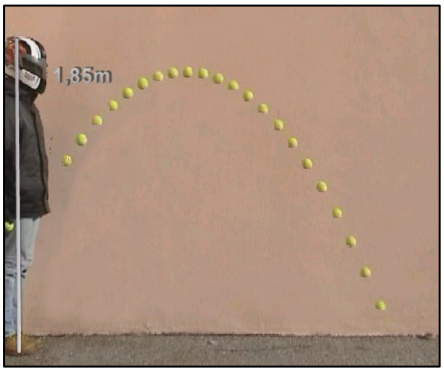
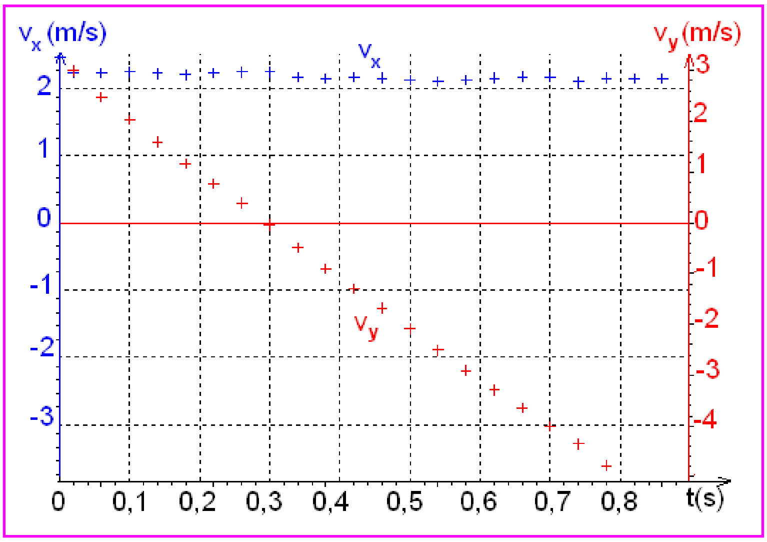
الحركات المستوية

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.

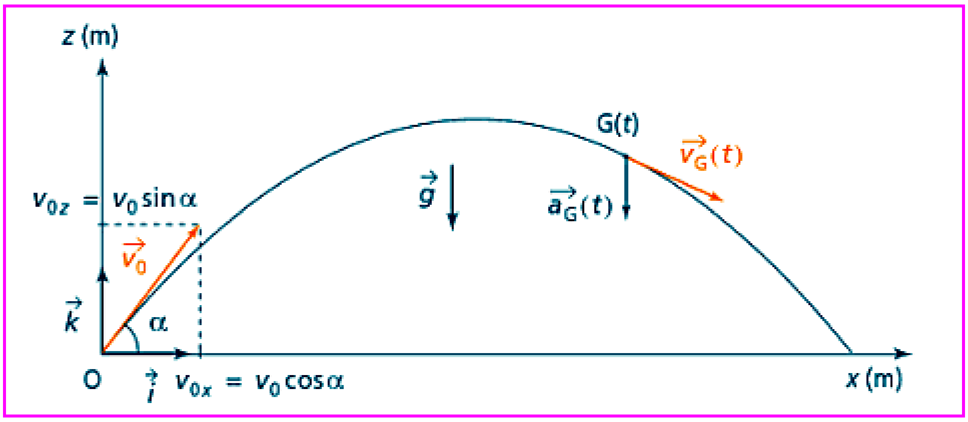




السرعة	▪ معادلة السرعة على المحور الأفقي (O x) هي: $v_x(t) = 2,2\ (m.s^{-1})$ ▪ معادلة السرعة على المحور الرأسي (O y) هي: $v_y(t) = -10\,t + 3\ (m.s^{-1})$ ☜ حركة G منتظمة على المحور الأفقي (O x) و متغيرة بانتظام على المحور الرأسي (O y).
التسارع	$a_x = \frac{dv_x}{dt} = 0$ ، $a_y = \frac{dv_y}{dt} = -10\ m.s^{-2}$ نستنتج متجهة التسارع: $\vec{a}_G = -10.\vec{j}$ نلاحظ أن: $\boxed{\vec{a}_G \approx \vec{g}}$ ما يعني أن السقوط حر.
المعادلات الزمنية للحركة	من $v_x = \frac{dx}{dt}$ نستنتج بالتكامل: $\underline{x = 2,2\,t}$ (1) (باعتبار $x_0 = 0$) من $v_y = \frac{dy}{dt}$ نستنتج بالتكامل: $\underline{y = -5\,t^2 + 3\,t}$ (2) (باعتبار $y_0 = 0$)
معادلة المسار	نقصي t بين المعادلتين (1) و (2): ← $\boxed{y = -x^2 + 1,4\,x}$ 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)	$a_z = \ddot{z} = -g$	$v_{0z} = v_0 sin\alpha$	$v_z = -gt + v_0 sin\alpha$	$z = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 sin\alpha)t$

