

(١)

الفيزياء الحديثة
المرحلة الثانية
د. نبيل جنان بهنام

التمثيل الثاني 2-2

الصفات الموجية للجسيمات

Wave properties of particles

في عام ١٩٢٤ افترض لويس ديبرولي Louis de Broglie الفكرة

للموجة المصاحبة للجسيمات من دون اساس تجريبي واضح.

الفكرة الموجية للجسيمات برهنت عملياً في ١٩٢٧ حيث قبل عام

من هذا التاريخ كون شرودنجر النظرية الكمومية للجسيمات مستنداً الى

الأزدواجية الموجية الجسيمية wave particle duality.

(١) موجات ديبرولي De Broglie wave

كمية الطاقة المنقولة للجسيم الذي يتحرك بطاقة مثل الفوتون تعطى

$$E = h\nu$$

----- (١)

حيث h ثابت بلانك، ν التردد

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

----- (2)

λ الطول الموجي

من النظرية النسبية لدينا علاقة بين زخم الفوتون وطاقة

$$E = pc$$

$$p = \frac{E}{c}$$

----- (3)

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

بموجب المعادلات (1)، (2) ب (3)

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} \frac{c}{c} = \frac{h}{\lambda} \quad (4)$$

العدد الموجي K يعطى بالمعادلة

$$K = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (5)$$

نعوض عن $e(5)$ ب $e(4)$

$$p = \hbar K \quad (6)$$

الزخم

لقد افترضنا دبرولي اذا المعادلة (6) هي قانون عام يشمل الفوتونات والكميات المادية. الزخم كمية اتجاسية فليجها المقابلة (p) .

K يفسر مقدار كمية المنية الذي اتجاها بتجاه التفاعل مع جاي الفوتون يكون موجي λ ، دبرولي نقل هذه الفوتونات الى حركة الجسيم. وحسب طريقة دبرولي الطول الموجي يعطى الجسيم ويرتبط بالزخم (p) بواسطة العلاقة (7) الناتجة من تحويل معادلة (5) بالمعادلة (6) نحصل

$$p = \frac{h}{\lambda} \quad (7)$$

طول موجة دبرولي

كانت m كتلة الجسيم و v سرعته نحصل عن الزخم

(2)

$$p = m v$$

(8)

بتعويض المعادلة (8) ب معادلة (7) نحصل على علاقة تربط الخفا λ للجسيمية مثل الكتلة m والسرعة v مع المعادلة الموجية λ .

$$\lambda = \frac{h}{m v}$$

(9)
De Broglie wave Length
الطول الموجي لديبرولي

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

و معنى المعادلة (9):

الجسيم الذي يمتلك كتلة m والمتحرك بسرعة v يرتبط بعلاقة مع الطول الموجي λ المعطى لمركبة، ولذا يشار إليه بين ثابت بلانك h وفق الجسيم $(p = m v)$.
وهي علاقة تربط الخفا λ الموجية (6) بالخواص الجسيمية $(p = m v)$.

(2) طول موجي ديبرولي للألكترون De Broglie wave Length

إذا كانت v هي السرعة للألكترون المعجل بفرق جهد V (7) حيث أن الشغل المبذول للألكترون المعجل (eV) وهذا الشغل يتحول إلى طاقة حركية $(T = \frac{1}{2} m v^2)$ للألكترون.

المعادلة

$$\frac{1}{2} T = \frac{1}{2} m v^2 = eV \quad \text{--- (10)}$$

سرعة الإلكترون
المعجل

$$v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} \quad \text{--- (11)}$$

$$p = m v \quad \text{--- (12)}$$

بمستعملين المعادلتين (11) و (12) نستطيع إيجاد العلاقة بين الطول الموجي و الجهد الكهربائي

$$p = m \sqrt{\frac{2eV}{m}} = \sqrt{2meV} \quad \text{--- (13)}$$

من معادلة (7)

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (\text{طول موجة ديبروي})$$

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2meV}} = \frac{12.27 \text{ \AA}}{\sqrt{V(\text{Volt})}} \quad \text{--- (14)}$$

الطول الموجي للالكترون المعجل بفارق جهد $V(\text{Volt})$

بعد تبسيط من الثوابت h

$$h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ J/s}, m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ Kg}, e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ Col}$$

(3)

كمية الطول الموجي للألكترون المصطب بفارق 100 Volt ؟

Sol

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2meV}} = \frac{12.27 \text{ \AA}}{\sqrt{V(\text{volt})}}$$

$$= \frac{12.27 \text{ \AA}}{\sqrt{100}} = 1.22 \text{ \AA}$$

(3) سرعة موجة دي بروي de Broglie wave Velocity

بأنه سرعة تنتقل موجة دي بروي ؟ نحن صانعيها موجة دي بروي مع حركة الجسيم و ليس بالضرورة ان تكون سرعة دي بروي بذات سرعة الجسيم .

$$v_p = v \lambda \quad (15)$$

v_p : سرعة موجة دي بروي (سرعة الطور Phase Velocity)

λ من معادلة (9) يمثل طول موجة دي بروي :

