جامعـــة الأنبــــار

المركز/ مركز بحوث المواد النانوية

قســــــــم او الفرع/ قسم المواد النانوية المتقدمة

المرحلـــة / الثانية

أستـاذ المادة: أ.م. د مازن حامد حسن القيسي

اسم المادة باللغة العربية: الفيزياء العامة

اسم المادة باللغة الإنكليزية: General physics

أسم المحاضرة الأولى باللغة العربية: الحركة الخطية

أسم المحاضرة الأولى باللغة الانجليزية: Rectilinear Motion

محتوى المحاضرة الاولى

الفصل الأول / الحركة الخطية
Rectilinear Motion

الحركة Motion

إن دراسة الحركة لجسم تعني دراسة كل ما يتعلق بموقع الجسم وسرعته وتعجيله. وتعرف حركة الجسم بأنها (التغيير المستمر في موقع الجسم). وهناك أنواع عديدة للحركة كالانتقالية والدورانية والاهتزازية، وسوف نتناول في هذا الفصل الحركة الانتقالية وهي التي تكون فيها جميع أجزاء الجسم تتحرك بنفس الاتجاه أي بدون دوران، ويتيسر ذلك بافتراض حركة جسم متناهي في الصغر يسمى بالجسيم Particle. يعامل الجسيم كنقطة هندسية، وله كتلة وليس له أبعاد، والوصف الدقيق لحركة مثل هذه النقطة يمثل وصفاً كاملاً لحركة الجسم ككل. ففكرة الجسيم هي فكرة نظرية الغاية منها تسهيل الحسابات الرياضية. وتسمى الحركة الانتقالية على خط مستقيم بالحركة الخطية Linear Motion.

معدل السرعة Average Velocity

نستطيع أن نعرّف النسبة بين الإزاحة والزمن المستغرق لها بمعدل السرعة (أي تغير الإزاحة في وحدة الزمن). الذي يرمز له بالرمز $\vec{\bar{\vartheta}}$ وأحيانا $\overrightarrow{\vartheta_{av}}$ ويكتب رياضياً:

$$\vec{\bar{\vartheta}} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

وهو كمية متجه تتضمن النسبة بين الإزاحة الكلية والزمن الكلي بغض النظر عن شكل المسار بين النقطتين فقد يكون المسار الفعلي مستقيماً أو منحنياً وقد تكون الحركة منتظمة أو غير منتظمة لهذا السبب يطلق على المعدل الزمني لتغير الإزاحة بمعدل السرعة وليس السرعة. إن مقدار معدل السرعة $\bar{\vartheta}$ يعطى بالمعادلة:

$$\bar{\vartheta} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

والذي يسمى بمعدل الانطلاق Average Speed وهو النسبة بين المسافة المقطوعة من قبل الجسيم في وحدة الزمن، وهو كمية عددية ويقاس بنفس وحدات السرعة أي (متر/ثا) (m/sec) أو سم/ثا (cm/sec). إن ابسط أنواع الحركة للجسيم هي الحركة المنتظمة على خط مستقيم وهي الحركة التي يقطع فيها الجسيم نفس المسافة بنفس الاتجاه في كل ثانية. ويقال للجسيم انه يتحرك بسرعة ثابتة، ومفهوم السرعة الثابتة يعني مقداراً ثابتاً واتجاهاً ثابتاً، وإذا تغير أحدهما أو كلاهما عندئذٍ يقال إن الجسيم يتحرك بسرعة

متغيرة، وفي هذه الحالة تحتاج لتحديد سرعة الجسيم المتحرك في كل لحظة زمنية والتي تسمى بالسرعة الآنية وتعرف بأنها سرعة الجسم في لحظة معينة من زمن حركته أو في نقطة معينة واقعة على مساره بالسرعة الآنية للجسم.

$$\vec{\vartheta} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{d\vec{x}}{dt}$$

فالسرعة الآنية لجسيم يتحرك بإزاحة معينة تمثّل بالمشتقة الأولى لتلك الإزاحة نسبة إلى الزمن.

