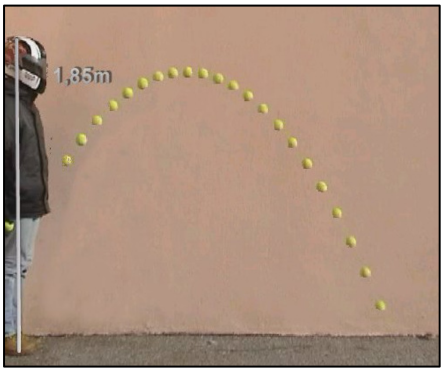
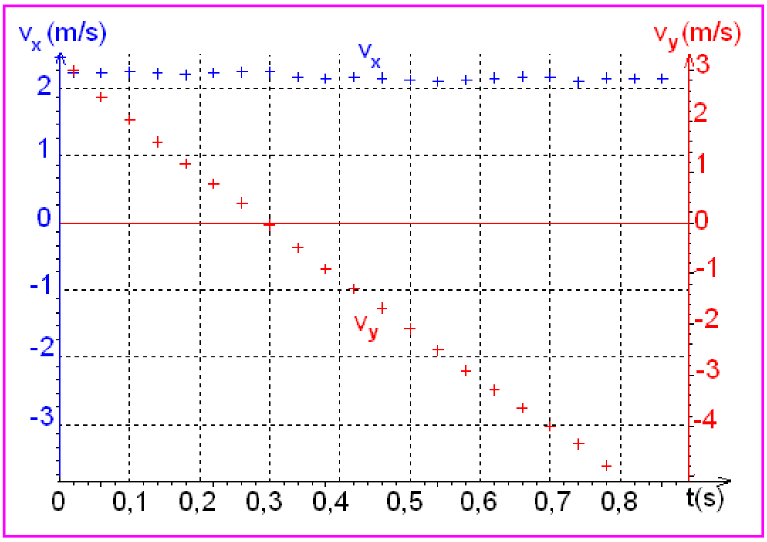
# الحركات المستوية

## I. حركة قذيفة في مجال الثقالة المنتظم

• دراسة تجريبية



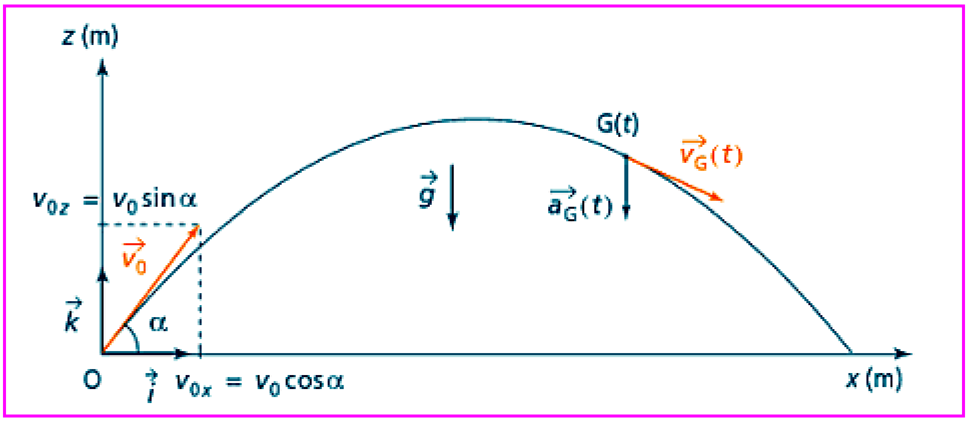

تقذف كرة مضرب بسرعة بدئية $\vec{v}_0$ اتجاهها مائل، و يتم تصوير حركتها بواسطة كاميرا رقمية. تمكن معالجة الشريط بواسطة حاسوب من تخطيط المبيان التالي الذي يمثل تغيرات الإحداثيتين الأفقية $v_x$ و الرأسية $v_y$ لمتجهة سرعة مركز قصورها G بدلالة الزمن.




