وزارة التعليم العالي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION

الفصل الأول

مبادئ الفيزياء الحديثة

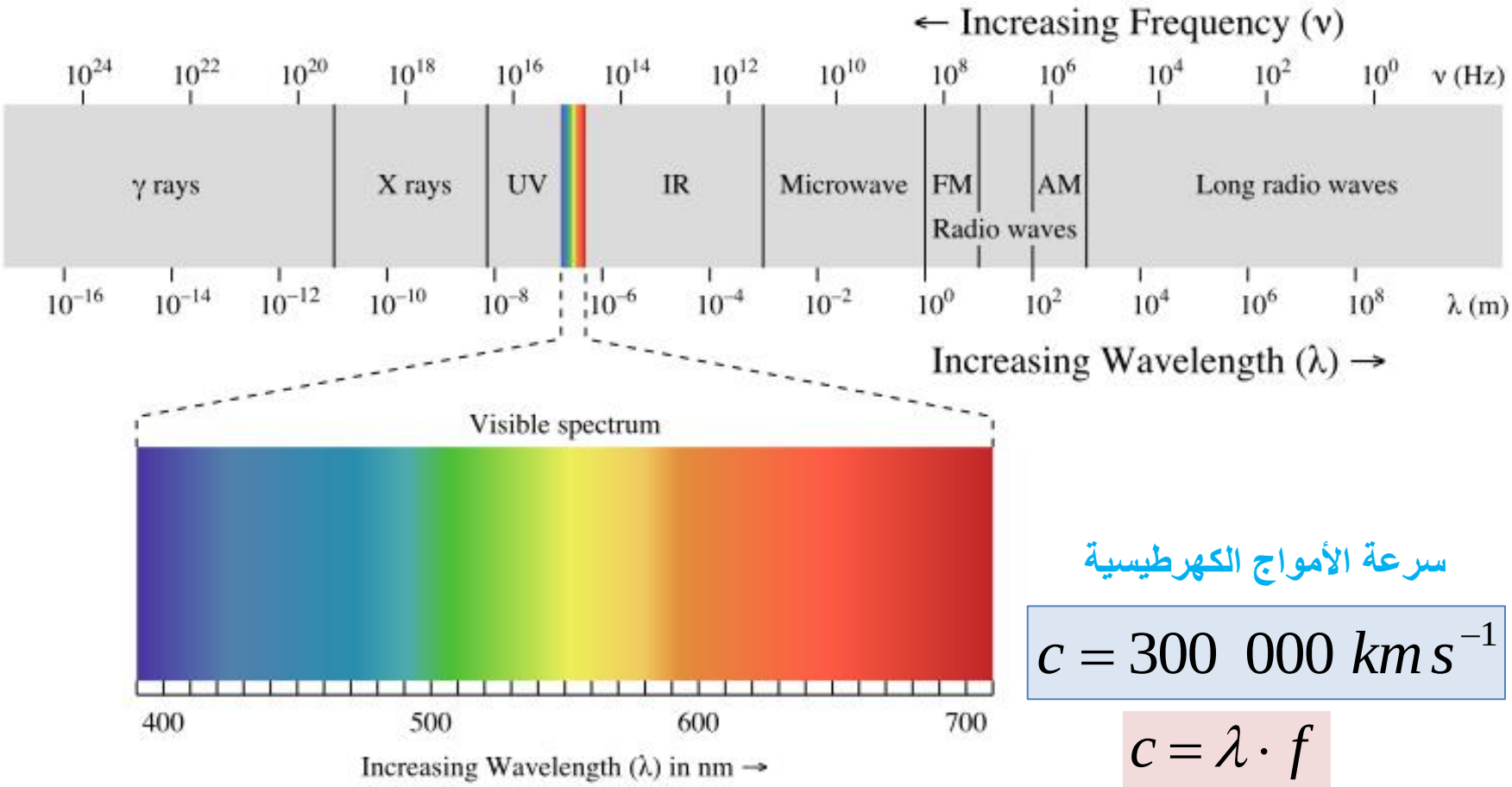
Modern Physics Principles

جامعة الشام الخاصة
ASPU
2011
Al-sham Private University

أهداف هذا الفصل

- دراسة المثنوية الموجية – الجسيمية للإشعاعات الكهرطيسية وأهم تطبيقاتها
  - تطبيقات الطبيعة الموجية
  - تطبيقات الطبيعة الجسيمية وأهمها مفعول كومتون الذي يوظف للكشف عن هشاشة أو ترقق العظام عند كبار السن.
- دراسة المثنوية الجسيمية – الموجية للجسيمات المادية وأهم تطبيقاتها
  - تطبيقات الطبيعة الجسيمية
  - تطبيقات الطبيعة الموجية وأهمها المجاهر الإلكترونية التي أحدثت ثورة في البحث العلمي عموماً وفي العلوم الحيوية بشكل خاص.

