دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الفيزياء

الجزء الثاني (الميكانيكا)

للسنة الثالثة

بمرحلة التعليم الثانوي

(القسم العلمي)

الاسبوع التاسع عشر

المدرسة الليبية بفرنسا - تور

3 Motion due to gravity

الفصل الثالث: الحركة بفعل الجاذبية

يتناول هذا الفصل الحركة بعجلة ثابتة في حالة خاصة والناتجة عن قوة الجاذبية، إما إلى أعلى أو أسفل أو بميل،

في نهاية الفصل يجب أن:

- تعرف أن الحركة إلى أعلى أو أسفل مرتبطة بمجموعة من المعادلات تتضمن السرعة والإزاحة موجبة أو سالبة.
- تقدر دور الاحتكاك في الحركة على منحن ومقاومة الهواء في الحركة الرأسية.

1.3 الأجسام الساقطة من إرتفاع (Objects falling from a height)

تناولنا في دراستنا السابقة أن الأجسام الحرة تسقط بفعل قوة الجاذبية بعجلة ثابتة قدرها ($10 \frac{m}{s^2}$) والتي يرمز لها بـ(g)، وهذه العجلة متساوية لجميع كتل الأجسام المختلفة، وهذا النموذج يفترض أن مقاومة الهواء صغيرة جداً يمكن إهمالها في الحسابات.

حيث إن العجلة ثابتة يمكننا استخدام المعادلات السابقة للحركة بعجلة ثابتة وهي:

$$v = u + gt \longrightarrow 1$$

$$s = ut + \frac{1}{2} gt^2 \longrightarrow 2$$

$$v^2 = u^2 + 2gs \longrightarrow 3$$

مثال 1.1.3:

تتحرك سباحة على لوح للغطس فوق مسبح ارتفاعه ($4\,m$) فوق سطح الماء. أوجد سرعتها عندما تصل قدميها سطح الماء.

الحل:

السرعة الابتدائية للسباحة $(u = 0)$ والعجلة $(10 \frac{m}{s^2})$ عليه نحتاج إلى معادلة تربط السرعة النهائية بالمسافة المقطوعة.

بالرجوع إلى المعادلة: $v^2 = u^2 + 2gs$

لنحصل على: $v^2 = 0 + 2 \times 10 \times 4 = 80$

$\therefore v = \sqrt{80} = 8.94 \frac{m}{s}$

عندما تصل قدميها إلى سطح الماء فإنها تتحرك بسرعة أقل بقليل من $(9 \frac{m}{s})$.

2.3 الأجسام المقذوفة إلى أعلى (Objects projected upwards)

في لعبة الكريكت عندما يمسك اللاعب الكرة فإنه يفرح بهذا الإنجاز ويرمي الكرة إلى أعلى في الهواء، ولكي ينجز ذلك عليه أن يكسب الكرة سرعة ابتدائية بفضل القوة من يديه إلا أنه عندما تصبح الكرة في الهواء مع إهمال مقاومة الهواء فالقوة الوحيدة التي تؤثر على الكرة هي قوة الجاذبية .

عندما تكون الكرة مرتفعة تكون إزاحتها وسرعتها إلى أعلى ولكن القوة تكون إلى أسفل. تنتج الجاذبية عجلة تقصيرية مقدارها ($10 \frac{m}{s^2}$).

عليه عند استخدام معادلات الحركة بعجلة ثابتة إلى أعلى يجب أن تستخدم قيمة العجلة ($g = -10 \frac{m}{s^2}$).

مثال 1.2.3:

قذفت كرة إلى ارتفاع قدره ($12.8\,m$)، أوجد السرعة الابتدائية للكرة وكم تكون سرعتها عند الارتفاع ($11\ m$).

الحل:

في هذه الحالة لا نرغب في حساب الزمن فعليه نستخدم المعادلة ($v^2 = u^2 + 2\,gs$).

حيث:

u السرعة الابتدائية ، s المسافة المقطوعة،

v السرعة عند تلك المسافة، ، $g = -10 \frac{m}{s^2}$

$$\therefore \quad v^2 = u^2 - 2 \times 10 \times s = u^2 - 20\,s$$

حيث إن الكرة ارتفعت إلى مسافة ($12.8\,m$) ثم توقفت عليه فإن السرعة النهائية($v = 0$)

$$0 = u^2 - 20 \times 12.8$$

$$u^2 = 256 \qquad \therefore u = 16 \frac{m}{s}$$

عليه تكون الكرة قد قذفت إلى أعلى بسرعة ($16 \frac{m}{s}$).

