أود أن ألفت انتباهكم إلى أن هذه الملاحظات هي لمساعدتكم على فهم المادة الموجودة في الكتاب المقرر ولكن لا يمكن الاكتفاء بها وحدها وعليكم قراءة كل فقرة منها بالتزامن مع الفقرة المناظرة لها في الكتاب كما عليكم اشتقاق كافة المعادلات الموجودة في الكتاب وفق ما يرد في ملاحظاتي هذه.

Section 3.5 Compton Scattering(تشتت)

وجّه Compton أشعة سينية بطول موجة مُحدّد على قطعة من الكربون فوجد أن الأشعة تتشتت (أي تنحرف عن اتجاهها الأصلي بزوايا مختلفة) ووجد أن طول موجة الأشعة المشتتة يزيد عن طول موجة الأشعة الأصلية وكلما زادت زاوية الانحراف زاد مقدار التغير في طول الموجة وهذا يظهر بوضوح في الشكل 3.23b.

المشكلة هي أن النظرية الكهرومغناطيسية الكلاسيكية classical electromagnetic theory تتنبأ بأن طول موجة الأشعة المشتتة يجب أن يكون نفس طول موجة الأشعة الأصلية وهذا يتعارض مع نتائج تجربة Compton.

وجد Compton أن بإمكانه أن يفسر الزيادة في طول الموجة ويحسبها بشكل دقيق إذا افترض أن عملية التشتت هي عبارة عن اصطدام بين فوتون وأحد إلكترونات ذرة من ذرات الفحم كما يظهر في الشكل 3.22 بحيث يكتسب الإلكترون الطاقة التي يخسرها الفوتون نتيجة الاصطدام فتقل طاقة الفوتون وبالتالي تقل ذبذبته*f* ويزداد طول موجته λ . وبتطبيق قانون حفظ الطاقة conservation of energy كما في المعادلة 3.28 و قانون حفظ الزخم conservation of momentum كما في المعادلتين 3.29 و 3.30 نحصل على التغير في طول الموجة كما في المعادلة 3.27.

لاحظ الكمية $\frac{h}{c m\_{e}}$التي تظهر في المعادلة 3.27 ومقدارها 0.00243 pm وهذه الكمية تدعى

The Compton wavelength of the electron.

لماذا نرى في الشكل3.23b قمتين واحدة عند طول الموجة الأصلية وواحدة عند طول الموجة كما حسبها Compton (المعادلة 3.27)؟ الأشعة المشتتة التي تحمل نفس طول الموجة الأصلية هي التي تنتج عن اصطدام الفوتون بأحد الإلكترونات الداخلية للذرة وتكون هذه الإلكترونات مرتبطة بالنواة بشكل قوي وبالتالي يكون الاصطدام فعليا مع الذرة ككل ويجب استبدال كتلة الإلكترون في المعادلة 3.27 بكتلة ذرة الكربون والتي تساوي تقريبا 23,000 ضعف كتلة الإلكترون وبالتالي يكون التغير في طول الموجة صغيرا جدا وليس بالإمكان ملاحظته أو قياسه. أما إذا اصطدم فوتون الأشعة السينية مع أحد الإلكترونات الخارجية ضعيفة الارتباط مع النواة valence electrons فبإمكاننا معاملة هذا الإلكترون على أنه حر الحركة كما افترض Compton.

كيف بإمكاننا أن نوفق بين النظرية الكهرومغناطيسية الكلاسيكية classical electromagnetic theory وبين فرضيات Compton؟ هذا ما يبينه لنا المثال 3.8 والذي يحسب التغير في طول الموجة في 3 حالات تشتت بزاوية 90⁰:

الحالة الأولى وهي استعمال أشعة جاما مصدرها نواة الكوبلت (أشعة جاما هي أشعة كهرومغناطيسية تماما مثل الأشعة السينية ولكن مصدرها النواة أما الأشعة السينية فمصدرها الذرة والإلكترونات): نلاحظ في هذه الحالة أن التغير في طول الموجة يساوي 229% طول الموجة الأصلي وهو ما يمكننا قياسه بكل سهولة.

الحالة الثانية هي باستعمال أشعة سينية Kα من ذرة المولبدنوم (الشكل 3.21): نلاحظ في هذه الحالة أن التغير في طول الموجة يساوي 3.41% من طول الموجة الأصلي وهو ما يمكننا أيضا قياسه.

أما الحالة الثالثة فهي باستعمال ضوء مرئي (ضوء أخضر) الذي تنطبق عليه النظرية الكهرومغناطيسية الكلاسيكية: في هذه الحالة يكون التغير في طول الموجة **4.46 بالمليون** من طول الموجة الأصلي وهو ما **لا يمكننا** قياسه (حيث **لا يمكننا** قياس طول الموجة بهذه الدقة ولا حتى بدقة واحد بالمئة ألف) وبالتالي لا يوجد أي تناقض (أو أن التناقض أصغر مما بإمكاننا أن نقيسه).

Section 3.6 Particle-Wave Complementarity

نموذج الأمواج ونموذج الجسيمات يكملان بعضهما بعضا

نلاحظ أننا عاملنا الأشعة السينية مرة باستعمال نموذج الأمواج waves model(كما كان الحال في المحاضرة السابقة مع Bragg diffraction ) ومرة باستعمال نموذج الجسيماتparticles model (كما هو الحال هنا مع Compton Scattering) والنموذجان يكملان complementبعضهما بعضا ونستعمل النموذج الذي يناسب التجربة المعينة التي نتعامل معها ويفسرها بنجاح.

(في الواقع سترون في المستقبل أن الميكانيكا الكميةquantum mechanics or wave mechanics تعتمد في الأساس على نموذج الأمواج waves model وبإمكانها تفسير كافة أنواع التجارب ولا حاجة لاستعمال نموذج الجسيماتparticles model إلا في الحياة العادية لأن استعماله أسهل بكثير في هذه الحالة).

Section 3.7 Does gravity affect light?

 هل تؤثر قوة الجاذبية على الضوء (أو على الأمواج الكهرومغناطيسية بشكل عام)؟

حسب النظريات الكلاسيكية لا تؤثر ولكن حسب نظرية النسبية العامة فإن قوة الجاذبية تؤثر على الأمواج الكهرومغناطيسية، في الواقع بإمكاننا احتساب هذا التأثير باستعمال النظريات الكلاسيكية إذا عاملنا الفوتون كأنه جسيم له كتلة تساوي طاقته مقسومة على مربع سرعة الضوء كما في المعادلة 3.35.

فمثلا إذا سقط فوتون من ارتفاع معين يمكننا استعمال قانون حفظ الطاقة الميكانيكية لنحصل على طاقته (أو ذبذبته) بعد السقوط كما في المعادلة 3.36. فمثلا كما في أسفل الصفحة 95 تكون نسبة الزيادة في الذبذبة

$$\frac{∆f}{f}=5.4×10^{-15}$$

للسقوط من ارتفاع 50 مترا وبالرغم من صغر هذه الزيادة فقد تم قياسها قبل 60 عاما باستعمال فوتونات أشعة جاما من مصدر يعطي أشعة بذبذبة محددة بدقة وجودة عالية:

R. V. Pound and G. A. Rebka, Physical Review Letters 4 (1960) 337

(الصفحات 96-98 غير مطلوبة)

Notes on problem 38 page 104:

عندما تعاملنا مع البلورة المكعبة ركزنا اهتمامنا على تداخل الموجتين المنعكستين من الصفين الأفقيين AA و BB اللذين تفصلهما المسافة $d\_{0}$ ولكن الأشعة السينية تخترق البلورة ويمكنها الانعكاس من أي صفوف أخرى كما في الشكلP3.38 مثل الصفين المائلين اللذين تفصلهما المسافة $d\_{1}$ أو الصفين الأكثر ميلا اللذين تفصلهما المسافة $d\_{2}$. برهن أن:

$d\_{1}= \frac{d\_{0}}{\sqrt{2}}$ and $d\_{2}= \frac{d\_{0}}{\sqrt{5}}$

 نلاحظ أنه كلما ازداد ميل الصفوف المتوازية تقل قيمة المسافة بينها وبالتالي لتحقيق المعادلة 3.25a يجب أن تزداد قيمةsin θ ولكن هنالك حد أعلى لقيمة sin θ وهو 1 وبالتالي لا تنعكس الأشعة إلا من عدد محدود من الصفوف التي تحقق المعادلة . 3.25a

كم زاوية تعطينا تداخلا بناء في المسألة 38 من الصفوف التي تفصلها المسافة $d\_{0}$ وتلك التي تفصلها المسافة $d\_{1}$ وتلك التي تفصلها المسافة $d\_{2}$؟