طيف الإشعاعات الكهرطيسية

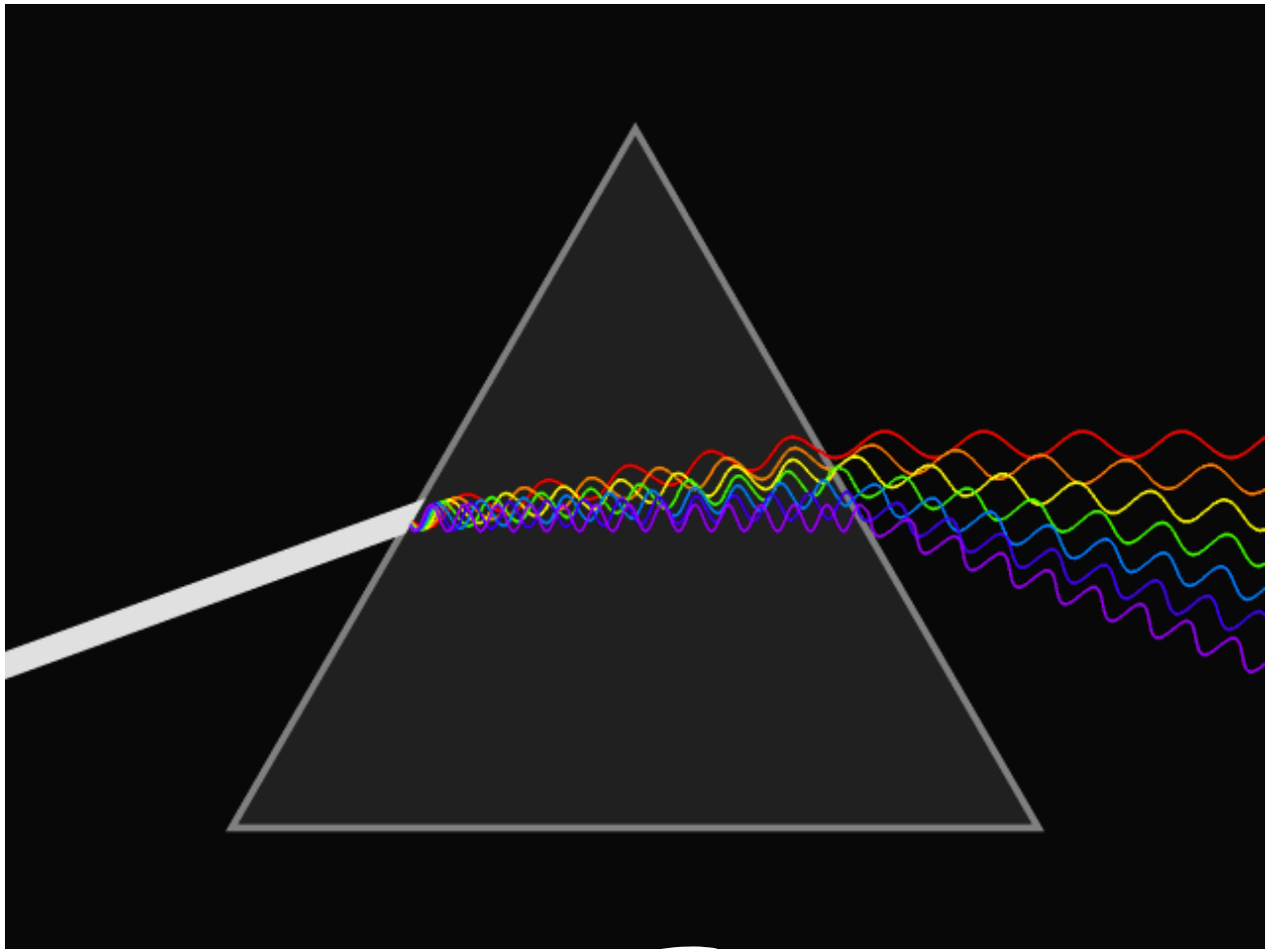


سرعة الأمواج الكهرطيسية

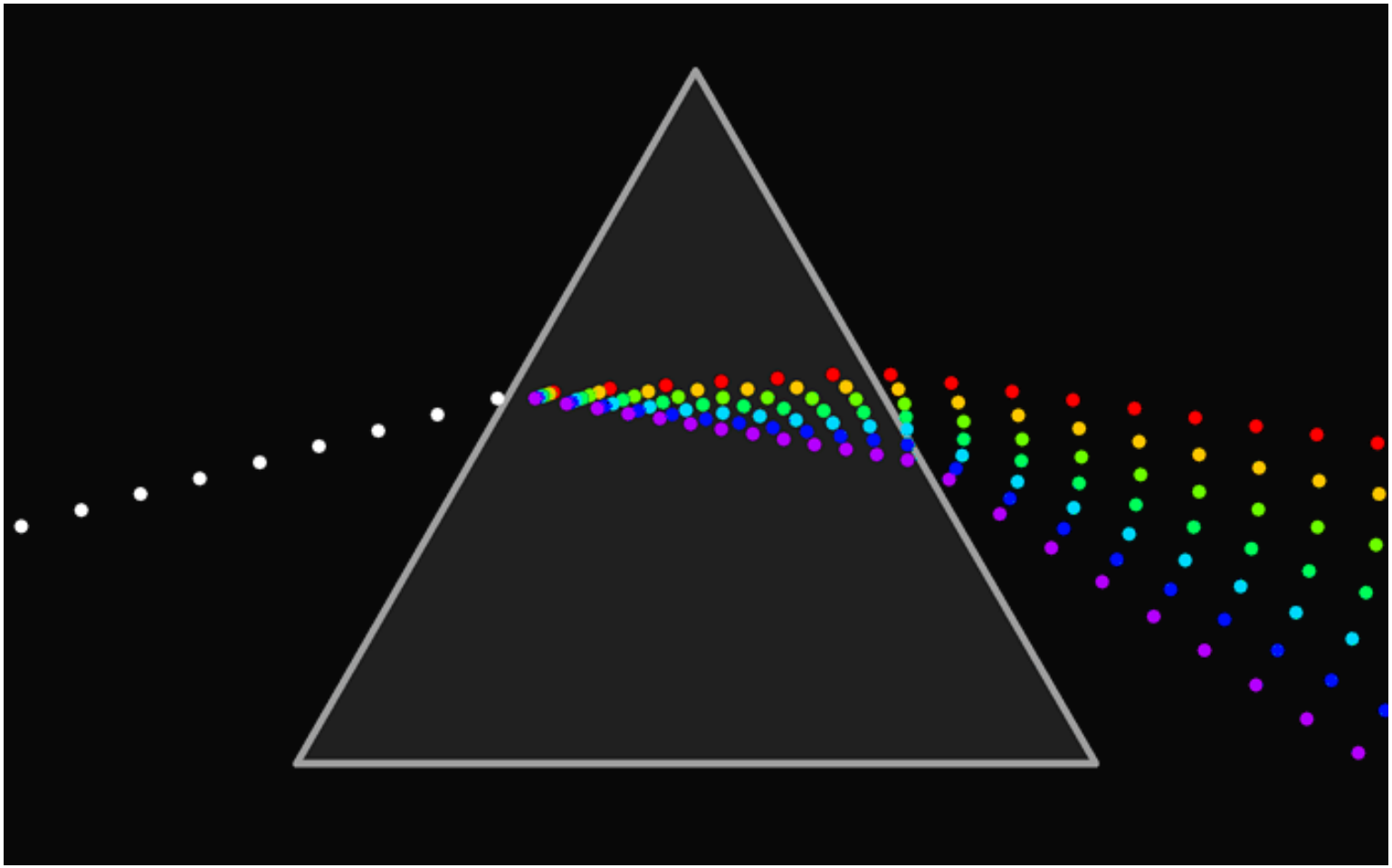
$$c = 300\ \ 000\ km\,s^{-1}$$

$$c = \lambda \cdot f$$

الطبيعة الموجية للإشعاعات الكهرطيسية



الطبيعة الجسيمية للإشعاعات الكهرطيسية



العلاقة بين الطبيعة الموجية للإشعاعات الكهرطيسية وطبيعتها الجسيمية

- حسب بلانك طاقة الإشعاعات الكهرطيسية مكماة أي تصدر وفق كميات صغيرة تدعى "كم quantum
- تربط بين طاقة الكم الواحد وتواتر الإشعاع الكهرطيسي العلاقة

$$E_{\min} = hf$$

- بالاعتماد على نظرية بلانك تمكن آينشتاين من تفسير المفعول الكهرضوئي. إذ يبدي الإشعاع الطبيعة الجسيمية باستخراجه إلكترون من الذرة، ويطلق على الكم الضوئي في هذه الحالة اسم الفوتون Photon.

العلاقة بين الطبيعة الموجية للإشعاعات الكهرطيسية وطبيعتها الجسيمية

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$(1eV = 1.6\times10^{-19}\ Joul)$ $(1A^{\circ} = 10^{-10}\ m)$

$$E(eV) = \frac{hc}{\lambda 10^{+10}\ A^{\circ}.10^{-10}.1.6\times10^{-19}}$$

$$E(eV) = \frac{12400}{\lambda(A^{\circ})}$$ ومن ثم

الطبيعة الجسيمية للإشعاعات الكهرطيسية

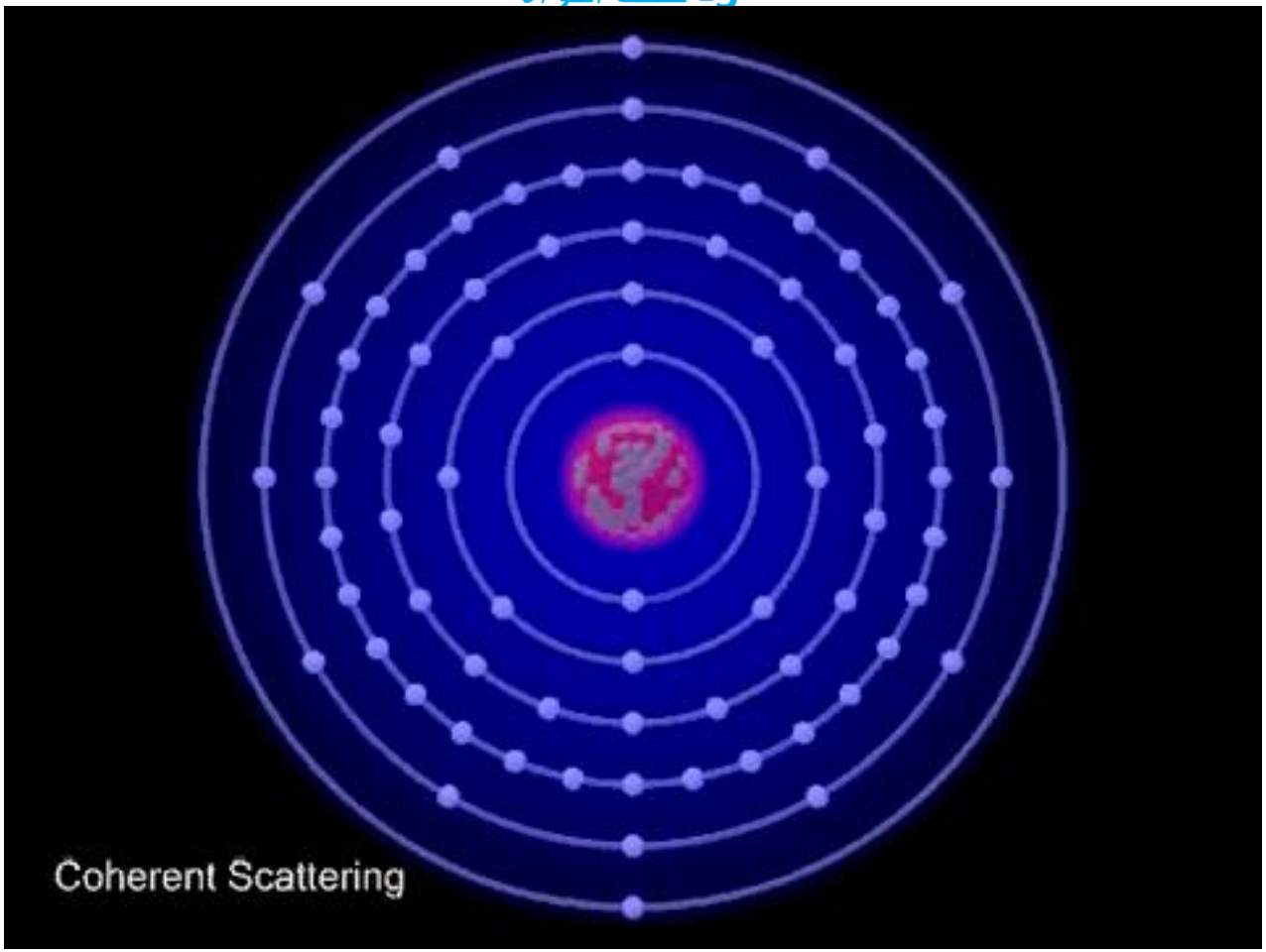
- طاقة الفوتون $E = hf = hc/\lambda$
- اندفاع الفوتون $p = E/c$