مثال

سيارة سباق تبدأ بتسارع من السكون لتصل الى السرعة (12 m/s) بعد(8 s) فإذا اعتبرنا ان التسارع ثابت فاحسب: أ) التسارع ب) المسافة التي تقطعها السيارة ج) السرعة النهائية؟

الحل: أ) **التسارع**: $\mathbf{a = \frac{v_f - v_i}{t} = \frac{12-0}{8} = 1.5\,m/s^2}$

ب) المسافة: $\mathbf{x = \frac{1}{2}(v_i + v_f).t = \frac{1}{2}(0+12)\times 8 = 48\ \ m}$

ج) السرعة النهائية: $\mathbf{v_f^2 = v_i^2 + 2\,a.\,x = 0 + 2(1.5).(48) = 144}$

$v_f = 12$ m/s

معدل التعجيل Average Acceleration

إذا كانت السرعة الآنية تتغير باستمرار في أثناء الحركة فيقال إن الجسيم يتحرك بتعجيل. والسرعة قد تتغير في مقدارها أو في اتجاهها أو كلاهما. وسنبدأ بالسرعة المتغيرة بالمقدار فقط مثل حركة الجسيم على خط مستقيم وباتجاه واحد، فالتعجيل هنا يتولد من تغير مقدار السرعة فقط وهذا التغير يكون إما منتظماً أو غير منتظمٍ وقد يكون متزايداً أو متناقصاً. فإذا كانت السرعة الآنية للجسيم في الزمن t_1 هي $\vec{\vartheta_1}$ فمعدل التعجيل يعرف بالمعادلة الآتية:

$$\vec{a} = \frac{\vec{\vartheta_2} - \vec{\vartheta_1}}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{\vartheta}}{\Delta t}$$

وهو كمية اتجاهية ووحداته وحدات سرعة على وحدات زمن أي متر/ثا^2 (m/sec^2) أو سم/ثا^2 (cm/sec^2).

التعجيل الآني Instantaneous Acceleration

يعرَّف التعجيل الآني لجسيم ما بأنه تعجيل ذلك الجسيم في أي وقت من أوقات حركته أو في أية نقطة معينة على مسارهِ. كما ويمكن تعريفه بأنه معدل التعجيل للجسيم على مسارِ المتناهي بالصغر على أن تكون تلك النقطة واقعة على ذلك المسار. ويعبر عنه رياضياً بالمعادلة:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{\vartheta}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\vartheta}}{dt}$$

ومن المعادلتين $\vec{\vartheta} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{d\vec{x}}{dt}$ و $\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{\vartheta}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\vartheta}}{dt}$ نستطيع كتابة التعجيل بالشكل الآتي:

$$\vec{a} = \frac{d^2\vec{x}}{dt^2}$$

أي أن التعجيل الآني لجسيم ما يتحرك بإزاحة معينة هو المشتقة الأولى لسرعة ذلك الجسيم بالنسبة للزمن أو هو المشتقة الثانية للإزاحة بالنسبة للزمن.

بالنسبة للزمن.

مثال

يتحرك جسم على خط مستقيم بتعجيل $a=4-t^2$, أوجد السرعة والإزاحة كدوال للزمن، إذا علمت بأنه عندما $t=3sec$ s فان $v = 2$ m/sec و $x = 9$ m ؟

الحل:

$$a=4-t^2 \rightarrow \int_{\vartheta_0}^{\vartheta} d\vartheta = \int_0^t (4-t^2)dt$$

$$\vartheta - \vartheta_0 = 4t - \frac{1}{3}t^3 \rightarrow 2 - v_0 = 4(3) - \frac{1}{3}(3)^3$$

$$\therefore\ \vartheta_0 = -1$$

$$\therefore\ \vartheta = 4t - \frac{1}{3}t^3 - 1$$

$$\int_{x_0}^{x} dx = \int_{t_0}^{t} (4t - \frac{1}{3}t^3 - 1)dt \ \rightarrow x - x_0 = 2t^2 - \frac{1}{12}t^4 - t$$

$$\therefore 9 - x_0 = 2(3)^2 - \frac{1}{12}(3)^4 - (3) \ \Rightarrow\ \therefore x_0 = \frac{3}{4}$$

$$\therefore\ x = 2t^2 - \frac{1}{12}t^4 - t + \frac{3}{4}$$

الحركة الخطية بتعجيل ثابت

Rectilinear Motion With Constant Acceleration

في هذا البند سنشتق القوانين التي تتحكم بحركة الأجسام التي تتحرك بتعجيل منتظم (ثابت) على خط مستقيم، وهي ابسط أنواع الحركة للأجسام. فإذا كان التعجيل للجسيم منتظم فمعدل التعجيل يساوي تعجيله الآني، أي أن:

$$a = \frac{\vartheta - \vartheta_0}{t - t_0}$$

حيث $t_0=0$ وهو زمن ابتداء الجسيم بالحركة متمثلة بالسرعة v_0 والتي تسمى بالسرعة الابتدائية أما ϑ فهي سرعة الجسيم عند الزمن t، وبذلك يمكن كتابة المعادلة الآتية:

$$\vartheta = \vartheta_0 + at$$

عندما يتحرك الجسيم بتعجيل ثابت أي عندما تتزايد السرعة بانتظام مع الزمن يكون معدل (متوسط) السرعة مساوياً إلى نصف مجموع السرعتين عند بداية الحركة وعند نهايتها، أي:

$$\bar{\vartheta} = \frac{\vartheta + \vartheta^{/}}{2}$$

وباستعمال المعادلتين $x = \bar{\vartheta}t$ و $\vartheta = \vartheta_0 + at$ نستطيع التوصل إلى المعادلة الآتية:

$$x = \vartheta_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

وعندما تحل المعادلة $\vartheta = \vartheta_0 + at$ للزمن وتعوض بالمعادلة $x = \bar{\vartheta}t$ نحصل على:

$$\vartheta^2 = \vartheta_0^2 + 2ax$$

فالمعادلات $\vartheta = \vartheta_0 + at$ و $x = \vartheta_0 t + \frac{1}{2}at^2$ و $\vartheta^2 = \vartheta_0^2 + 2ax$ هي معادلات الحركة بتعجيل ثابت للحالة الخاصة التي يكون فيها الجسيم عند نقطة الأصل متى ما كانت $t=0$.

يمكن اشتقاق معادلات الحركة أعلاه بطريقة التكامل المحدد على الوجه الآتي:

$$\because\ a = \frac{d\vartheta}{dt} \rightarrow \int_{\vartheta_0}^{\vartheta} d\vartheta = a\int_{t_0=0}^{t} dt$$

$$\vartheta - \vartheta_0 = at \rightarrow \therefore \vartheta = \vartheta_0 + at$$

$$\therefore\ \vartheta = \frac{dx}{dt} \rightarrow dx = \vartheta dt = (\vartheta_0 + at)dt$$

$$\int_{x_0=0}^{x} dx = \vartheta_0 \int_{t_0=0}^{t} dt + a\int_{t_0=0}^{t} tdt$$

$$\therefore\ x = \vartheta_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

$$\because\ a = \frac{d\vartheta}{dt} = \frac{d\vartheta}{dt}\,\frac{dx}{dx} = \frac{dx}{dt}\,\frac{d\vartheta}{dx} = \vartheta\,\frac{d\vartheta}{dx}$$

$$\int_{\vartheta_0}^{\vartheta} \vartheta d\vartheta = a\int_{x_0=0}^{x} dx \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}(\ \vartheta^2 - \vartheta_0^2\ ) = ax$$

$$\therefore\ \vartheta^2 = \vartheta_0^2 + 2ax$$

من أكثر الأمثلة شيوعاً للحركة بتعجيل منتظم هي حركة الأجسام الساقطة سقوطاً حراً نحو سطح الأرض. فبإهمال مقاومة الهواء للأجسام الساقطة والواقعة في منطقة واحدة من سطح الأرض فإنها تسقط نحو الأسفل بتعجيل واحد مهما كانت أشكالها أو كتلها أو حجومها إن كانت هذه المسافات الساقطة منها هذه الأجسام غير كبيرة، بحيث تؤثر على قيمة التعجيل الأرضي أو تعجيل الجاذبية g، الذي مقدارها $9.8\ m/s^2$ تقريباً، وهذه القيمة تتغير تغيراً طفيفاً من موضع إلى آخر على سطح الأرض لان التعجيل الأرضي يعتمد على بعد الجسم من مركز الكرة الأرضية ويتأثر بدوران الأرض الذي يختلف باختلاف نقاطها.

