الكلية	التربية للعلوم الصرفة
القسم	الفيزياء
المادة باللغة الانجليزية	Health physics
المادة باللغة العربية	فيزياء صحيه
المرحلة الدراسية	المرحلة الثانية
اسم التدريسي	نور زهير
عنوان المحاضرة باللغة الانجليزية	Photoelectric effect
عنوان المحاضرة باللغة العربية	التأثير الكهروضوئي
رقم المحاضرة	المحاضرة الرابعة
المصادر والمراجع	كتاب الفيزياء الصحية المنهجي تأليف / الدكتور خالد الاحمد

محتوى المحاضرة

1987 1428
UNIVERSITY OF ANBAR

1 - 8 - 1 . التأثير الكهروضوئي Photoelectric effect-

يُعد التأثير الكهروضوئي من أهم التفاعلات التي تخوضها الفوتونات ذات الطاقة الواطئة في المادة. يتم في هذا النوع من التفاعل إمتصاص الفوتون المار عبر المادة من قبل الالكترونات المرتبطة بقوة في الذرة مثل الالكترونات الموجودة في الطبقة الداخلية (Kshell) ، وخاصة في المواد التي لها عدد ذري كبير، ويوضح الشكل (1.7) تخطيطاً توضيحياً لعملية التأثير الكهروضوئي ، حيث يتفاعل فوتون طاقته hν مع احد الألكترونات الذرية في الطبقةK ، لقد وجد – تجريبياً ونظرياً – أن نحو 80% من عمليات الأمتصاص الكهروضوئي للفوتونات تقوم بها الكترونات الطبقة K وذلك عندما تكون طاقة الفوتونات أكبر من طاقة الأرتباط E_b لهذه الألكترونات. وينتج عن هذه العملية تلاشي الفوتون نهائياً بعد أن يعطي كل طاقته إلى الالكترون. الطاقة الحركية للإلكترون المتحرر تعطى بالعلاقة الآتية :

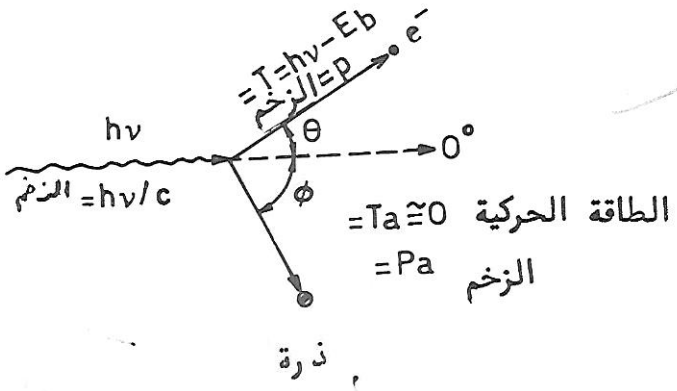
$$T_o = h\nu_0 - E_b \qquad \ldots(1.26)$$

وذلك لأن الطاقة الحركية التي تأخذها الذرة نتيجة الأرتداد تكون مساوية للصفر تقريباً ويمكن ملاحظة ذلك من علاقة طاقة إرتداد الذرة T_a بالطاقة الحركية للإلكترون T_e حيث أن $T_a = \frac{m_0}{M}$ إذ أن النسبة $\frac{m_0}{M}$ هي صغيرة جداً بحيث يمكن أعتبارها صفراً.

لقد وجد تجريبياً أن أحتمال حدوث الأنبعاث الكهروضوئي للإلكترونات من المادة يزداد كلما كانت طاقة الفوتونات hν مقاربة لطاقة إرتباط الالكترون E_b ، وتمثل قيمة ν التي تتساوى عندها طاقة الفوتون مع طاقة الأرتباط مايسمى بحافة الرنين ، حيث يكون التأثير الكهروضوئي على أشده ، ويمكن حساب هذه القيمة لـ ν من المساواة بين hν و E_b

$$E_b = h\nu \Rightarrow \nu = \frac{E_b}{h} \qquad \ldots(1.27)$$

من ناحية أخرى يعتمد أحتمال حدوث الأمتصاص الكهروضوئي للفوتونات على المقطع العرضي للذرة بالنسبة للتفاعل الكهروضوئي ويعطى هذا المقطع العرضي للذرة الواحدة بالعلاقة الآتية:



الشكل (1.7 –): رسم تخطيطي يوضح التفاعل بين الفوتون hν والذرة خلال عملية التأثير الكهروضوئي. الفوتون بطاق hν يصطدم مع احد الالكترونات في الذرة فيقتلعه من مكانه ويعطيه طاقة حركية مقدارها $T = -E_b$

حيث K هو ثابت أما n فهي دالة ل hν وتساوي 4 عند 0.1MeV ثم تزداد تدريجياً إلى 4.6 عندما تكون hν تساوي دالة لـ hν وتتناقص قيمتها من 3 إلى 1 عندما تزداد hν من 0.1 MV إلى

في الطاقات التي تقل عن 0.1 MV فإن المقطع العرضي للذرة بالنسبة للتفاعل الكهروضوئي يمكن أن يكتب بالشكل الآتي:

$$\sigma_\rho = K\frac{Z^4}{h\nu^3}\,(cm^2/atom) \qquad \ldots(1.29)$$

يعطى معامل التوهين الكتلي (mass attenuation coefficient) لعملية التأثير الكهروضوئي بالعلاقة الآتية:

$$\frac{\mu_\rho}{\rho} = \left(K\frac{Z}{h\nu}\right)^2 (cm^2/g) \qquad \ldots(1.30)$$

إن المعادلة (26– 1) تعطي تقديراً اولياً لكمية الطاقة المنتقلة من الفوتون الى الالكترون الضوئي ، إلا أنه ولغرض معرفة التأثيرات الاشعاعية في المادة ، فإنه لابد من أخذ طاقة الارتباط E_b بعين الاعتبار، حيث أن جزءاً منها او كلها قد تتحول الى طاقة حركية عن طريق تأثير أوجر. عندما يتم إزالة احد الالكترونات من طبقة ذرية داخلية بأية طريقة كانت فإن الفجوة الناتجة سوف تُملأ تلقائياً بوساطة الكترون يأتي إليها من إحدى الطبقات الخارجية. فإذا كانت الفجوة في الطبقة K او الطبقة L

فإن انتقال الالكترونات الى هذه الفجوات سوف يرافقه إنطلاق فوتونات أشعة X بطاقة $h\nu_K$ او $h\nu_L$ وتساوي الفرق في الطاقة الكامنة بين مستوى الالكترون الاصلي ومستواه الجديد. ان احتمالية حدوث عملية اعادة ترتيب الالكترونات في الذرة بهذه الطريقة يسمى ناتج التفلور fluorescence yield ويرمز له بالرمز Y_K او Y_L للطبقات K و L على الترتيب.

ويتمثل دور تأثير اوكر Auger effect في انه يوفر طريقة بديلة تستطيع من خلالها الذرة التخلص من اي جزء من طاقة الارتباط لم يتم التخلص منه عن طريق أشعة X-. أما إذا لم تنطلق أشعة X- فإن كل طاقة الارتباط يتم التخلص منها بوساطة تأثير أوكر، حيث تقوم الذرة باطلاق عدد من الكترونات أوكر بشكل يشبه التفاعل المتسلسل حيث تقوم باستبدال الفجوة الداخلية بعدد من الفجوات السطحية ثم تتعادل بعد ذلك عن طريق إملاء هذه الفجوات بواسطة الالكترونات التكافؤية.

إن المعامل الكتلي لانتقال الطاقة من فوتونات الاشعة التي تزيد طاقتها على (E) الى المادة يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\mu_{\rho_{tr}} = \frac{\mu_\rho}{\rho}\left[\frac{h\nu - P_k Y_k h\nu_k}{h\nu}\right] \quad \ldots(1.31)$$

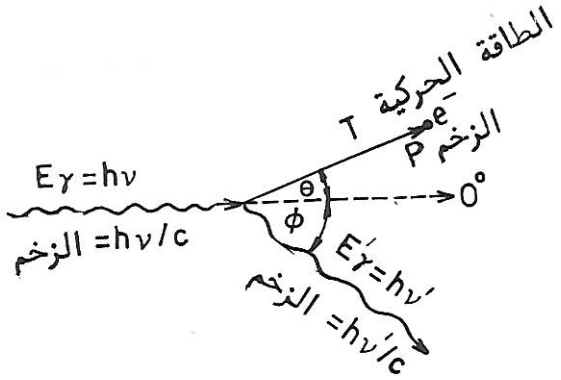
حيث ان P_k تمثل النسبة $\frac{\mu P_k}{\mu P}$ و Y_k هو ناتج التفلور للطبقة K. اما عندما تكون طاقة الفوتونات $h\nu$ اقل من طاقة ارتباط الالكترونات في الطبقة K واكبر من طاقة ارتباطها في الطبقة L فإن التأثير الكهروضوئي سوف ينتقل إلى الطبقة L وتصبح المعادلة (1.29)على الشكل الآتي

$$\mu_{\rho_{tr}} = \frac{\mu_\rho}{\rho}\left[\frac{h\nu - P_L Y_L - h\nu_C}{h\nu}\right] \quad \ldots(1.32)$$