$$p = hf/c = h/\lambda \rightarrow p = h/\lambda$$

- الاندفاع وفق النظرية التقليدية $p = mc$
- بالمساواة بين علاقتى الاندفاع التقليدية والفوتونية نجد كتلة الفوتون $m = h/\lambda c$

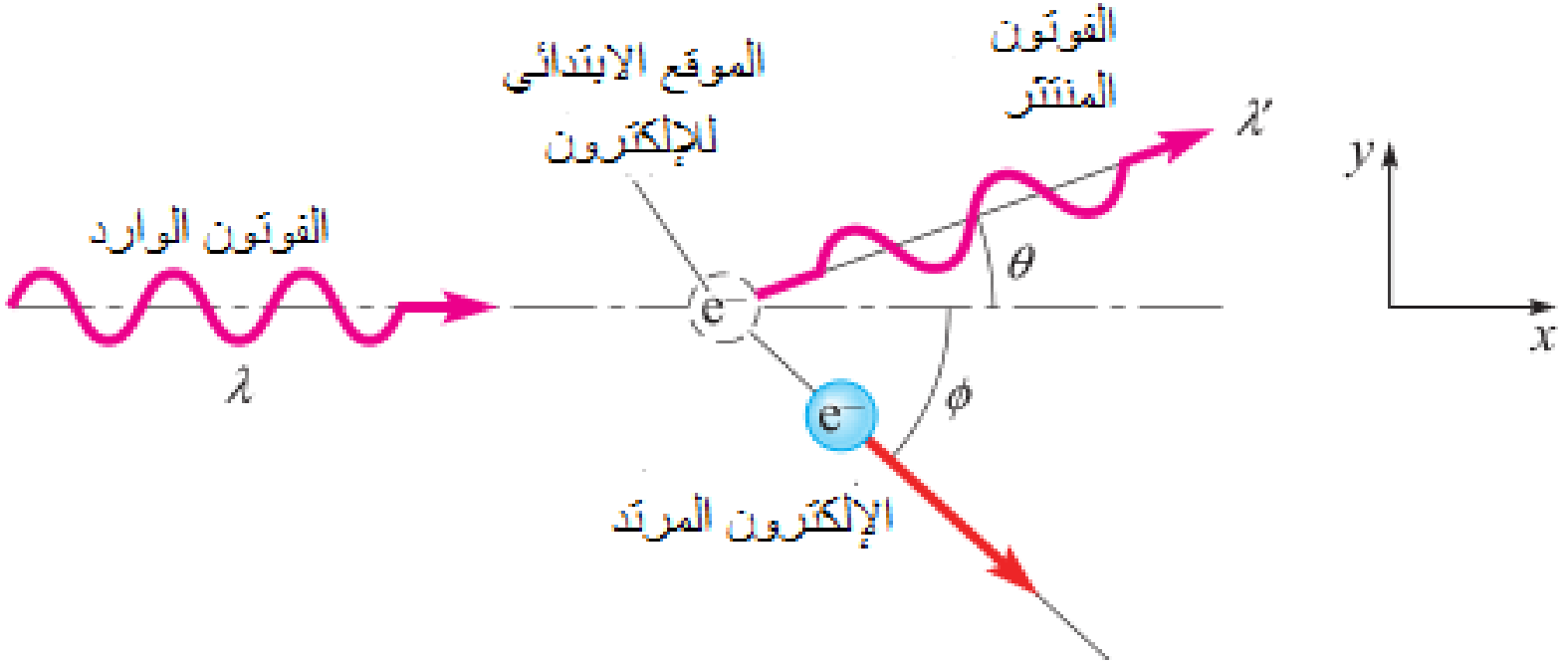
مفعول كومتون من تطبيقات الطبيعة الجسيمية للإشعاعات الكهرطيسية

متابعة المفعولات المختلفة: 1- الانتثار المرن 2- مفعول كومتون 3- المفعول الفوتوكهربائي 4- توليد الأزواج - 5- تفكك النواة



مفعول كومتون من تطبيقات الطبيعة الجسيمية للإشعاعات الكهرطيسية

ينجم مفعول كومتون عن انتثار الأشعة السينية، الأمر الذي يدل على الطبيعة الجسيمية للإشعاع



انتثار كومتون Compton Scattering

علاقة انتشار أو مفعول كومتون

باستخدام علاقة اندفاع الفوتون $p = h/\lambda$ وتطبيق قانوني انحفاظ الاندفاع والطاقة على التصادم في الشكل، اشتق كومتون المعادلة التالية لطول موجة الفوتونات المنتثرة:

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_0 c}(1 - \cos\theta)$$

حيث h/m_0c طول موجة كومتون

- **مثال على مفعول كومتون:**

؟(c) 180^o و(b) 90^o و (a) 0^o $\lambda = 0.140nm$

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_0 c}(1-\cos\theta)$$

$$\lambda' = \lambda = 0.140nm$$

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_0 c} = 0.140\,nm + \frac{6.6\times10^{-34}\,J\cdot s}{9.11\times10^{-31}kg\times3\times10^{8}\,m/s}$$

$$= 0.140\,nm + 2.4\times10^{-12}\,m = 0.142\,nm$$

$$\lambda' = \lambda + 2\frac{h}{m_0 c} = 0.140nm + 2(0.0024nm) = 0.145nm$$

الطابع المثنوي الموجي الجسيمي للجسيمات المادية

- اقترح دوبروي الفيزيائي الفرنسي أن للمادة أيضاً طبيعة موجية بالإضافة إلى طبيعتها الجسيمية.

- اندفاع الطبيعة الموجية $p = h / \lambda$

- بالمبادلة بين موقعي الطول الموجي والاندفاع

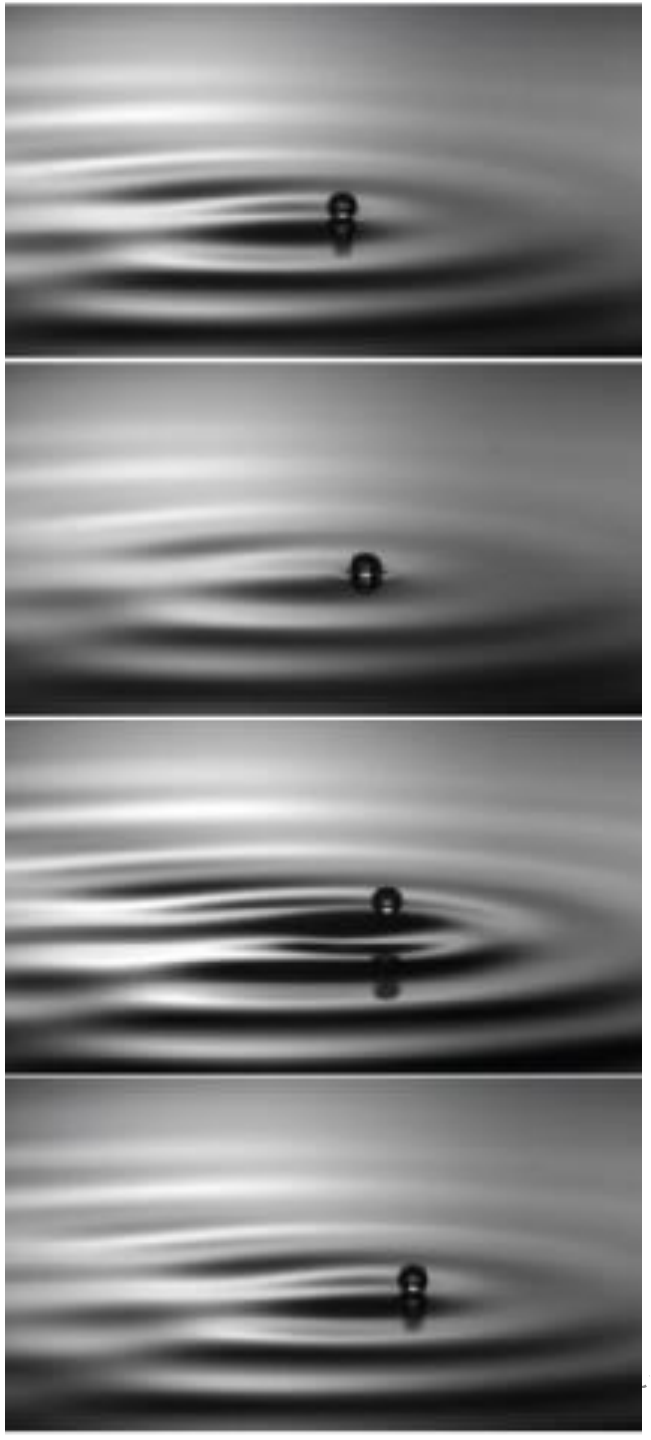
$$\lambda = h / p = h / mv$$

- وقد وجد تجريبياً أن الطول الموجي للإلكترونات التي تتحرك بالسرعة $5.9 \times 10^6 m/s$ من مرتبة $1A^o = 10^{-10} m$

وهو من مرتبة البعد بين الذرات في بلورة معينة

مقارنة بين انعراج الإلكترونات والأشعة السينية والضوء

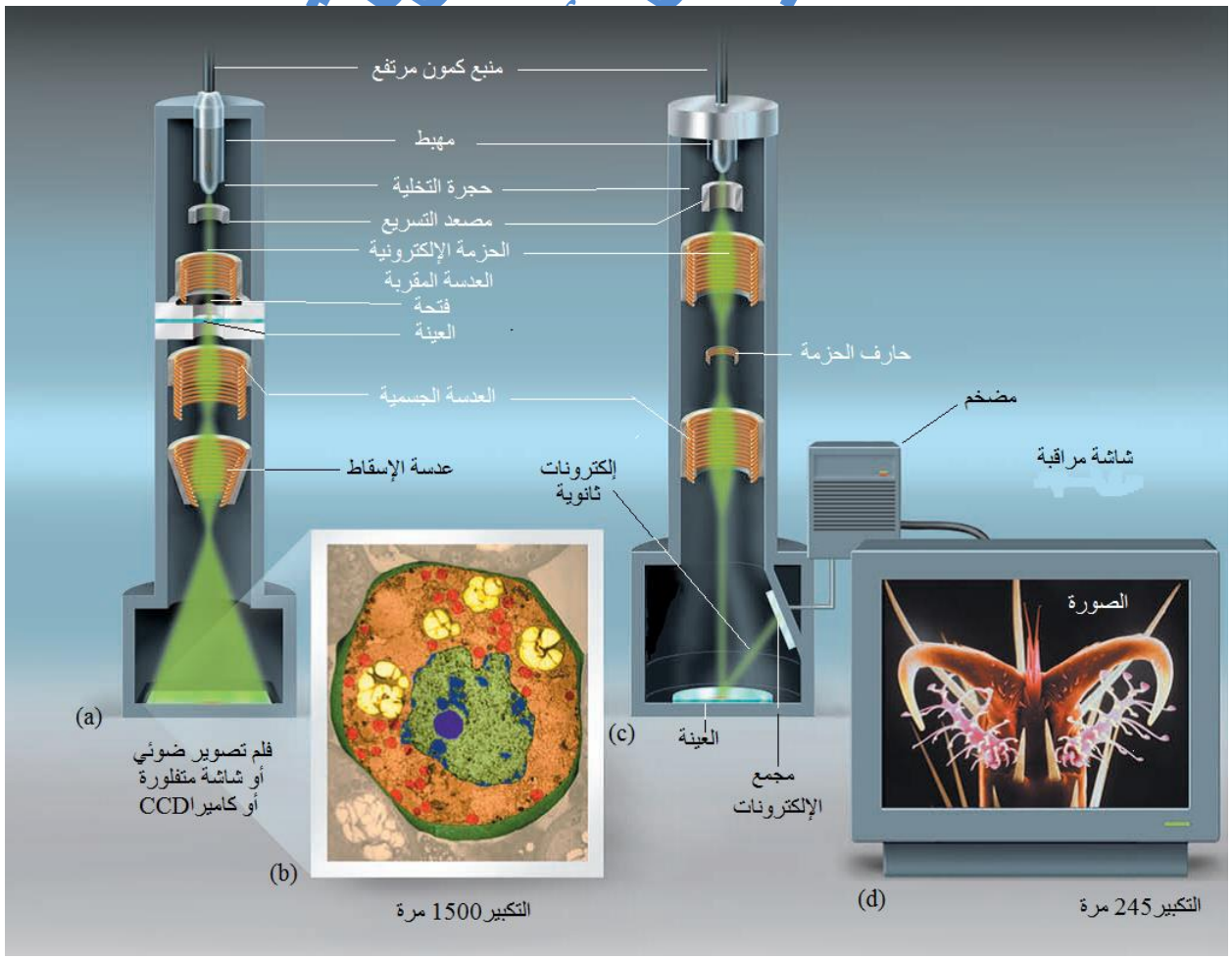
- يمكن أن تنعرج الإلكترونات المسرعة من خلال بلورة معينة (أو عينة نسيجية)
- تسري عليها قوانين الانعراج التي تسري على انعراج الاشعة السينية في بلورة معينة (الفصل الخامس)
- تسري عليها قوانين انعراج الضوء من خلال شبكة الانعراج (الفصل الثالث)
- المقدرة الفاصلة هي أصغر جزء يمكن تمييزه في الصورة ويتعلق بالطول الموجي.