من المعلوم إن g يتجه دائماً إلى الأسفل أي نحو الأرض، لذلك إذا اخترنا الاتجاه نحو الأسفل كاتجاه موجب، فبالنسبة للمسائل التي تتعلق بالسقوط الحر للأجسام فان g يكون موجباً إذا كان الجسم ساقطاً نحو الأسفل، أما إذا اخترنا الاتجاه نحو الأعلى كاتجاه موجب فان g يجب أن يكون سالباً إذا كان الجسم مقذوفاً نحو الأعلى. وبأخذ هذه الفرضيات بنظر الاعتبار مع معادلات الحركة ذات التعجيل المنتظم في خط مستقيم يكون بإمكاننا استعمالها للأجسام الساقطة بحرية. فالمعادلات اللازمة لوصف حركة الأجسام الساقطة سقوطاً حراً هي:

$$\vartheta = \vartheta_0 + gt$$

$$y = \vartheta_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$\vartheta^2 = \vartheta_0^2 + 2gy$$

حيث أبدلنا التعجيل a بالتعجيل الأرضي g والإزاحة x بالإزاحة y في المعادلات $\vartheta = \vartheta_0 + at$ و $x = \vartheta_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ و $\vartheta^2 = \vartheta_0^2 + 2ax$.

مثال

قذفت كرة عمودياً إلى الأعلى من حافة سطح بناية عالية وبالقرب من زاويتها في طريق عودتها أخطأت سطح البناية فمرت بنقطة على بعد 10 m أسفل نقطة قذفها بسرعة مقدارها 20 m/sec بعد مرور 4 sec من قذفها. جد:

١ – السرعة الابتدائية التي قذفت بها الكرة، ٢- أعظم ارتفاع تصله الكرة، ٣-ارتفاع البناية إذا وصلت الكرة إلى نهايتها بعد خمس ثواني من قذفها؟

الحل:

١. إن سرعة وتعجيل الكرة يكون اتجاههما إلى الأسفل لذلك لابد من وضع الإشارة السالبة، أي:

$$\vartheta = \vartheta_0 + gt \Rightarrow -20 = \vartheta_0 - 9.8 \times 4$$

$$\therefore \vartheta_0 = 19.2\,m/s$$

$$\vartheta^2 = \vartheta_0^2 + 2gy \Rightarrow 0 = (19.2)^2 - 2\times 9.8y$$ -٢

$$\therefore y = 18.8m$$

$$y^{/} = \vartheta_0 t + \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow y^{/} = 18.8\times 5 - \frac{1}{2}\times 9.8\times (5)^2$$ -٣

التمارين Exercises

١. أ- عدد قوانين نيوتن في الحركة الخطية؟ ب - ماهي الصيغة الرياضية للسرعة الخطية والسرعة المماسية مع ذكر الوحدات؟

٢. تبدأ سيارة حركتها من السكون وتسارع بمعدل قدره (10 m/sec.) خلال مسافة قدرها (20 m) احسب ١- سرعة السيارة حينئذ ٢- الزمن اللازم لقطع هذه المسافة ؟

٣. قذفت كرة شاقولياً نحو الأعلى بسرعة (٨٠ m/sec.) أوجد ١- الزمن الذي تستغرقه للوصول إلى أعلى نقطة ٢- الارتفاع الذي تصل اليه ؟

٤. سقطت كرة من ارتفاع (4 m) وارتدت صاعدة (3 m) فاذا بقيت الكرة ملامسة الأرض لفترة (0.2 sec.) احسب معدل تعجيل الكرة في فترة التماس ؟

٥. من تعريف السرعة اثبت ان: ١- ($X = V_o\, t + 1/2\ \ a\, t^2$) , ٢- $X = v_o t + \frac{1}{2} a\ \ t^2$

٦. ابتدأت سـيارة حركتها من السـكون وتسـارعت بانتظام الى (0.5 m/sec.) خلال (10 sec.) احسـب ١- التعجيل ٢- المسافة المقطوعة خلال هذا الزمن ؟