إن المقادير $\frac{\mu_{\rho k}}{\mu\rho}$ و $\frac{\mu_{\rho k}}{\mu\rho}$ هي عبارة عن نسبة التفاعلات الكهروضوئية التي تحدث في الطبقات K و Lعلى الترتيب الى معامل التوهين الكلي بفعل التأثير الكهروضوئي $h\nu_K$ و $h\nu_L$ هي متوسط طاقة فوتونات أشعة X المنطلقة من الطبقات K و L على الترتيب.

1.8.2- تأثير كومبتون Compton effect

يوضح الشكل (1.8) تخطيطاً لعملية الاستطارة التي تحدث خلال تأثير كومبتون حيث أن فوتون بطاقة hν وزخم $P = \frac{h\nu}{C}$ (C سرعة الضوء في الفراغ) يصطدم مع أحد الالكترونات في الطبقات الخارجية للذرة ، ويفترض في هذه الحالة ان الالكترون في حالة سكون ولا يملك طاقة حركية وكذلك فإن إرتباط الالكترون بالذرة يكون ضعيفاً بالنسبة للطبقات الخارجية وتكون طاقة إرتباط الالكترون صغيرة مقارنة مع طاقة الفوتون بحيث يمكن الإفتراض بأن الالكترون هو الكترون حر ويمكن إهمال تأثير طاقة الارتباط على عملية التصادم التي تجري بين الفوتون والالكترون. لغرض تحقيق مبدأ انخفاض الطاقة والزخم خلال عملية التصادم فإن الفوتون سوف لن يكون قادراً على اعطاء كل طاقته للإلكترون في هذه الحالة، وإنما يتعرض للاستطارة بزاوية φ عند اتجاه حركته الاصلي ، وتكون طاقته الجديدة Ehν أقل من طاقته الاصلية ، أما الالكترون فإنه سوف يتحرك بعد التصادم بسرعة معينة بسبب إكتسابه للطاقة الحركية T من الفوتون ، ويصنع اتجاه حركة الالكترون زاوية ما θ مع اتجاه حركة الفوتون قبل الاستطارة.



الشكل (1.8) التفاعل بين الفوتون والالكترون خلال إستطارة كومبتون. فوتون طاقته hν يقوم بالاصطدام مع احد الالكترونات غير المرتبطة ، فيسبب استطارته بزاوية θ ويعطيه طاقة حركية مقدارها T.

إن كمية الطاقة الكبيرة المتحررة من الانشطار مضافاً إليها تحرر أكثر من نيترون واحد في كل إنشطار قد جعلت الأنشطار النووي كمصدر للطاقة أمراً ممكناً من خلال إحداث التفاعلات المتسلسلة ، فاليورانيوم U^{235} مثلاً يحرر في كل إنشطار 2.5 نيترون بالمتوسط فإذا تم توفير شروط مناسبة بحيث أن هذه النيترونات تقوم بشطر نوى جديدة تحرر بدورها نيترونات أخرى يمكنها أن تساهم في

عمليات انشطار أخرى وهكذا فإن كمية الطاقة المتحررة سوف تنمو بشكل سريع جداً مع الزيادة السريعة في عدد النوى المنشطرة ، ويمكن التحكم بالفترة الزمنية التي تفصل بين الأجيال المتعاقبة من النيترونات بحيث تصبح قصيرة جداً مما يؤدي إلى حدوث انفجار هائل نتيجة تحرر كميات كبيرة من الطاقة خلال وقت قصير جداً ضمن المادة الأنشطارية وهذا ما يعرف بالأنفجار النووي ، ويمكن السيطرة على التفاعل المتسلسل تحت ظروف خاصة بحيث يكون عدد النترونات المتحررة في المادة الأنشطارية كافياً لأدامة التفاعل المتسلسل عند مستوى معين وهذا هو المفاعل النووي الذي يمكن أستخدامه كمصدر للطاقة وكذلك للنيترونات أيضاً.

جامعة الأنبار
1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR