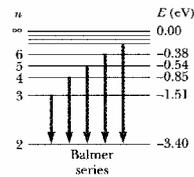


FIGURE 40.19 (Example 40.8) Transitions responsible for Balmer series for the hydrogen atom. All transitions in this series terminate at the $n = 2$ level.

Solution The longest-wavelength photon in the Balmer series results from the transition from $n = 3$ to $n = 2$. Using Equation 40.30 gives

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} &= R_H \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \\ \frac{1}{\lambda_{\max}} &= R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = \frac{5}{36} R_H \\ \lambda_{\max} &= \frac{36}{5 R_H} = \frac{36}{5(1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1})} \\ &= 656.3 \text{ nm} \quad (\text{red}) \end{aligned}$$

The energy of this photon is

$$\begin{aligned} E_{\text{photon}} &= hf = \frac{hc}{\lambda_{\max}} \\ &= \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{656.3 \times 10^{-9} \text{ m}} \\ &= 3.03 \times 10^{-19} \text{ J} = 1.89 \text{ eV} \end{aligned}$$

We could also obtain the energy by using the expression $hf = E_3 - E_2$, where E_2 and E_3 can be calculated from Equation 40.26. Note that this is the lowest-energy photon in this series because it involves the smallest energy change.

(b) Find the shortest-wavelength photon emitted in the Balmer series.

Solution The shortest-wavelength photon in the Balmer series is emitted when the electron makes a transition from $n = \infty$ to $n = 2$. Therefore,

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda_{\min}} &= R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty} \right) = \frac{R_H}{4} \\ \lambda_{\min} &= \frac{4}{R_H} = \frac{4}{1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}} = 364.6 \text{ nm} \end{aligned}$$

This wavelength is in the ultraviolet region and corresponds to the series limit.

Exercise Find the energy of the shortest-wavelength photon emitted in the Balmer series for hydrogen.

Answer 3.40 eV.

353 PHYS

Dr. Abdallah M. Azzeer

Page 14

Worked example:

- a) Calculate the angular momentum of the moon due to its orbital momentum around the Earth. In your calculation use 3.84×10^8 m as the average earth/moon distance, and 2.36×10^6 s as the period of the moon in its orbit.

The velocity of the moon in its orbit is

$$v = 2 \pi r / T = 2 (3.142) (3.84 \times 10^8 \text{ m}) / 2.36 \times 10^6 \text{ s}$$

$$= 1.02 \times 10^3 \text{ m/s}$$

$$\text{So, } L = mvr = (7.36 \times 10^{22} \text{ kg})(1.02 \times 10^3 \text{ m/s})(3.84 \times 10^8 \text{ m})$$

$$= 2.89 \times 10^{34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}$$

Worked example:

- b) Determine the corresponding quantum number if the moon's angular momentum is given by the Bohr postulate $mvr = nh/2\pi$

$$\text{We have } L = mvr = nh/2\pi$$

$$\text{Therefore } n = 2\pi L / h = 2\pi (2.89 \times 10^{34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}) / 6.62 \times 10^{-34}$$

$$n = 2.74 \times 10^{68}$$

Worked example:

c) By what fraction would the Earth/moon distance increase with a quantum jump in orbit of $n=1$?

We have $nh/2\pi = L = mvr$,

We need to find an expression for r in terms of n :

From the above equation we have $r = nh/2\pi mv$ so we need to determine v ?

Since the moon is in a stable orbit then the gravitational force is equal to the centripetal force

$$\text{ie } G M_e M_m / r^2 = M_m v^2 / r \quad \text{or } v = [G M_e / r]^{1/2}$$

$$\text{Therefore } r = nh/2\pi mv = nh / 2\pi m [G M_e / r]^{1/2}$$

which simplifies to $r = h^2 n^2 / (2\pi m)^2 G M_e = K n^2$ (where K is a const)

$$\Delta r/r = [K(n+1)^2 - K(n^2)] / K n^2 = (2n+1) / n^2 = 2/n \text{ for large } n$$

$$\text{Since } n = 2.74 \times 10^{68} \text{ then } \Delta r/r = 7.3 \times 10^{-69}$$

Worked example:

Suppose the lifetime of the $n=3$ state of the H atom is $\tau=10^{-10}$ s. How many revolutions (N) does the electron makes around the proton before it goes into the lower state?

$$\text{Solution: The time of a revolution is } T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{4\pi^2 m r^2}{hn}$$

$$r = n^2 a_0 = 9a_0 = 4.8 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{Now } n=3 \text{ and } T = \frac{4 \times (3.14)^2 \times 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \times (4.8 \times 10^{-10} \text{ m})^2}{3 \times 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}} = 4 \times 10^{-15} \text{ s}$$

$$N = \frac{\tau}{T} = \frac{10^{-10} \text{ s}}{4 \times 10^{-15} \text{ s}} = 25,000$$

It makes sense of talking of a quasi-stable orbit even for such a highly unstable state.

تعديل نظرية بوهر:

في التحليل السابق افترض أن نواة ذرة الهيدروجين ثقيلة أي تعتبر ساكنة لذلك سوف نرى ماذا يحدث عندما تؤخذ حركة النواة في الحسبان .
هذا التعديل في النظرية استخدم لاكتشاف نظير الهيدروجين (ديتيريوم). وكذلك يمكن استخدامه من التوسع في تطبيق النظرية لذرات أخرى مماثلة لذرة الهيدروجين.

تصحيح النظرية لحركة النواة:

في تحليلنا السابق افترضنا أن الإلكترون يدور حول نواة ساكنة والحقيقة أن الإلكترون والنواة (باعتبارها كتلة محدودة) يدوران حول مركز كتلتهما كما هو مبين بالشكل.



353 PHYS

Dr. Abdallah M. Azzeer

Page 19



$$R = r_1 + r_2$$

$$M = \sum_i M_i$$

$$I = Mr_1^2 + mr_2^2$$

$$Mr_1 = mr_2$$

$$I = \frac{mM}{m+M}(r_1 + r_2)^2 = \frac{mM}{m+M}R^2$$

$$\mu = \frac{mM}{m+M} : \text{reduced mass}$$

إن مركز الكتلة (center of mass) يكون قريباً من النواة لأن كتلة النواة أكبر بكثير من كتلة الإلكترون . وتكون النواة والإلكترون في موقعين متقابلين بالنسبة لمركز الكتلة نجد أن كمية الحركة الخطية لهما متعاكسة وكمية linear Momentum محفوظة conserved للذرة ككل تبقى محافظة

353 PHYS

Dr. Abdallah M. Azzeer

Page 20

إن هذا النظام (النواة + الإلكترون) يكافئ جسمًا كتلته μ يدور حول موقع الجسم الأكبر. فإذا كانت كتلة الإلكترون m والبروتون M فإن .

$$\mu = \frac{mM}{m + M} \quad (12)$$

ويسمى الكتلة μ بالكتلة المصغرة (Reduce Mass) للإلكترون لأنها أصغر من m ولكي نصحح المعادلة (7) آخذين في الاعتبار حركة النواة، علينا أن نستبدل كل m بـ μ وبذلك تصبح مستويات الطاقة:

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \left(\frac{k^2 \mu e^4}{2\hbar^2} \right), \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (13)$$

ونتيجة لحركة النواة نجد أن جميع مستويات طاقة ذرة الهيدروجين تنحرف بنسبة

$$\frac{\mu}{m} = \frac{M}{m + M} = \frac{1836}{1837} = 0.99945$$

كذلك يمكن تصحيح العلاقة (10) بحيث تصبح علاقة العدد الموجي كالتالي:

كذلك يمكن تصحيح العلاقة (10) بحيث تصبح علاقة العدد الموجي كالتالي:

$$\bar{\nu}_c = \frac{1}{\lambda_c} = R_M \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \quad (14)$$

حيث :

$$R_M = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \frac{\mu e^4}{4\pi\hbar^3 c} = 1.0967758 \times 10^7 \text{ m}^{-1} \quad (15)$$

ويشير حرف c في العلاقة (14) للدلالة على تصحيح النظرية واعتبار كتلة النواة محدودة. وحيث أن ثابت رايدبرج عند اعتبار كتلة النواة ثقيلة جداً (انظر علاقة (11)) يعطى بالعلاقة:

$$R_\infty = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \frac{m e^4}{4\pi\hbar^3 c} = 1.097373 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

فإن:

$$R_M = \frac{\mu}{m} R_\infty = \left(\frac{M}{m + M} \right) R_\infty$$

ويلاحظ أن قيمة ثابت رايدبرج باعتبار كتلة النواة محدودة (العلاقة (15)) تتطابق مع النتيجة العملية.

إن الأخذ باعتبار كتلة النواة محدودة (غير ساكنة) أدى إلى اكتشاف الديوتيريوم (Deuterium) نظير الهيدروجين الذي وزنه الذري يساوي تقريباً ضعف الوزن الذري للهيدروجين الاعتيادي (^1H) وذلك لوجود النيوترون بالإضافة إلى البروتون في نواة هذا النظير. ولكون كتلة نواة الديوتيريوم أكبر من كتلة نواة الهيدروجين الاعتيادي فإن خطوط طيف الديوتيريوم تنحرف قليلاً نحو أطوال موجية أقصر مما هي عليه لذرة الهيدروجين الاعتيادي فعلى سبيل المثال وجد أن الخط H_{α} في طيف الديوتيريوم له طول موجي 656.1 nm في حين يكون الطول الموجي لنفس الخط لطيف الهيدروجين الاعتيادي يساوي 656.3 nm. الفرق بين طول هاتين الموجتين يمكن ملاحظته بسهولة وبالتالي يمكن تشخيص الديوتيريوم.



353 PHYS

Dr. Abdallah M. Azzeer

Page 23

EXAMPLE 5.4 Calculate the Rydberg constant for ordinary hydrogen. Use this value to determine the long- and short-wavelength limits of the Lyman ($n_f = 1$) and Balmer series.

SOLUTION The Rydberg constant for a system with nuclear mass M_N may be written

$$R_N = \frac{R_{\infty}}{1 + m/M_N}$$

The ratio of the electron mass to the proton mass is

$$\frac{m}{M} = \frac{0.511 \text{ MeV}/c^2}{938.3 \text{ MeV}/c^2} = \frac{1}{1836}$$

Therefore,

$$R_H = \frac{1.097373 \times 10^7}{1 + 1/1836} = 1.096776 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

The long- and short-wavelength limits of a given series correspond to the transitions from $n_i = \infty$ to n_f and from $n_i = n_f + 1$ to n_f , respectively. For the Lyman series, $n_f = 1$, and the two wavelength limits are given by

$$\frac{1}{\lambda_{\text{long}}} = R_H \left(1 - \frac{1}{\infty^2} \right) = 1.096776 \times 10^7 \text{ m}^{-1} \quad \lambda_{\text{long}} = 91.13 \text{ nm}$$

$$\frac{1}{\lambda_{\text{short}}} = R_H \quad \lambda_{\text{short}} = 91.13 \text{ nm}$$

For the Balmer series, $n_f = 2$. Hence,

$$\frac{1}{\lambda_{\text{long}}} = R_H \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{\infty^2} \right) = 0.274194 \times 10^7 \text{ m}^{-1} \quad \lambda_{\text{long}} = 364.509 \text{ nm}$$

$$\frac{1}{\lambda_{\text{short}}} = R_H \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = 0.274194 \times 10^7 \text{ m}^{-1} \quad \lambda_{\text{short}} = 364.509 \text{ nm}$$

The results are in excellent agreement with the accepted wavelengths for these lines.

353 PHYS

Dr. Abdallah M. Azzeer

Page 24

الطرق المستخدمة لإثارة الذرات:

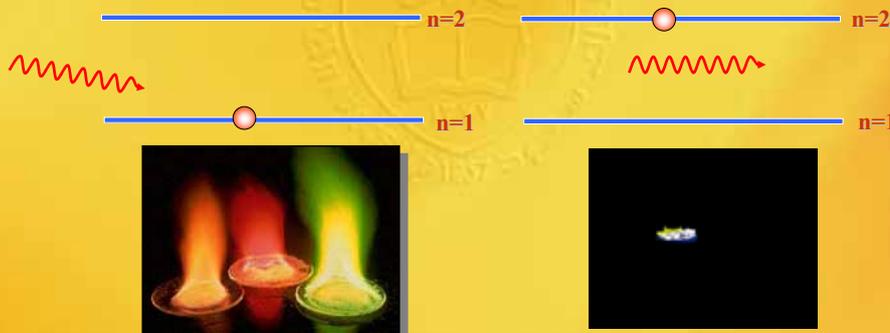
هناك طريقتان تجعلان الذرة مثارة إلى مستوى طاقة أعلى من مستوى الطاقة الأرضية ، وبالتالي تجعلها قابلة لإصدار إشعاع :

(1) بواسطة التصادم مع الإلكترونات أو ذرات أخرى حيث يتم خلال هذه العملية امتصاص جزء من الطاقة الحركية من قبل الذرة وبعد عملية الإثارة ترجع الذرة إلى الحالة الأرضية خلال زمن متوسط 10^{-8} sec باعثة بذلك فوتون واحد أو أكثر.

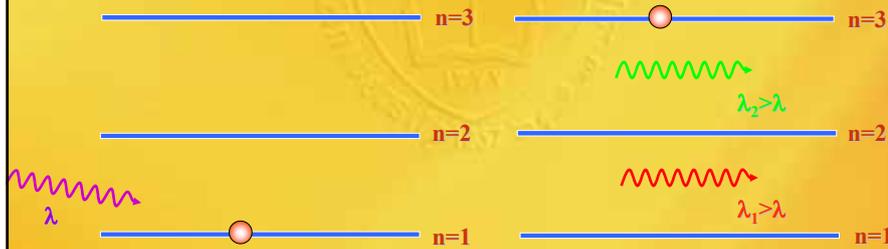
(2) بواسطة امتصاص طاقة ضوئية (فوتونات) بطول موجي معين وفي هذه الحالة يجب أن تكون طاقة الفوتون الساقط $h\nu$ مساوية إلى فرق الطاقة بين أي مستوى ومستوى أعلى منه في الطاقة حتى يمكن أن تمتص من قبل الذرة.

ويمكن تقسيم الموضوع إلى قسمين حسب ما ينتج من إشعاع :

(أ) إنتاج الإشعاع الرنيني (Resonance Radiation) . وفيه يتم سقوط إشعاع ذو طول موجة معينة مثلاً λ على ذرة ويمتص من قبل الإلكترون في الحالة الأرضية ($n=1$) ويرتفع الإلكترون للحالة المثارة الأولى ($n=2$) فعند رجوعه إلى الحالة الأرضية ينبعث إشعاع له نفس طول موجة الإشعاع الساقط.



(ب) إنتاج ما يسمى بالإشعاع الفلوريسي أو الفلورة (Fluorescence Radiation) وفيه يتم امتصاص فوتون ساقط ويسبب انتقال الإلكترون من الحالة الأرضية ($n=1$) إلى الحالة المثارة ($n \geq 2$) فعند رجوعه إلى الحالة الأرضية فإنه ينتقل إليها على مرحلتين الأولى من $n=3$ إلى $n=2$ والثانية من $n=2$ إلى $n=1$ مما يؤدي إلى انبعاث إشعاع بطول موجتين أطول من طول موجة الضوء الساقط λ كما هو مبين بالشكل .
ومن التطبيقات على هذا النوع هو عمل الأنابيب الفلوريسية .



353 PHYS

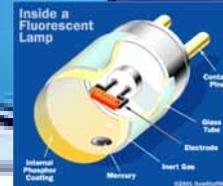
Dr. Abdallah M. Azzeer

Page 27

طريق عمل الأنابيب الفلوريسية (Fluorescence Tube):

وتتلخص هذه الطريقة كالتالي:

- 1- إحداث تفريغ خلال بخار الزئبق مما يؤدي إلى إنتاج طيف الزئبق والذي يكون محتويًا على نسبة عالية من الموجات فوق بنفسجية (UV).
- 2- تمتص مادة الغلاف هذا الإشعاع (UV) مما يؤدي إلى إثارة ذراتها من الحالة الأرضية ($n=1$) إلى حالات مثارة ($n > 2$).
- 3- عند رجوع الإلكترونات إلى المستويات الأقل إثارة تنتقل بمراحل وفي كل مرحلة ينبعث إشعاع طول موجته أكبر من طول موجة الإشعاع الممتص (UV) أي يكون في المنطقة المرئية (Visible Region).
- 4- أما الألوان المختلفة عن بعض الأنابيب الفلوريسية فيعتمد على مادة الغلاف الداخلي.



353 PHYS

Dr. Abdallah M. Azzeer

Page 28

The Physics of Fluorescent Lamps

The diagram shows a cross-section of a fluorescent lamp tube. Inside, there are electrodes at each end, a ballast resistor, and a mixture of gases. A circular inset shows three stages of the process:

1. Free electrons (E) are introduced into the tube, ionizing the gas (A).
2. An electrical current is passed through the ionized gas; electrons and ions move quickly from one end of the tube to the other.
3. The energy of the electrical current changes the mercury from a liquid to a gas (M).

continue >

©2001 HowStuffWorks

353 PHYS *Dr. Abdallah M. Azzeer* Page 29

How Fluorescent Lamps Work

The diagram illustrates the components of a fluorescent lamp: Electrode, Mercury, Phosphor Coating, Argon Gas, and Pins. It also shows the electrical circuit including a Ballast and a switch.

Press the switch to turn on the light

©2001 HowStuffWorks

353 PHYS *Dr. Abdallah M. Azzeer* Page 30