الآن يمكننا استخدام قيمة ($u = 16 \frac{m}{s}$) في المعادلة($v^2 = u^2 - 20\,s$)

حيث: $s = 11\,m$

$$\therefore \quad v^2 = 256 - 20 \times 11 = 36$$

$$\therefore v = \sqrt{36} = 6 \frac{m}{s}$$

عليه عندما تصل الكرة إلى مسافة (11 m) فوق سطح الأرض تكون سرعتها ($v = 6\ \frac{m}{s}$) تعرض هذا المثال إلى حركة الكرة إلى أعلى فقط ولكن ما ارتفع شيء إلا ورجع إلى أسفل.

وهنا يمكننا دراسة حركة الكرة من لحظة القذف إلى أعلى إلى حين رجوعها إلى يدي اللاعب ونسأل كم بقت الكرة في الهواء وما مقدار سرعتها عندما يمسكها اللاعب مرة أخرى بعد الرجوع.

يمكنك دراسة الموضوع بتقسيم الحركة إلى جزئين إلى أعلى وإلى أسفل، ففي المثال السابق سقطت الكرة من ارتفاع ($12.8\ m$) إلا أنه ليس من الضروري بل يمكنك استخدام معادلات الحركة والتي تطبق على الحركة إلى أعلى أو الحركة إلى أسفل.

اعتبر معادلة الحركة في السرعة والزمن: $v = u + gt$

والتي تأخذ الصيغة: $v = 16 - 10\,t$

وهذا صحيح في حالة الحركة إلى أعلى حتى أن تصل سرعة الكرة إلى السكون في أعلى نقطة ($v = 0$)

حيث: $0 = 16 - 10\,t$

$$\therefore\ t = \frac{16}{10} = 1.6\ s$$

عليه سوف تصل الكرة إلى أقصى ارتفاع ($12.8\ m$) بعد زمن قدره (1.6 s). بعدها المعادلة تُعطي قيمة سالبة للسرعة (v).

في هذا النموذج للحركة عندما وضعت قيمة السرعة الابتدائية ($u = 6\ \frac{m}{s}$) والعجلة ($g = -10\ \frac{m}{s^2}$) كان الاتجاه إلى أعلى موجباً، عليه عندما تغير الكرة من اتجاه حركتها تُصبح (v) سالبة، وهذا يدل على أن الكرة متحركة إلى أسفل.

وهذا يوضح الفرق بين مقدار السرعة القياسية(الارقال) والسرعة الاتجاهية وعلى سبيل المثال إذا كانت ($t = 2\ s$)

$$v = 16 - 10 \times 2 = 16 - 20$$

$$\therefore\ v = -4\ \frac{m}{s}$$

عندها تقول: إن سرعة الكرة ($-4\ \frac{m}{s}$) إلى أعلى، إلا أنها متحركة بسرعة مقدارها ($4\ \frac{m}{s}$).

لندرس الإزاحة باستخدام المعادلة: $s = u\,t + \frac{1}{2}\,g t^2$

والتي تأخذ الصيغة الآتية في هذا المثال: $s = 16\,t - 5\,t^2$

ويمكنك التأكد عندما تكون ($t = 1.6\ s$) تكون ($s = 12.8\ m$)، والذي يؤكد وصول الكرة إلى أقصى ارتفاع بعد زمن قدره ($1.6\ s$).

بعدها تبدأ الإزاحة في التقلص، فعندما تكون ($t = 2\ s$) فإن الإزاحة:

$$s = 16 \times 2 - 5 \times 4 \quad = 32 - 20 \quad = 12\ m$$

عليه بعد مرور زمن قدره ($2\ s$) سوف تكون الكرة على ارتفاع ($12\ m$) فوق سطح الأرض.

وبالرجوع إلى المعادلة:

$$s = 16\,t - 5\,t^2 \quad = t\,(16 - 5\,t)$$

يمكن ملاحظة أن ($s = 0$) عندما:

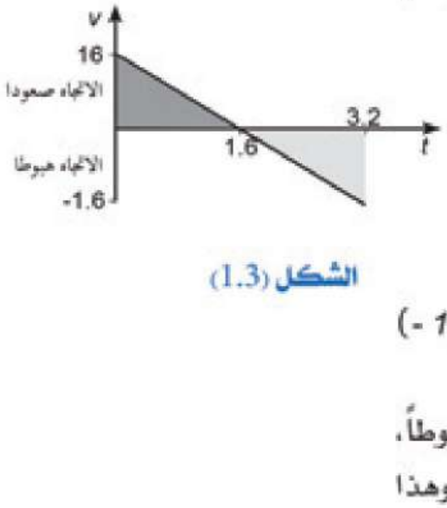
$$t = \frac{16}{5} \quad = 3.2\ s$$

هذا يعني بعد مرور زمن قدره ($3.2\ s$) تكون إزاحة الكرة تساوي صفراً، أي أنها رجعت إلى نقطة البداية وبهذا استغرق قذف الكرة زمن ($3.2\ s$).