الشكل الجهري للمثنوية الموجية الجسيمية

الشكل الجهري للمثنوية الموجية الجسيمية

المجاهر الإلكترونية

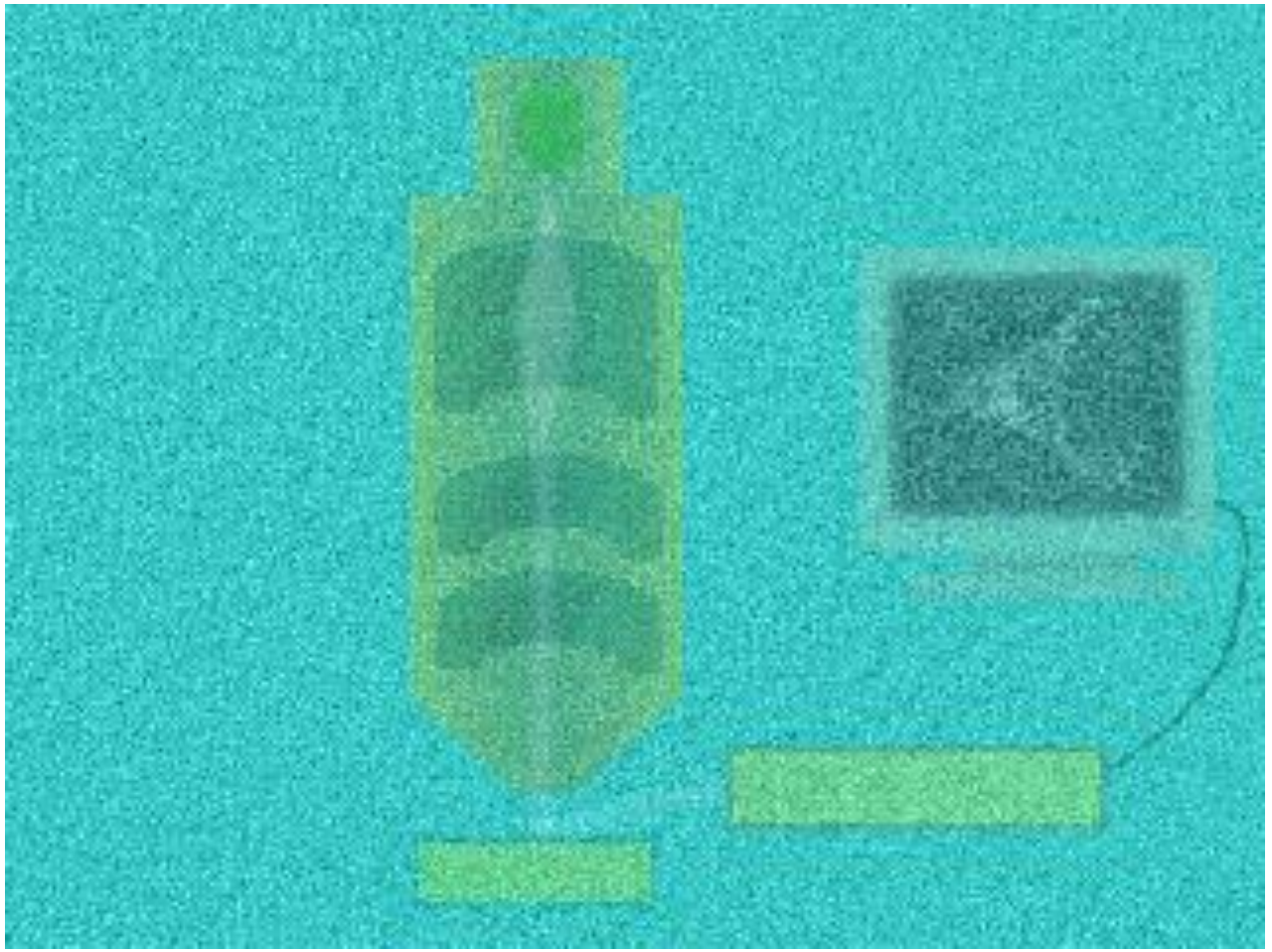


نوعا المجهر الإلكتروني.

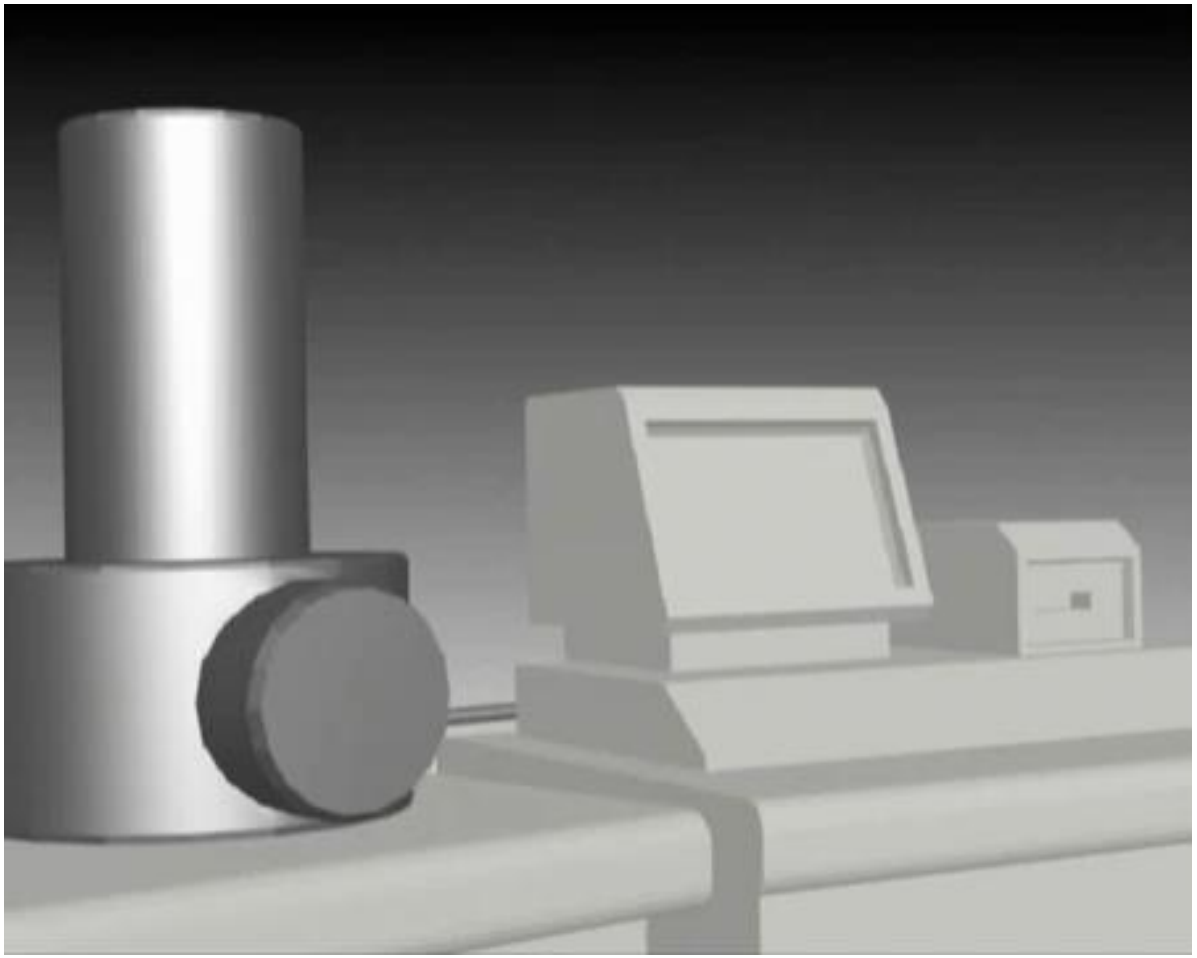
إلى اليسار صورة تمثيل للمجهر الإلكتروني بالنفوذ TEM Transmission Electron Microscope،