| | |
|---|---|
| السرعة | ▪ معادلة السرعة على المحور الأفقي (O x) هي: $v_x(t) = 2,2\ (m.s^{-1})$<br>▪ معادلة السرعة على المحور الرأسي (O y) هي: $v_y(t) = -10\ t + 3\ (m.s^{-1})$<br>☜ حركة G منتظمة على المحور الأفقي (O x) و متغيرة بانتظام على المحور الرأسي (O y). |
| التسارع | $\begin{cases} a_x = \dfrac{dv_x}{dt} = 0 \\ a_y = \dfrac{dv_y}{dt} = -10\ m.s^{-2} \end{cases}$ ، نستنتج متجهة التسارع: $\vec{a}_G = -10.\vec{j}$<br>نلاحظ أن: $\boxed{\vec{a}_G \approx \vec{g}}$ ما يعني أن السقوط حر. |
| المعادلات الزمنية للحركة | من $v_x = \dfrac{dx}{dt}$ نستنتج بالتكامل: $\underline{x = 2,2\ t}$ (1) (باعتبار $x_0 = 0$)<br>من $v_y = \dfrac{dy}{dt}$ نستنتج بالتكامل: $\underline{y = -5\ t^2 + 3\ t}$ (2) (باعتبار $y_0 = 0$) |
| معادلة المسار | نقصي t بين المعادلتين (1) و (2):<br>← $\boxed{y = -x^2 + 1,4\ x}$<br>مسار G قوس شلجمي. |

## • دراسة نظرية

### ▪ اختيار معلمي الفضاء و الزمن




معلم الفضاء معلم ديكارتي $(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ أصله يطابق موضع إطلاق القذيفة و محوراه $(Ox)$ و $(Oz)$ يحددان المستوى الرأسي الذي يضم متجهة السرعة البدئية $\vec{v}_0$.

نختار لحظة إطلاق القذيفة أصلا للتواريخ.

### ▪ القوة و التسارع

باعتبار القذيفة في سقوط حر فإنها تخضع لوزنها فقط: $\vec{P} = m\vec{g}$ و بتطبيق القانون الثاني لنيوتن نستنتج تسارع مركز قصور القذيفة: $\boxed{\vec{a}_G = \vec{g}}$

### ▪ المعادلات الزمنية

بإسقاط $\vec{a}_G$ على محاور المعلم $(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ نستنتج المعادلات التفاضلية للحركة، ثم بالتكامل و اعتبار الشروط البدئية نستنتج معادلات الحركة:

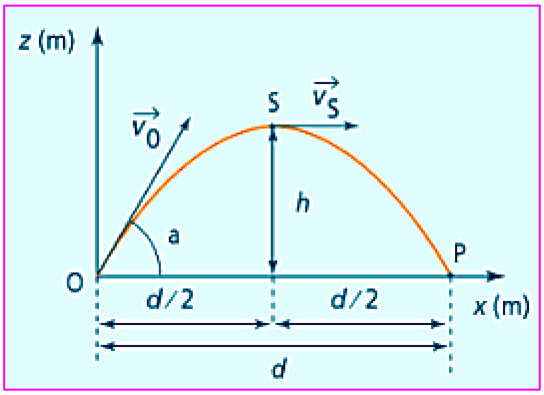
| | التسارع(المعادلات التفاضلية) | السرعة البدئية | السرعة اللحظية | المعادلات الزمنية |
|---|---|---|---|---|
| على المحور(Ox) | $a_x = \ddot{x} = 0$ | $v_{0x} = v_0 cos\alpha$ | $v_x = v_0 cos\alpha$ | $x = (v_0 cos\alpha)t$ |
| على المحور(Oy) | $a_y = \ddot{y} = 0$ | $v_{0y} = 0$ | $v_y = 0$ | $y = 0$ |
| على المحور(Oz) | $a_z = \ddot{z} = -g$ | $v_{0z} = v_0 sin\alpha$ | $v_z = -gt + v_0 sin\alpha$ | $z = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 sin\alpha)t$ |

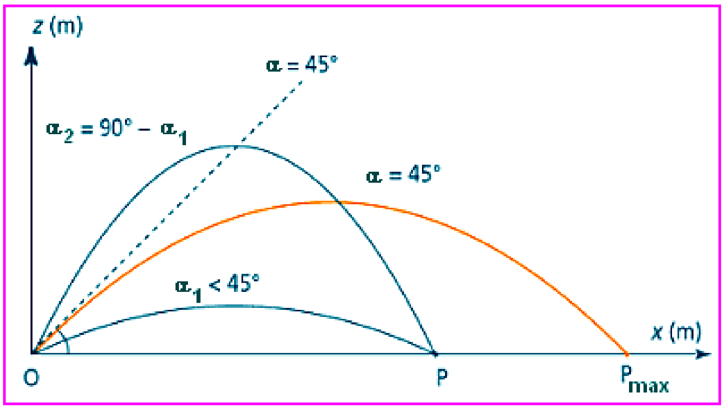
**خاصية**

حركة القذيفة مستوية تقع في المستوى الرأسي المحدد بالمتجهتين $\vec{v}_0$ و $\vec{g}$ و هي:
- ✓ منتظمة على المحور الأفقي و سرعتها $v_0 cos\alpha$،
- ✓ متغيرة بانتظام على المحور الرأسي و تسارعها $-g$.

- **مميزات المسار**

| | |
|---|---|
| معادلة المسار | بإقصاء الزمن بين المعادلتين الزمنيتين $x(t)$ و $z(t)$ نستنتج معادلة المسار:<br>$\boxed{z = -\frac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}\cdot x^2 + (\tan\alpha)\cdot x}$ |
| المدى الرأسي | هو الارتفاع الأقصى $h$ الذي تصله القذيفة بالنسبة لموضع إطلاقها.<br>في S متجهة السرعة أفقية أي $v_z = 0$ نستنتج من هذه المعادلة مدة الصعود: $t_S = \frac{v_0\sin\alpha}{g}$<br>ثم بالتعويض في المعادلة $z(t)$ نستنتج:<br>$\boxed{h = \frac{v_0^2}{2g}\cdot\sin^2\alpha}$ |
| المدى الأفقي | هو المسافة الأفقية التي تفصل بين موضع إطلاق القذيفة O و موضع سقوطها P.<br>باعتبار أن المحور الرأسي المار من S هو محور تماثل للمسار الشلجمي فإن: $d = 2x_S$،<br>ثم باعتبار $x_S = (v_0\cos\alpha)t_S$ نستنتج:<br>$\boxed{d = \frac{v_0^2}{g}\cdot\sin 2\alpha}$ |



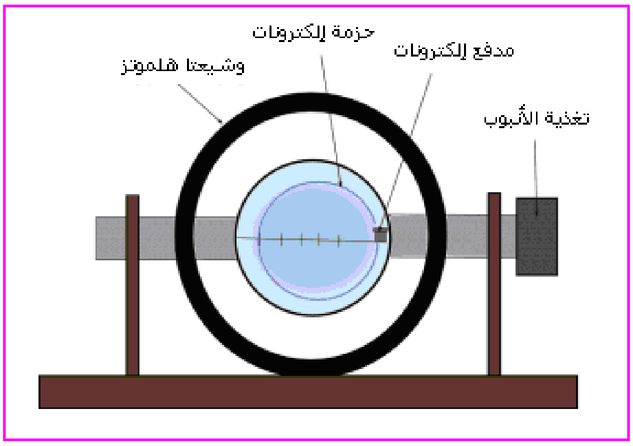

**خاصية**

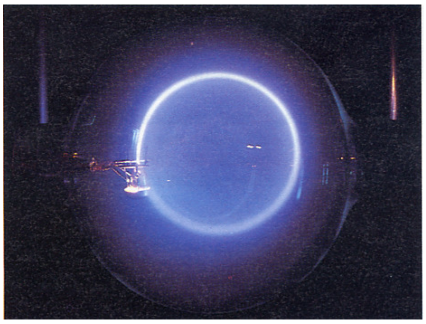
- يأخذ المدى الأفقي قيمته القصوى $d_{max} = \frac{v_0^2}{g}$ بالنسبة لزاوية القذف: $\alpha = 45^\circ$.
- بنفس السرعة البدئية، لكي تصل القذيفة مدى $d$ بحيث $d < d_{max}$، هناك قيمتان ممكنتان لزاوية القذف $\alpha_1$ و $\alpha_2$ بحيث: $\alpha_1 + \alpha_2 = 90^\circ$ (زاويتان متكاملتان).

## II. حركة دقيقة مشحونة في مجال مغنطيسي منتظم

نقتصر على الحالة التي تكون فيها متجهة السرعة البدئية $\vec{v}_0$ متعامدة مع متجهة المجال المغنطيسي $\vec{B}$.

- دراسة تجريبية



- يلاحظ أن مسار الإلكترونات دائري و يقع في المستوى المتعامد مع $\vec{B}$ (أي الموازي لمستوى الوشيعتين) و المار من نقطة دخول حزمة الإلكترونات.
- يرتفع شعاع المسار بالزيادة في قيمة السرعة البدئية $v_0$ (و ذلك بالزيادة في قيمة التوتر الذي يسرع الإلكترونات).
- يتقلص شعاع المسار بالزيادة في شدة المجال المغنطيسي $B$ (و ذلك بالزيادة في شدة التيار المار في و شيعتي هلمونز).

- دراسة نظرية

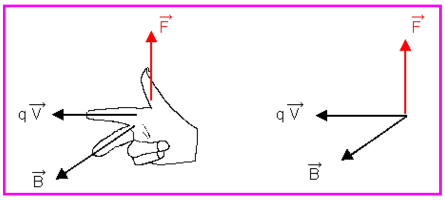
- **القوة و التسارع**

بإهمال وزن الدقيقة فإنها تخضع فقط للقوة المغنطيسية (تسمى أيضا قوة لورنتز):

- تعبيرها هو: $\boxed{\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}}$

- ومميزاتها هي:

| | |
|---|---|
| الاتجاه | متعامد مع المستوى المحدد بالمتجهتين $\vec{v}$ و $\vec{B}$ |
| المنحى | منحى $\vec{F}$ هو بحيث $(q\vec{v}, \vec{B}, \vec{F})$ معلم مباشر. يحدد المنحى بتطبيق قاعدة الأصابع الثلاث لليد اليمنى. |
| الشدة | $F = vB\,\lvert q\sin\alpha \rvert$ |




وبتطبيق القانون الثاني لنيوتن نستنتج تسارع الدقيقة: $\boxed{\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{v} \wedge \vec{B}}$

- **الشغل والطاقة الحركية**

في كل لحظة قدرة القوة المغنطيسية هي: $\mathscr{P} = \vec{F} \cdot \vec{v}$

و حيث أن: $\vec{F} \perp \vec{v}$

فإن: $\mathscr{P} = 0$

نستنتج أن شغل القوة المغنطيسية منعدم: $W(\vec{F}) = 0$

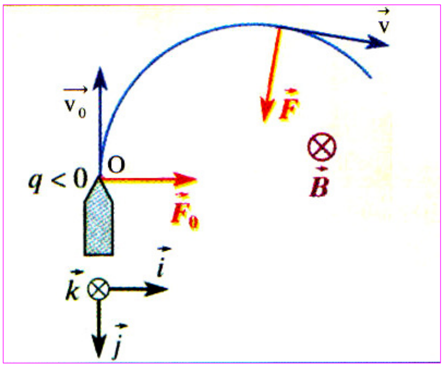
و بتطبيق م.ط.ح على الدقيقة: $\Delta E_C = 0$

$\rightarrow E_C = Cte$

خاصية

لا يغير المجال المغنطيسي الطاقة الحركية لدقيقة مشحونة، يعني حركتها منتظمة.

- **طبيعة الحركة**




حسب تعبير متجهة التسارع الذي هو: $\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{v} \wedge \vec{B}$

فإن في كل لحظة: $\begin{cases} \vec{a} \perp \vec{B} & (1) \\ \vec{a} \perp \vec{v} & (2) \end{cases}$

$(1)$ تعني أن الحركة مستوية تقع في المستوى المتعامد مع $\vec{B}$ و الذي يضم $\vec{v}_0$،

$(2)$تعني أن التسارع منظمي: $\begin{cases} a_T = 0 \\ a_N = a \end{cases} \leftarrow \begin{cases} \frac{dv}{dt} = 0 & (3) \\ \frac{v^2}{\rho} = \frac{|q|vB}{m} & (4) \end{cases}$

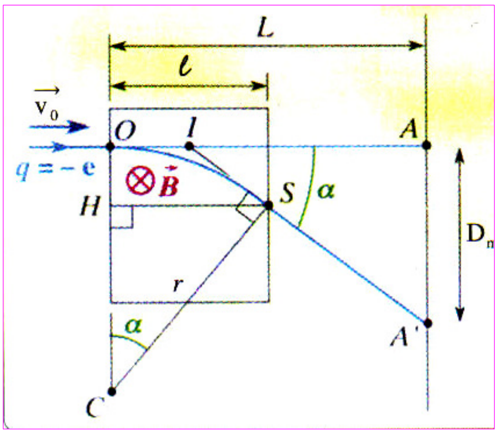
$(3)$تعني أن الحركة منتظمة: $v = Cte = v_0$

(4)تعني أن شعاع انحناء مسار الدقيقة ثابت يعني مسارها دائري

شعاعه: $\boxed{R = \frac{mv_0}{|q|B}}$

خاصية

في مجال مغنطيسي منتظم حركة دقيقة مشحونة دائرية و منتظمة إذا كانت متجهة سرعتها البدئية متعامدة مع متجهة المجال المغنطيسي.




- **الانحراف المغنطيسي**

في حالة انحراف ضعيف:

- زاوية الانحراف هي: $\alpha \approx \frac{l}{R} = \frac{|q|Bl}{mv_0}$ (rad)

- مسافة الانحراف على الشاشة هي : $D_m = \frac{|q|Ll}{mv_0} \cdot B$

خاصية

الانحراف على الشاشة يتناسب طردا مع شدة المجال المغنطيسي.