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad (15.1)$$

د. نبيل جنان بهنام فتوحي

جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات

قسم الفيزياء

الطاقة الكلية للجسيم من النظرية الكمية تعطى بالمعادلة

$$E = h\nu \quad \text{--- (15.b)}$$

والطاقة الكلية للجسيم من النظرية النسبية

$$E = mc^2 \quad \text{--- (15.c)}$$

نحو هذه المعادلات (15.a), (15.b), (15.c) بالمعادلة (15) نحصل

$$cp = \nu \lambda = \nu \cdot \frac{h}{m\lambda} = \frac{E}{m\lambda} = \frac{mc^2}{\lambda}$$

→ سرعة موجة ديبروي
(سرعة الطور)

$$cp = \frac{c^2}{\lambda}$$

--- (16)

من المعادلة أعلاه نستنتج الآتي

1- سرعة الجسيم c دائماً أقل من سرعة الطور c .

2- أن سرعة موجة ديبروي c (سرعة الطور للموجة) صردائماً أكبر من سرعة الطور أن هذا لا يتناقض لدينا نظر نظرية أينشتاين في النسبية التي افترضت أن الجسيم قد غير الممكن أن يسير بسرعة أكبر من سرعة الضوء (من غير الممكن أن يسير بسرعة أكبر من سرعة الضوء).

بعض هذه النتائج التي استنتجناها
تتفق تماماً مع النتائج التي استنتجناها
في بعض الحالات

(11)

دالة ديبروكي يختلفت عن سرعة الضوء بمفهوم مهم هو ان سرعة
الضوء دالة للطول الموصلي في الفضاء الحر. ولا يفهم ذلك تدبراً
من معادلة الطاقة الكلية من النظرية النسبية

$$E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4 \quad \text{--- (17)}$$

بفعل المتغير m_0 من معادلة السابقة نحصل

$$m_0^2 = \frac{E^2}{c^4} - \frac{p^2}{c^2} \quad \text{--- (17.a)}$$

$$\because p = \frac{h}{\lambda} \quad , \quad E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{--- (17.b)}$$

نحذف من (17.a) ÷ (17.b) نحصل

$$m_0^2 = \frac{h^2 \nu^2}{c^4} - \frac{h^2}{\lambda^2 c^2}$$

$$= \frac{h^2 \nu^2}{c^4} - \frac{h^2}{\lambda^2 c^2} = \frac{h^2}{c^2} \left(\frac{\nu^2}{c^2} - \frac{1}{\lambda^2} \right)$$

$$\therefore m_0^2 = \frac{h^2}{c^2} \left[\frac{\nu^2}{c^2} - \frac{1}{\lambda^2} \right] \quad \text{--- (18)}$$

سرعة ديبرولي

$$v_p = v \lambda$$

(18.a)

$$v^2 = \frac{v_p^2}{\lambda^2}$$

(18.b)

نعوض (18.b) في (18) نحصل

$$m_0^2 = \frac{h^2}{c^2} \left[\frac{v_p^2}{\lambda^2 c^2} - \frac{1}{\lambda^2} \right] \quad (18.c)$$

لنربع معادلة (18.c) لإيجاد v_p^2 :

$$m_0^2 = \frac{h^2}{c^2} \left[\frac{v_p^2}{\lambda^2 c^2} - \frac{1}{\lambda^2} \right]$$

نجد المتغير v_p من المعادلة السابقة ،

$$\frac{m_0^2 c^2}{h^2} = \frac{v_p^2}{\lambda^2 c^2} - \frac{1}{\lambda^2}$$

$$v_p = c \sqrt{1 + \frac{m_0^2 c^2 \lambda^2}{h^2}} \quad (19)$$

سرعة موجة
ديبرولي

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

(5)

مما دلت (19) السابقة نستنتج ان كذاتكون كتلة الجسم ($m_0 > 0$)

الموجة (الطور) v_p دائماً هي أكبر من سرعة الضوء ولكن
حيث ان سرعة موجة ديبرولي v_g هي سرعة الموجة في هذه الحالة ،
وقدالة خاصة للموجات الكروماتيكية التي ($m_0 \times 0$) حيث
انها تتشغل بسرعة ديبرولي مساوية لسرعة الضوء

$$v_p = c$$

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

(11) سرعة الموجة و سرعة المجموعة Wave and group Velocity

لفهم سرعة الموجة v_p و سرعة المجموعة v_g والعلاقة بينهما ،
و لنفترض ان لدينا موجتان تحتلفان قليلاً بالطول الموجي تتشغلان معاً في
وسط مادي متجانس كما في الشكل (1) ، الموجة الأولى في أعلى
الشكل ABC تتحرك طول موجي λ و سرعة v_p بينما الموجة
 $A'B'C'$ تتحرك طول موجي $\lambda + d\lambda$ و تتحرك بسرعة $v_p + dv_p$
و ينفصل سرعة الموجة الأولى كما هو موضح بالشكل .