وإلى اليمين تمثيل للمجهر الماسح الإلكتروني SEM Scanning Electron Microscope

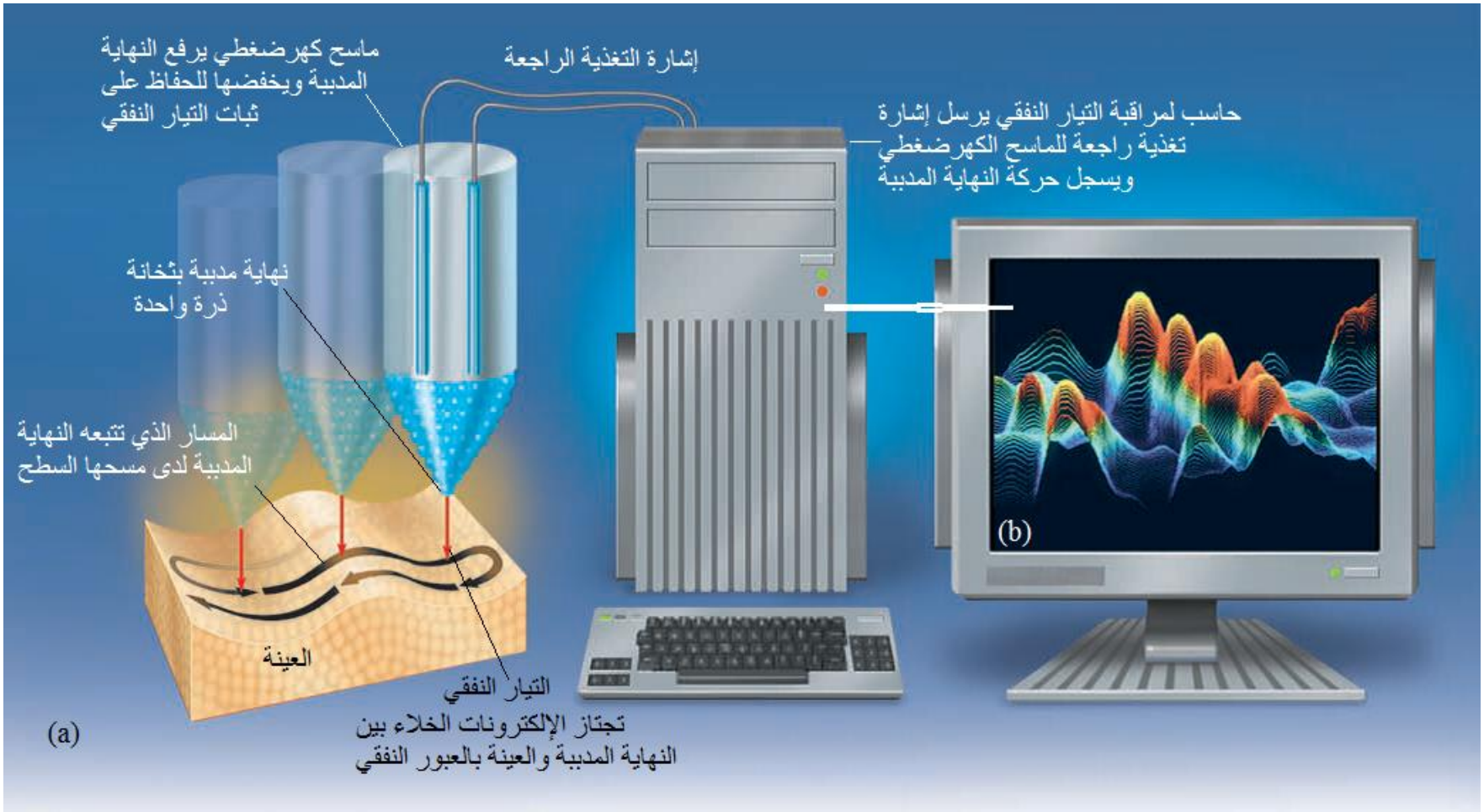
آلية عمل المجهر الماسح الإلكتروني



آلية عمل المجهر الماسح الإلكتروني

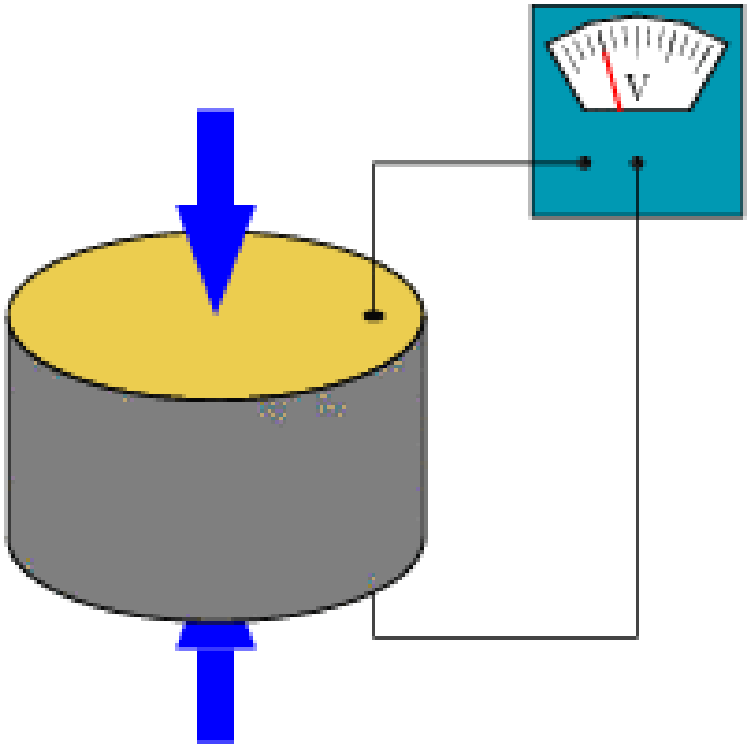


مجهر المفعول النفقي الماسح

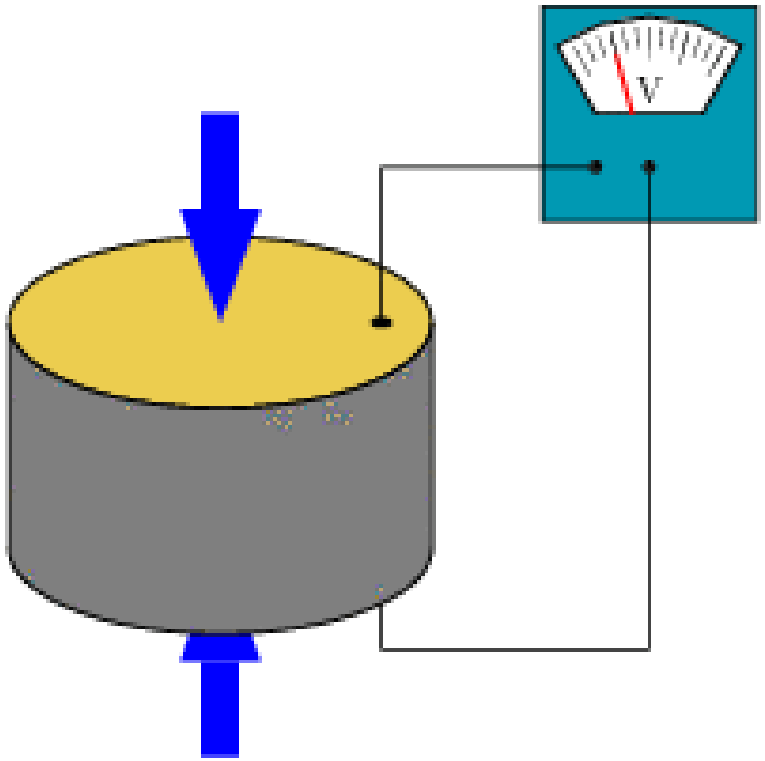


(a) شكل تخطيطي لمجهر المفعول النفقي الماسح STM. (b) صورة مكروية بالمفعول النفقي لمقطع في جزيء الـ DNA. يقدر البعد الوسطي بين ملفي اللولب، الذي يُرى على شكل قمم صفراء بنحو 3.5nm.

المفعول الكهرضغطي



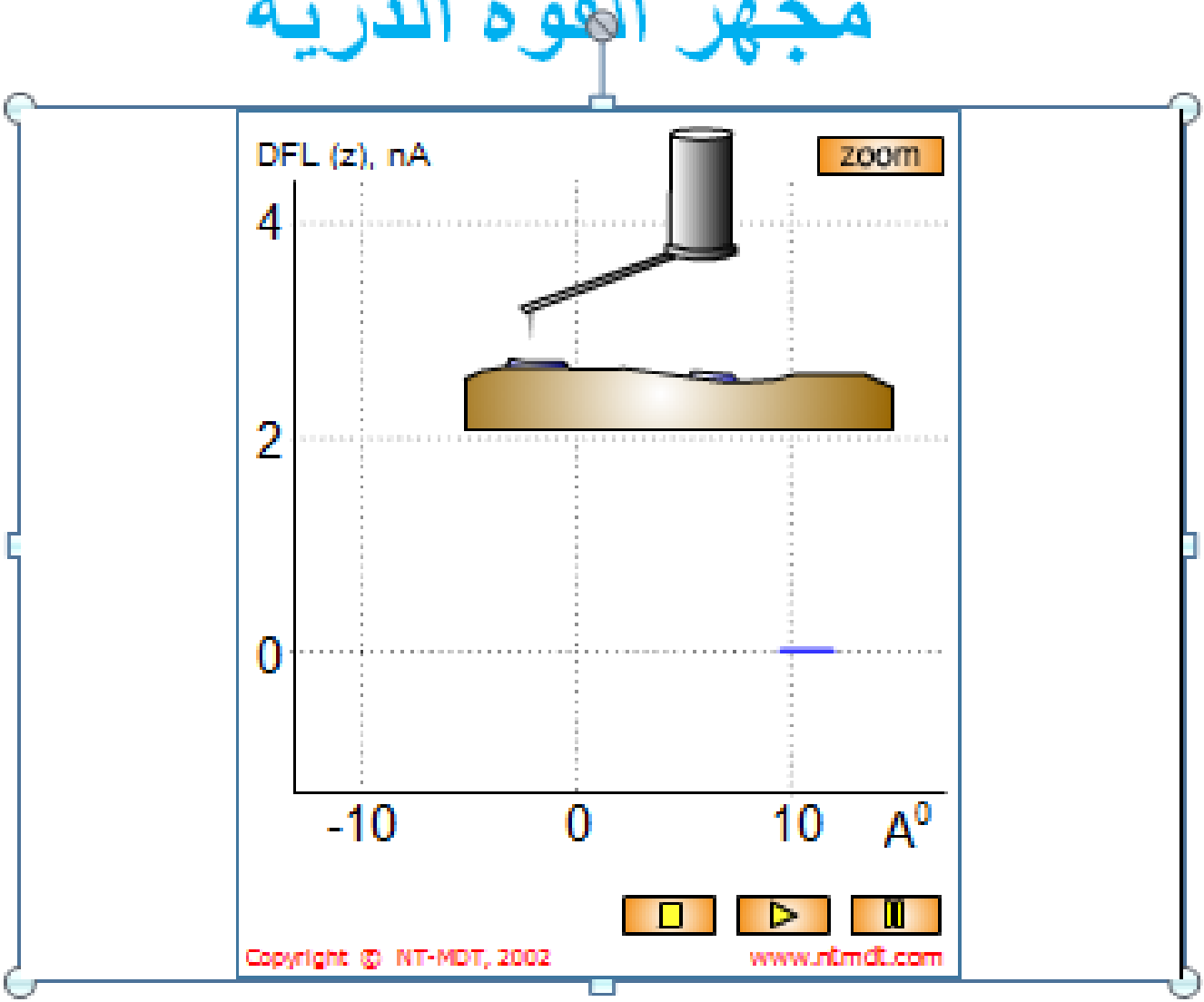
المفعول الكهرضغطي



مبدأ مجهر المفعول النفقي

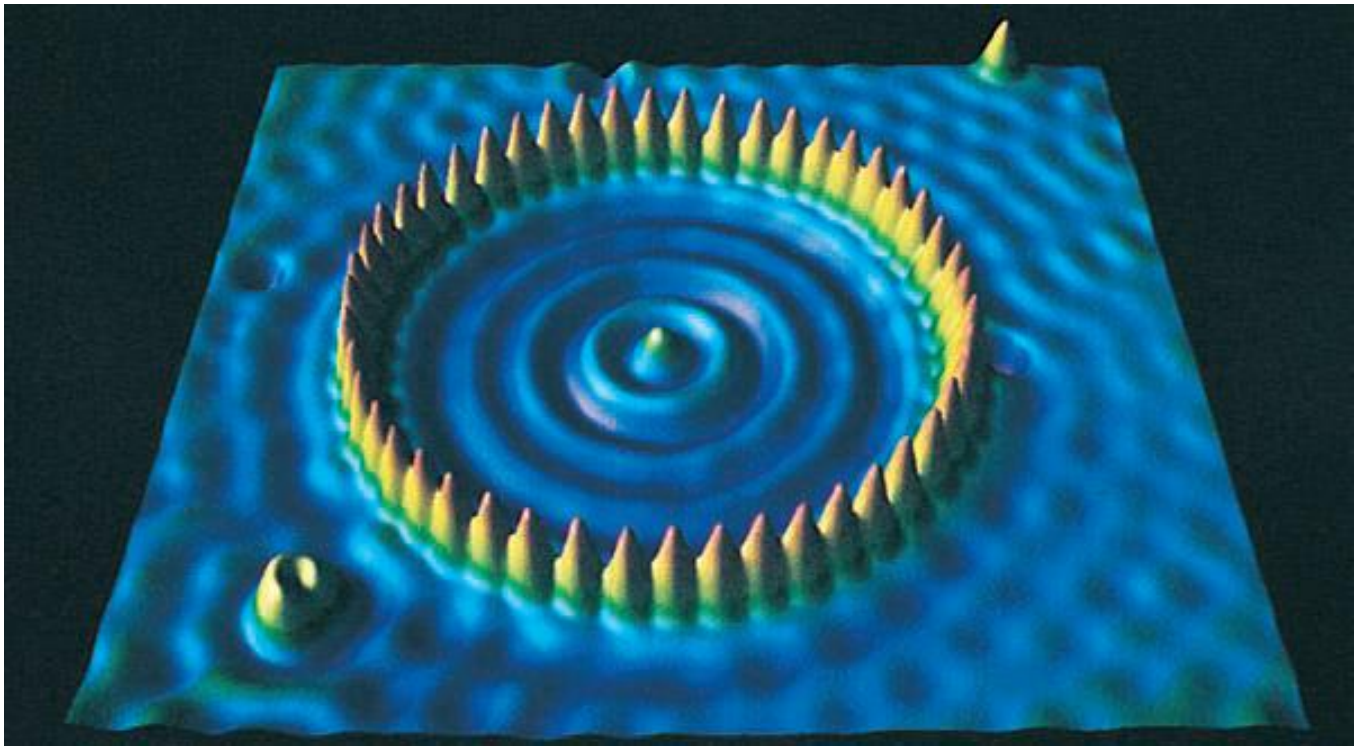
مبدأ مجهر المفعول النفقي

مجهر القوة الذرية



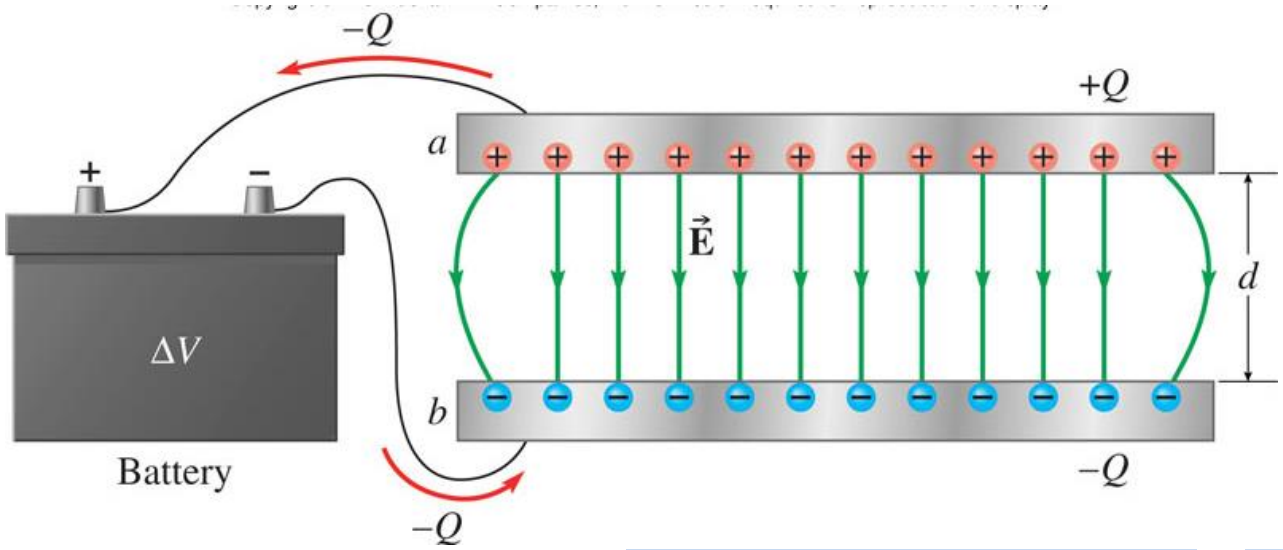
مجهر القوة الذرية

من تطبيقات مجهر المفعول النفقي الماسح الكشف عن الأمواج الإلكترونية المستقرة



صورة بمجهر المفعول النفقي الماسح لسياج كمومي مكون من 48 ذرة من الحديد، قطره 7.13nm على سطح رقاقة من النحاس، يحتبس الإلكترونات داخله، فتظهر الموجة الإلكترونية المستقرة داخل السياج.