وأخيراً بالتعويض عن الزمن ($t = 3.2\ s$) في المعادلة:

$$v = 16 - 10\,t \quad = 16 - 10 \times 3.2 \quad = 16 - 32$$

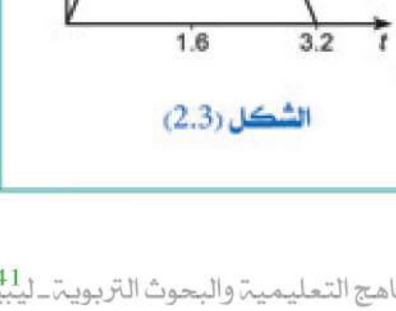
$$\therefore \quad v = -16\ \frac{m}{s}$$



الشكل (1.3)

وهذا يدل على أن سرعة الكرة عندما أمسكها الاعب كانت ($-16\ \frac{m}{s}$) أي أنها هابطة بسرعة مقدارها ($16\ \frac{m}{s}$).

ومن الملاحظ أيضاً أن الكرة استغرقت نفس الزمن صعوداً وهبوطاً، وأنها رجعت إلى اللاعب بنفس السرعة التي قذفت بها إلى أعلى، وهذا صحيح دائماً في حالة أنها قذفت تحت تأثير قوة الجاذبية فقط عند القذف والمسك بها في نفس المستوى.



الشكل (2.3)

ويوضح الشكلين (1.3 و 2.3) (السرعة – الزمن) و(الإزاحة – والزمن) اللازم لحركة الكرة.

يوضح الشكل (1.3) أن قيمة السرعة (v) موجبة حتى يصل الزمن ($t = 1.6\ s$) وسالبة للزمن بين ($t = 1.6\ s$) إلى ($t = 3.2\ s$) وهو يوضح الحركة مستمرة.

كما يوضح الشكل(3. 2) زيادة الإزاحة (s) إلى أن تصل قيمتها القصوى إلى ($12.8\ m$) حيث ($t = 1.6\ s$) وتتناقص حتى تصل إلى الصفر (0) عندما يكون ($t = 3.2\ s$).

ومن المهم الآن ملاحظة كيف يمكن إيجاد الإزاحة من رسم (السرعة – الزمن). يتكون جزء من الرسم ومحور الزمن (t) من مثلثين أحدهما غامق والآخر خفيف التظليل ولهما مساحة ($12.8 = 16 \times 1.6 \times \frac{1}{2}$)

ويوضح المثلث الغامق أن الإزاحة زادت بمقدار (12.8) خلال زمن ($t = 0$) إلى ($t = 1.6\ s$)، إلا أن المثلث الخفيف الذي يقع تحت محور الزمن نقص من (12.8) إلى (0) خلال الفترة ($t = 1.6\ s$) إلى ($t = 3.2\ s$) عليه ببلوغ الزمن الكلي ($3.2\ s$) تكون الإزاحة ($12.8 + (-12.8)$) والتي تساوي صفراً، هذا يوضح الفرق بين المسافة والإزاحة خلال قذف كرة قد تكون قطعت مسافة ($12.8 + 12.8 = 25.6\ m$)، حيث انتهت عند نقطة البداية فتكون الإزاحة المحصلة تساوي صفراً.

ملاحظة أخيرة:

لا يوجد أي سبب لان نأخذ الاتجاه الموجب إلى أعلى بل يمكنك أخذ موجب إلى أسفل إلا أنه في هذه الحالة يجب تغير إشارة كل من(u)، و(v)، و(s) مع الزمن (t).

إلا أنه من المعتاد أخذ الاتجاه الموجب إلى أعلى وحيث أن الجسم بدأ الحركة إلى أعلى أولاً ففي الفقرة (1.3) حيث كانت الحركة إلى أسفل فقط كان جلياً اختيار الاتجاه الموجب إلى أسفل.