كما نلاحظ ما تتطابق القسم B و B' عند الزمن ($t=0$) .
القمة الأولى اللاتية من تلافج القمة B' و B هي الأولى في هذا الموقع ، و
بعد فترة قصيرة من الزمن B' سوف تتقدم على B بمقدار ثابت
 $d\lambda$ و كذلك الأمر يحدث لـ A' بالترتيب مع A . حيث ان سرعة
القمة الأولى سوف تدفع نحو موقع يتطابق القمة B' و A' .

حيث أن مقدار الزاحة القوية يمثل S ، سرعة الموجة تظل

$$u = \frac{S}{t} \quad (20)$$

هذا الشكل (1) نحصل على

$$S = v_p t - \lambda \quad (21)$$

بتعويض (20) في (21) نحصل على

$$u = v_p - \frac{\lambda}{t} \quad (22)$$

ومن الشكل (1) المسافة λ التي فيها تزامن B مع B بضمن $t \neq 0$

$$d\lambda = (v_p + dv_p)t - v_p t = t dv_p$$

$$t = \frac{d\lambda}{dv_p} \quad (23)$$

بتعويض المعادلة (23) بالمعادلة (22)

$$u = v_p - \lambda \frac{dv_p}{d\lambda} \quad (24)$$

(6)

بجولة (24) تعطي العلاقة بين السرعة u كمجموعة من المعلومات
 سرعة الموجة v_p للموجة المذبذبة على المجموعة. إذا كان الوسط
 الذي قد نقل فيه المعلومات غير متجانس (مثل انتشار الصوت في الغازي)
 فإننا نعلم $0 = \frac{dv_p}{d\lambda}$ (وذلك لأنه لا يوجد تشتت) نكتب المعادلة
 (24) بالشكل التالي

$$\boxed{u = v_p} \quad (25)$$

معادلة سرعة المجموعة u يمكن أن نكتبها بدلالة السرعة v_p (السرعة الموجية) $(K = \frac{1}{\lambda})$.

بجولة (24) تعطي العلاقة بين السرعة u كمجموعة من المعلومات

$$u = v_p - \lambda \frac{dv_p}{d\lambda} \quad , \quad v_p = \frac{1}{K}$$

$$= v_p - \frac{\lambda}{d\lambda} \cdot d(v_p)$$

$$= v_p - \frac{\lambda}{d\lambda} (v_p d\lambda + \lambda dv_p)$$

$$= \cancel{v_p} - \cancel{\lambda v_p} - \lambda^2 \frac{dv_p}{d\lambda}$$

$$= - \lambda^2 \frac{dv_p}{d\lambda} \quad (26)$$

$$K = \frac{1}{\lambda}$$

$$\therefore dK = -\frac{d\lambda}{\lambda^2} \quad \text{--- (27)}$$

$$d\lambda = -\lambda^2 dK \quad \text{--- (27)}$$

نقوم بحالته (27) في (26) نحصل

$$U = -\lambda^2 \frac{dV}{(-\lambda^2 dK)} = \frac{dV}{dK}$$

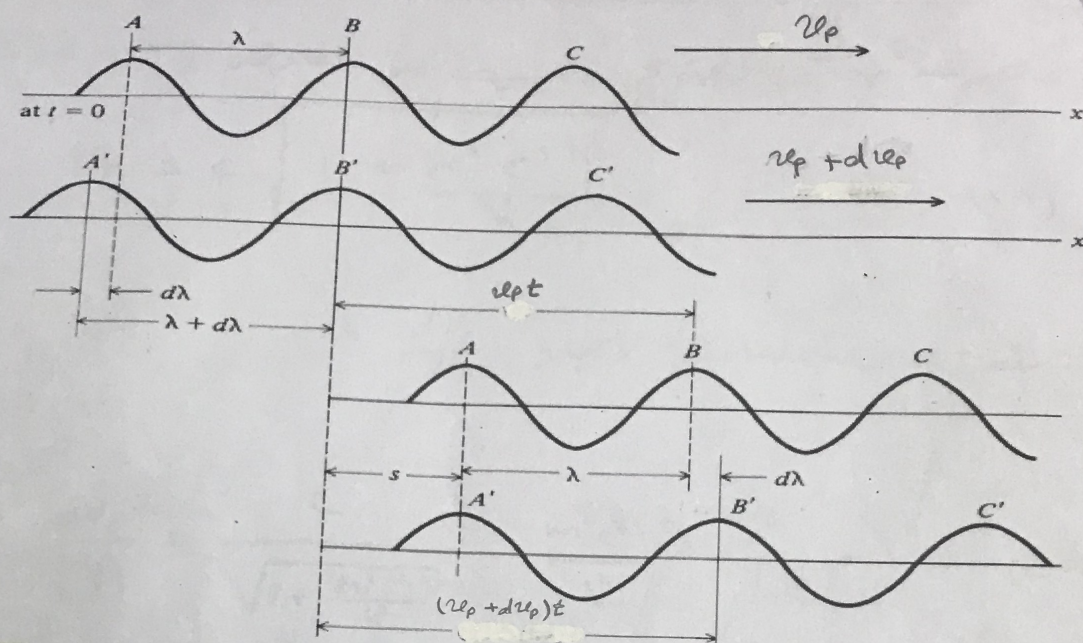
$$\therefore \boxed{U = \frac{dV}{dK}} \quad \text{--- (28)}$$

المعادلة (28) تفهم من الشكل (2)

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

والله اعلم بالصواب
أ.م.م. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

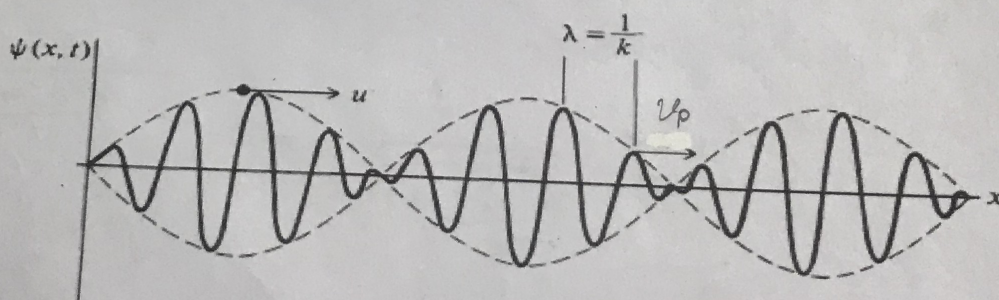
(7)



Wave and group velocities: t is the time required for A' to get into phase with A ; in this time B has traveled a distance $v_p t$ while the position of maximum amplitude had advanced a distance s with the group velocity u

شيف (1)

د. نبيل جنان يهنام فتوحي
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء



Group velocity u and wave velocity v_p

شيف (2)

(8)

المجموعة و سرعة الجسيم (سرعة ديبروي)
Group Velocity and particle velocity (deBroglie velocity)

سرعة المجموعة موجة ديبروي من المعادلة (19) نعوض فيها

$$v_p = c \sqrt{1 + \frac{m_0^2 c^2 \lambda^2}{h^2}} \quad \text{--- (19)}$$

نشتق المعادلة السابقة لاجزاء

$$\frac{dv_p}{d\lambda} = \frac{c}{\sqrt{1 + \frac{m_0^2 c^2 \lambda^2}{h^2}}} \frac{m_0^2 c^2 \lambda}{h^2} \quad \text{--- (29)}$$

نعوض في المعادلة (24)

$$u = v_p - \lambda \frac{dv_p}{d\lambda} \quad \text{--- (24) مكررة}$$

نعوض في المعادلات (19) و (29) بالمعادلة (24) نحصل

$$u = c \sqrt{1 + \frac{m_0^2 c^2 \lambda^2}{h^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{m_0^2 c^2 \lambda^2}{h^2}}} \frac{m_0^2 c^3 \lambda^2}{h^2}$$

$$u = \frac{c \left(1 + \frac{m_0^2 c^2 \lambda^2}{h^2} - \frac{m_0^2 c^2 \lambda^2}{h^2} \right)}{\sqrt{1 + \frac{m_0^2 c^2 \lambda^2}{h^2}}} = \frac{c}{\sqrt{1 + \frac{m_0^2 c^2 \lambda^2}{h^2}}} \quad \text{--- (30)}$$

صن المعادلة (19) فان ضيق الجذر

$$\frac{v_p}{c} = \sqrt{1 + \frac{m_0^2 c^2 \lambda^2}{h^2}} \quad (31)$$

نحوض المعادلة (31) بالمعادلة 30 نحصل على:

$$u = \frac{c^2}{v_p} \quad (32)$$

ولكن من معادلة (16) لنا سابقاً قد اثبتنا

$$v_p = \frac{c^2}{v} \quad (16) \text{ مكررة}$$

نحوض (16) بـ 32 نحصل

$$u = v \quad (33)$$

لوجود دبروي

هذا المعادلة (33) تلاحظ ان سرعة المجهول المتساوية سرعة الجميع
و نذكر من المعادلة (25) اننا برهان ان (سرعة المجهول = سرعة دبروي)

$$u = v = v_p \quad (34)$$

(a)

بناءً على سرعة الطور v_p لجسيم يتحرك في المادة بطاقة حركية

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \text{ or } \frac{p^2}{2m}$$

$$v_p = v \lambda = \frac{E}{h} \frac{h}{p} = \frac{E}{p} = \frac{p}{2m} \cdot \frac{1}{\lambda} = \frac{h v}{2h} = \frac{1}{2} v$$

سرعة الطور لجسيم يتحرك في مجال المادة يساوي نصف سرعة الجسيم

(2) ولأن بناءً على سرعة المجموعة لجسيم يتحرك في مجال المادة بطاقة حركية

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \text{ or } \frac{p^2}{2m}$$

$$u = \frac{dE}{dp} = \frac{d}{dp} \left(\frac{p^2}{2m} \right) = \frac{2p}{2m} = \frac{h v}{h} = v$$

سرعة المجموعة للجسيم يتحرك في مجال المادة تساوي سرعة الجسيم

مبدأ اللا دقة لهايزنبرك "Heisenberg's uncertainty principle"

- في عام ١٩٢٧ أدرك هايزنبرك مفهوم اللا دقة فأذا كنا نقيس
 موضع وانطلاق الجسيم فأنا نواجه عدم دقة في قياسنا المتغيرة
 المتغيرات الكمية يتنبأ أنه من المستحيل القيام بقياسات لحظية
 لموضع وكمية حركة الجسيم بدقة متناهية
 مبدأ اللا دقة لهايزنبرك له جزآن :

١) الجزء الأول :
 "لا يمكن للتجربة أن تحدد على نفس الوقت مركبة الزخم P_x
 والموقع X بدقة عالية للجسيم".

حيث تكون دقة القياس حسب العلاقة

$$\Delta X \cdot \Delta P_x \geq \frac{h}{2} \quad \text{--- (36)}$$

حيث ΔX هي عدم الدقة في قياس موضع الجسيم X (الخطأ في قياس X)
 ΔP " " " " " " الزخم " " P (الخطأ في قياس P)

$$h = \frac{h}{2\pi}$$

هذه علاقة أساسية في ميكانيكا الكم
 توضح أن الجسيمات لا يمكن أن تكون
 دقيقة في كل شيء في نفس الوقت

الجزء الثاني من مبدأ اللادقة "حاصل ضرب الخطأ في قياس
 الطاقة ΔE والخطأ في تحديد الزمن Δt للمرحلة الذرية أكبر أو يساوي
 " $\frac{h}{2}$ (حيث) $\Delta E \Delta t \geq \frac{h}{2}$

ΔE هي اللا دقة في قياس الطاقة الجسيم E (الخطأ في قياس E)
 Δt " " " " الزمن للجسيم t (الخطأ في قياس t)

نلاحظ ان ثابت بلانك ($h = 6.62606 \times 10^{-34} \text{ J/s}$) هو الذي يفرق
 بين التأثير الكمي والتأثير الكلاسيكي فاذ كانت $h=0$
 فأنه لانه يكون هناك قيود على قياساتنا وهذه هي الميزة
 الكلاسيكية

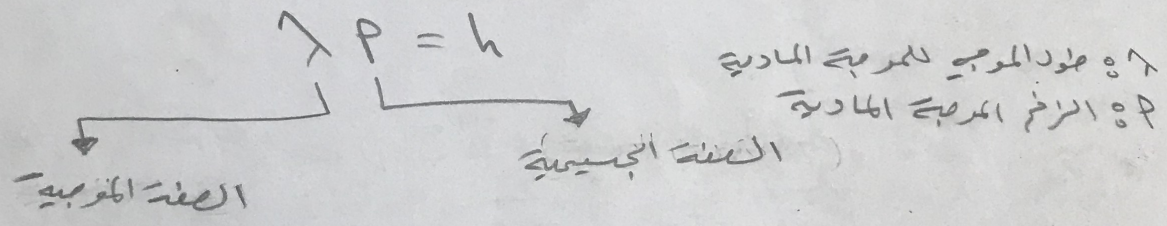
ونظراً لعدم قابلية بلانك (h) فأننا لا نستطيع مبدأ
 اللادقة في حياتنا العادية

Complementarity
تكميلية
الخاصة للموجبة
الاشعاعية

ازدواجية الخصائص الموجبة والجسيمية (الخاصة الازدواجية) (Wave - particle Duality)

- اقترنت تجارب الحيود والتداخل البتار والانتلاطي السلوك الموجي للأشعة والضوء
بينما اقترنت تجارب الامتصاص والاشعاع والتأثير الكهروضوئي وتأثير
كومبتن الطبرية الجسيمية للضوء كفوتونات .

- اقترن دبردي عام ١٩٢٤ ان الصلح الموجبة للجسيمات
تؤتبل بالصلح الجسيمية بالصلح =



- خلا "من الجسيمات المتحركة والاشعة الكروماتية لها خصائصها
جسيمية وخصائص موجية بنفس الوقت Wave - particle duality .

- في حالة الاشعة الكروماتية يمكن فهم خاصية الازدواجية بأنها الاشعة
ليست موجبة مفعلة ، ولكن كجانب من عطار من الوحدات وكل وحدة (فوتون)
عبارة عن حركة موجية بعد ذاتها وان الجسيم المتحرك ليحكي كدو
لا نهائي من الموجات بينها التلاف بين طلي الطور والطول الموجي
بحيث يحدث بينها تداخل وهذا التداخل يكون اما هداما (انتلافيا)
او بتار ليكون ما يعرف بالمجموعة الموجية Wave packet .

نحتاج نيلزبور من الأزدومية انه يوجد "مبدأ التكملة"

"principle of complementarity" وهو : اذا ثبتت تجربة
(الخفا ليس الموجية) للأشياء او الجسيمات (المادة) طأنة من المستحيل
ان تثبت على نفس التجربة « الخفا ليس الموجية الجسيمية »

- اقترح ماكس بورن Max Born توحيداً مثله للخفا ليس

الموجية والجسيمية للمادة (الجسيمات) :

١- اقترح ماكس بورن ان لها صيغة « الموجات المادية » ليس فقط (١) و لكن صيغة الموجية .

٢- الدالة التي تمثل موجة ديمرولي تسمى دالة الموجة ψ
wave function

(١)

د. نبيل جنان بهنام

فيزياء حديثة

المرحلة الثانية

سائل
الناس

الصفات الموجبة للجسيمات

wave properties of particles

1. ϕ جد λ = الطول الموجي والتردد لفوتون طاقتة 10 keV
J $1.6021764 \times 10^{-15}$

Sol.

$$E = h\nu \quad , \quad \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \text{ (J.s)} \times 3 \times 10^8 \text{ (m/sec)}}{1.6021764 \times 10^{-15} \text{ (J)}}$$

$$= 12.4 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$= 12.4 \text{ \AA}$$

$$\boxed{\overset{-10}{\text{\AA}} = 10^{-10} \text{ m}}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ (m/s)}}{12.4 \times 10^{-10} \text{ (m)}} = 2.41768 \times 10^{17} \text{ Hz}$$

2. جد E = الزخم لفوتون طاقتة 12 MeV

Sol

$$E = 12 \text{ MeV} = 12 \times 10^6 \times 1.6021 \times 10^{-19} = 1.9226 \times 10^{-12} \text{ J}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/sec}$$

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

$$p = \frac{E}{c} = \frac{1.9226 \times 10^{-12} \text{ J}}{3 \times 10^8 \text{ (m/sec)}} = 6.41314 \times 10^{-21} \frac{\text{m}}{\text{Sec}} \text{ Kg}$$

193 / جدي - الطول الموجي والتوتر لفوتون طاقتة Kev

Sol

$$E = pc$$

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{hf}{\lambda} = \frac{h}{\lambda}$$

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

$$hc = 6.626 \times 10^{-34} \text{ (J} \cdot \text{Sec)} \times 3 \times 10^8 \text{ (m/sec)} = 1.9864 \times 10^{-25} \text{ J} \cdot \text{m}$$

$$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

حيث

$$\text{\AA} = \frac{\text{m}}{10^8}$$

$$\begin{aligned} hc(\text{eV}) &= \frac{1.9864 \times 10^{-25} \text{ J} \cdot \text{m}}{1.602 \times 10^{-19} \text{ J}} = 1.239 \times 10^{-6} \text{ eV} \cdot \text{m} \\ &\approx 12.4 \text{ Kev } \text{\AA} \end{aligned}$$

$$\therefore hc(\text{eV}) = 12.4 \text{ Kev} \cdot \text{\AA}$$

(2)

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{12.4 \text{ Kev} \cdot \text{\AA}}{E (\text{Kev})} = 0.62 \text{ \AA}$$

$$\lambda = \frac{12.4 \text{ Kev} \cdot \text{\AA}}{E (\text{Kev})}$$

قانون

$$\lambda = \frac{12.4 \text{ Kev} \cdot \text{\AA}}{20 \text{ Kev}} = 0.62 \text{ \AA}$$

$$= 0.62 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\gamma = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 (\text{m/Sec})}{0.62 \times 10^{-10} (\text{m})} = 4.835 \times 10^{18} \text{ Hz}$$

Q4 / جرمی = مومن دیردی لکھ ورنہ 0.01 Kg و سرکشی

Solution

• 10 m/Sec

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.626 \times 10^{-34} (\text{J} \cdot \text{s})}{0.01 (\text{kg}) \times 10 (\frac{\text{m}}{\text{Sec}})} = 6.626 \times 10^{-33} \text{ m}$$

$$= 6.626 \times 10^{-23} \text{ \AA}$$

د. نبیل جنان بهنام فتوحی
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

د بروی 1A

$$eV = \frac{1}{2} m_0 v^2 = \frac{p^2}{2m_0} = \frac{1}{2m_0} \left(\frac{h}{\lambda} \right)^2$$

$$V = \frac{h^2}{2m_0 e \lambda^2} = \frac{[6.626 \times 10^{-34} \text{ (J.s)}]^2}{2(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) (1 \times 10^{-10} \text{ m})^2}$$

دیکھو 0.105 eV

Solution

$$(m_0)_n = 1.674 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$E = 0.09 \text{ eV} \quad -19$$

$$= 0.09 \times 1.602 \times 10^{-19}$$

$$= 8.01088 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_0 E}}$$

$$= \frac{6.626 \times 10^{-34} \text{ (J.s)}}{\sqrt{2 \times 1.674 \times 10^{-27} \text{ (kg)} \times 8.01088 \times 10^1 \text{ J}}} = 1.279 \times 10^{-10} \text{ m} = 1.279 \text{ \AA}$$

$$= 1.279 \text{ \AA}$$

(3)

طول موجي طول موجي لبروتون موجي بفرق 1KV

Solution

$$m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}, V = 1 \text{ kV} = 1000 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 m_p e V}} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \text{ (J.s)}}{\sqrt{2 \times 1.67 \times 10^{-27} \text{ (kg)} \times 1.602 \times 10^{-19} \text{ (1 \times 10^3)}}}$$

$$= \frac{6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s}}{7.32097 \times 10^{-22}}$$

$$= 9.05 \times 10^{-13} \text{ m} = 9.05 \text{ \AA}$$

8/ ما هي اقل لادقة في حالة العلاقة Energy State لزره ما اذا بقي
الالكترون في هذه الحالة لمدة 10^{-8} sec .