واحدات قياس طاقة الإشعاعات الكهرطيسية



$$W = F \cdot d = e\frac{\Delta V}{d} d = e \cdot \Delta V = \frac{1}{2} m v^2$$

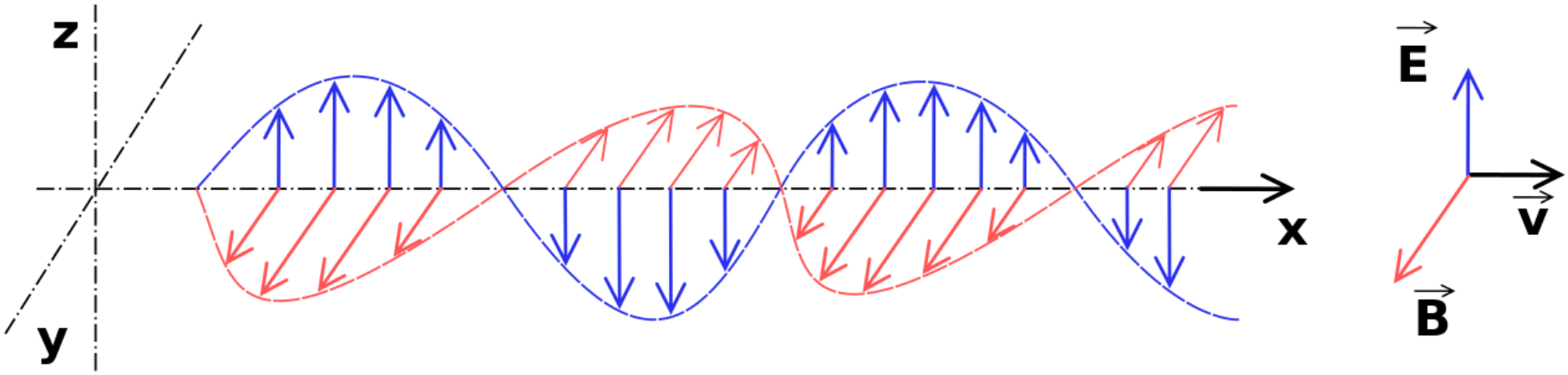
$$F = \left|\vec{F}\right| = e \cdot E = e\frac{\Delta V}{d}$$

$$E = \left|\vec{E}\right| = \frac{\Delta V}{d}$$

$$e \cdot \Delta V = \frac{1}{2} m v^2$$

- تعريف الإلكترون فولط

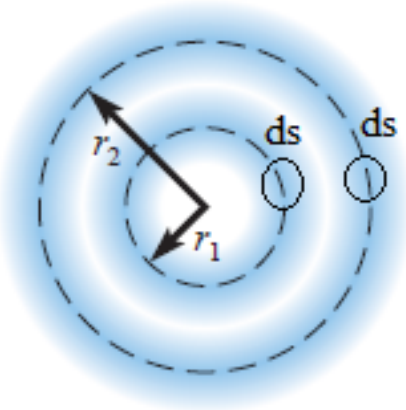
الخصائص العامة الإشعاعات الكهرطيسية



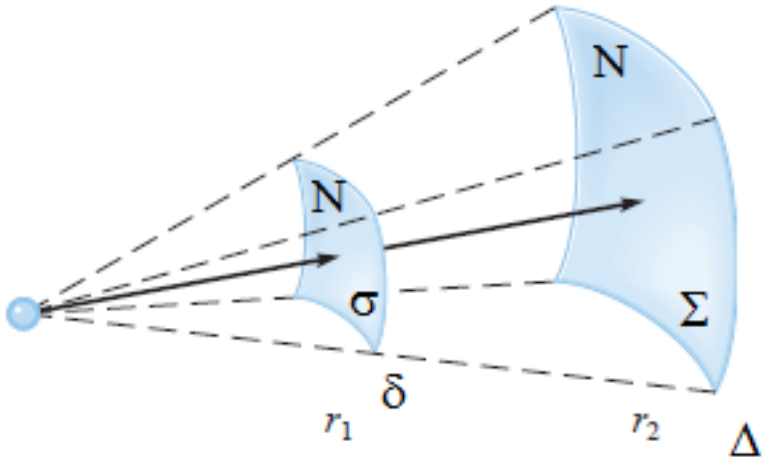
إيضاح مركبتي الحقل الكهربائي والحقل المغنطيسي للإشعاعات الكهرطيسية

تدفق الإشعاعات الكهرطيسية

$$\frac{\Delta}{\delta} = \frac{\sigma}{\Sigma}$$



(a)



(b)

$$A = 4\pi r^2$$

$$\frac{\sigma}{\Sigma} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

- تخامد الموجة الكهرطيسية بدلالة البعد

$$\frac{\Delta}{\delta} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

- إذا كان $r_1 = 1$ نحصل على $\Delta = \delta \cdot \frac{1}{r_2^2}$

التطورات التي طرأت على الفيزياء الجسيمية

- القوانين الأساسية

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

- الاندفاع النسبوي

$$\vec{p} = m\vec{v} = \frac{m_0\vec{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

- التكافؤ بين الكتلة والطاقة

$$E_0 = m_0c^2$$

- الطاقة الكلية

$$E = E_0 + T = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = mc^2$$

- تقاس الكتلة في الفيزياء الجسيمية بواحدة الكتل الذرية *atomic mass unit* (*amu*)، وتساوي 1/12 من كتلة ذرة الكربون -12 أي 1/Navo من الغرام حيث Navo عدد أفوكادرو، وهو عدد الذرات الحقيقية الموجودة في الذرة الغرامية الواحدة من كل عنصر وقد تم اختياره لتكون الذرة الغرامية للكربون مساوية 12 غراماً تماماً،
- الذرة الغرامية للهدروجين $1.007825\,gm$
- الذرة الغرامية للأكسجين $15.99491\,gm$
- كتلة ذرة الكربون 12 $12\,amu$

$$1amu = 1/N_{avo} = 1/6.06\times10^{23}\,gm = 1.660240\times10^{-24}\,gm$$

- ومن ثم تقدر كتلة كل من البروتون والنترون بواحدة amu

$$m_n = 1.00866\,amu \qquad m_p = 1.00727\,amu$$

- وبكل من واحدة الجول والإلكترون فولط

$$E(J) = m(kg)c^2(m^2\,\sec^{-2}) = 1.66\times10^{-27}\times9\times10^{16}$$

$$E = \frac{14.9\times10^{-11}}{1.6\times10^{-19}} = 931.478\,MeV \qquad E = 14.9\times10^{-11}\,J$$

$$1amu = 931.5\,MeV$$

$$1.294\,MeV \qquad m_nc^2 = 939.550\,MeV \qquad m_pc^2 = 938.256\,MeV$$

$$n \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}$$

ظهور مفاهيم جديدة

- مبدأ باولي في الاستبعاد
- جسيمات ديراك المضادة

$$e^{+} + e^{-} \rightarrow \gamma\,(0.5\,MeV) + \gamma\,(0.5 MeV)$$

- ميكانيك الكم والتابع الموجي