Solution

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{2}$$

$$\Delta E \geq \frac{h}{2 \Delta t}$$

$$\Delta t = 10^{-8} \text{ sec}, h = \frac{h}{2\pi}$$

$$= 1.0545 \text{ J.s}$$

$$\Delta E \geq \frac{1.0545 \text{ (J.s)}}{2 \cdot 10^{-8} \text{ sec}}$$

$$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\Delta E \geq 5.2785 \times 10^{-27} \text{ J}$$

$$\Delta E \geq \frac{5.2785 \times 10^{-27}}{1.602 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 0.3915 \times 10^{-7} \text{ eV}$$

٩٩ / موجة الازمنة على الموضع Δx لغزتون طول الموجة λ اذا علمت ان نسبة الزمنة هي الطول الموجي $\Delta \lambda$ الى الطول الموجي λ تقاد في هزار من مليون

Solution

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

$$\lambda = 3000 \text{ \AA} = 3000 \times 10^{-10} = 3 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = 10^{-6}$$

$$\Delta x ?$$

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.62 \times 10^{-34} \text{ (J.s)}}{3 \times 10^{-7} \text{ m}} = 2.208 \times 10^{-27} \text{ Kg.m/sec}$$

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

$$dp = - \frac{h}{\lambda^2} d\lambda$$

بأنه المطلق للمعادلة

$$\Delta p = \frac{\Delta \lambda}{\lambda^2} = \frac{h}{\lambda} \left(\frac{\Delta \lambda}{\lambda} \right) = \frac{1}{\lambda} \times 10^{-6}$$

$$\Delta \lambda = d\lambda$$

$$\Delta p = dp$$

$$\Delta p = \frac{h}{\lambda} \times 10^{-6} \approx 2.2071 \times 10^{-33} \frac{\text{J.s}}{\text{m}}$$

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{2} \Rightarrow \Delta x \geq \frac{h}{2 \Delta p} = 0.0238 \text{ m}$$

(١١)

د. بيلج جان (١٤)

فيزياء حديثة

المرحلة الثانية

سائل الفيل
الناس

الصفات الموجبة للجسيمات
wave properties of particles

١٩.١ / جدي = الطول الموجي = والتردد لفوتون طاقتة
• $1.6021764 \times 10^{-15} \text{ J}$

Solution

$$E = h\nu \quad , \quad \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \text{ (J.s)} \times 3 \times 10^8 \text{ (m/sec)}}{1.6021764 \times 10^{-15} \text{ (J)}}$$

$$= 12.4 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\boxed{\overset{-10}{\text{\AA}} = 10^{-10} \text{ m}}$$

$$= 12.4 \text{ \AA}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ (m/s)}}{12.4 \times 10^{-10} \text{ (m)}} = 2.41768 \times 10^{17} \text{ Hz}$$

١٩.٢ / جدي = الزخم لفوتون طاقتة ، 12 MeV

Sol

$$E = 12 \text{ MeV} = 12 \times 10^6 \times 1.6021 \times 10^{-19} = 1.9226 \times 10^{-12} \text{ J}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/sec}$$

$$p = \frac{E}{c} = \frac{1.9226 \times 10^{-12} \text{ J}}{3 \times 10^8 \text{ (m/sec)}} = 6.41314 \times 10^{-21} \frac{\text{m kg}}{\text{Sec}}$$

20Kev ← الطول الموجي والتردد لفوتون طاقة

Solution

$$E = pc$$

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h\cancel{\nu}}{\cancel{c}} = \frac{h}{\lambda}$$

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

$$hc = 6.626 \times 10^{-34} \text{ (J} \cdot \text{Sec)} \times 3 \times 10^8 \text{ (m/sec)} = 1.9864 \times 10^{-25} \text{ J}$$

$$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

هنا

$$\text{\AA} = \frac{\text{m}}{10^8}$$

$$hc(\text{eV}) = \frac{1.9864 \times 10^{-25} \text{ J} \cdot \text{m}}{1.602 \times 10^{-19} \text{ J}} = 1.239 \times 10^{-6} \text{ eV} \cdot \text{m} \approx 12.4 \text{ Kev } \text{\AA}$$

$$\therefore hc(\text{eV}) = 12.4 \text{ Kev} \cdot \text{\AA}$$

(2)

$$\therefore \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{12.4 \text{ Kev} \cdot \text{\AA}}{E (\text{Kev})}$$

$$\boxed{\lambda = \frac{12.4 \text{ Kev} \cdot \text{\AA}}{E (\text{Kev})}}$$

قانون

$$\lambda = \frac{12.4 \text{ Kev} \cdot \text{\AA}}{20 \text{ Kev}} = 0.62 \text{\AA}$$
$$= 0.62 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 (\text{m/Sec})}{0.62 \times 10^{-10} (\text{m})} = 4.835 \times 10^{18} \text{ Hz}$$

Q4 / جری = طول موجی دہرگی لکڑ وزنی 0.01 Kg و سرکشی

Solution

• 10 m/Sec

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.626 \times 10^{-34} (\text{J} \cdot \text{s})}{0.01 (\text{Kg}) \times 10 \left(\frac{\text{m}}{\text{Sec}}\right)} = 6.626 \times 10^{-23} \text{ m}$$
$$= 6.626 \times 10^{-23} \text{ \AA}$$

Q5 / جریہ جہر التبعیل للالکترون لکے بیٹے طول موج
دیرکے $1\text{\AA}$

$$eV = \frac{1}{2} m_0 v^2 = \frac{p^2}{2m_0} = \frac{1}{2m_0} \left(\frac{h}{\lambda} \right)^2$$

$$V = \frac{h^2}{2m_0 e \lambda^2} = \frac{[6.626 \times 10^{-34} (\text{J.s})]^2}{2(9.11 \times 10^{-31} \text{kg})(1.6 \times 10^{-19} \text{C})(1 \times 10^{-10} \text{m})^2}$$

$$= 151 \text{ Volt}$$

Q6 / جریہ طول موج دیرکے لائیوٹرون حرارکے
بطاقت 0.05 eV

Solution

$$(m_0)_e = 1.674 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$E = 0.05 \text{ eV} = 0.05 \times 1.602 \times 10^{-19} = 8.01088 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_0 E}}$$

$$= \frac{6.626 \times 10^{-34} (\text{J.s})}{\sqrt{2 \times 1.674 \times 10^{-27} (\text{Kg}) \times 8.01088 \times 10^{-21} \text{ J}}} = 1.279 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$= 1.279 \text{\AA}$$

(3)

مربع طول مربع دبروي لبروتون صجل بفرق 1KV

Solution

$$m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}, V = 1 \text{ KV} = 1000 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 m_p e V}} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \text{ (J.s)}}{\sqrt{2 \times 1.67 \times 10^{-27} \text{ (kg)} \times 1.602 \times 10^{-19} \text{ (1 \times 10^3)} \times 1.6}}$$

$$= \frac{6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s}}{7.32097 \times 10^{-22}}$$

$$= 9.05 \times 10^{-13} \text{ m} = 9.05 \text{ \AA}$$

Q8 / ماضي اقل لادقة في حالة الطاقة = Energy State لزره ما اذا بقي
الالكترون على صفة، اكمال مدة 10^{-8} sec .

Solution

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{2}$$

$$\Delta E \geq \frac{h}{2 \Delta t}$$

$$\Delta t = 10^{-8} \text{ sec}, h = \frac{h}{2\pi}$$

$$= 1.0545 \text{ J}$$

$$\Delta E \geq \frac{1.0545 \text{ (J.s)}}{2 \times 10^{-8} \text{ sec}}$$

$$\Delta E \geq 5.2785 \times 10^{-27} \text{ J}$$

$$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\Delta E \geq \frac{5.2785 \times 10^{-27}}{1.602 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 0.391 \times 10^{-7} \text{ eV}$$

4 / موجي الازدقة في الموضع Δx لغزوتون طول الموجة $3000 \text{ \AA}$ ، اذا علمت ان نسبة الوقت لمي الطول الموجي $\Delta \lambda$ الى الطول الموجي λ تقادريه هزار من مليون .

Solution

$$\lambda = 3000 \text{ \AA} = 3000 \times 10^{-10} = 3 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = 10^{-6}$$

$$\Delta x ?$$

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.62 \times 10^{-34} \text{ (J.s)}}{3 \times 10^{-7} \text{ m}} = 2.208 \times 10^{-27} \text{ Kg.m/Sec}$$

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

$$dp = - \frac{1}{\lambda^2} d\lambda$$

بند المطلق للمصادر

$$\Delta p = \frac{\Delta \lambda}{\lambda^2} = \frac{h}{\lambda} \left(\frac{\Delta \lambda}{\lambda} \right) = \frac{1}{\lambda} \times 10^{-6}$$

$$\begin{array}{l} \Delta \lambda = d\lambda \\ \Delta p = dp \end{array}$$

$$\Delta p = \frac{h}{\lambda} \times 10^{-6}$$

(u)

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta x \geq \frac{\hbar}{2 \Delta p}$$

$$\Delta x \geq \frac{\hbar}{2 \frac{h}{\lambda} \times 10^6} = \frac{\cancel{\hbar}}{2 \frac{\cancel{\hbar} + 2\pi}{\lambda} \times 10^6}$$

$$\Delta x \geq \frac{\lambda}{4\pi \times 10^6} = \frac{3 \times 10^{-7}}{4 + 3.14 \times 10^6} =$$

$$\Delta x \geq 0.02388 \text{ m}$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$
$$h = \hbar \cdot 2\pi$$