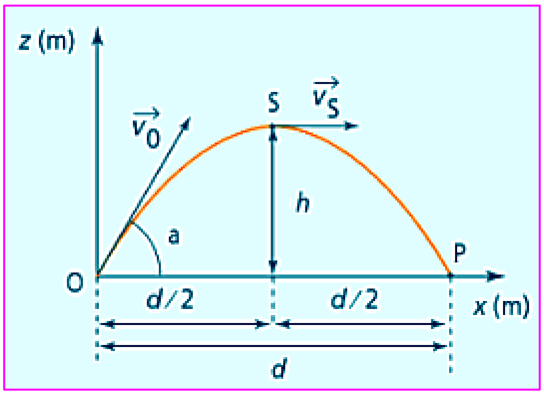
خاصية

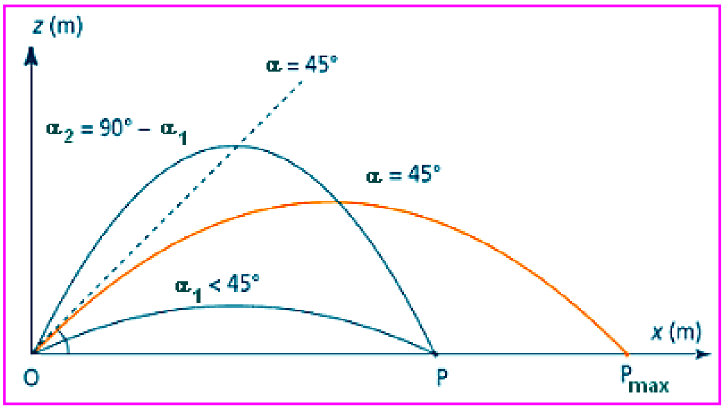
حركة القذيفة مستوية تقع في المستوى الرأسي المحدد بالمتجهتين $\vec{v}_0$ و $\vec{g}$ و هي:

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





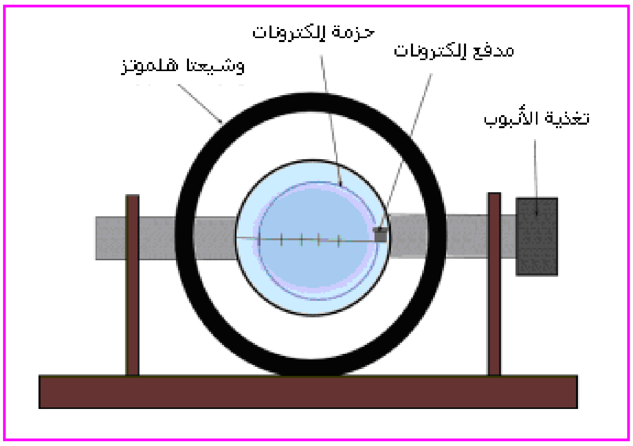
خاصية

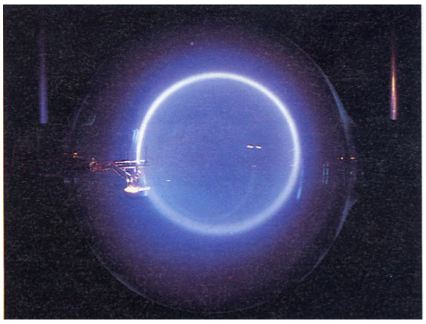
- يأخذ المدى الأفقي قيمته القصوى $d_{max} = \dfrac{v_0^{\,2}}{g}$ بالنسبة لزاوية القذف: $\alpha = 45^\circ$.
- بنفس السرعة البدئية، لكي تصل القذيفة مدى d بحيث $d < d_{max}$، هناك قيمتان ممكنتان لزاوية القذف α_1 و α_2 بحيث: $\alpha_1 + \alpha_2 = 90^\circ$ (زاويتان متكاملتان).

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 تجربية





▪ 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 هلموتز).

- دراسة نظرية

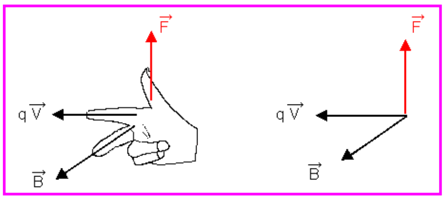
▪ **القوة و التسارع**

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: $\mathscr{P} = 0$

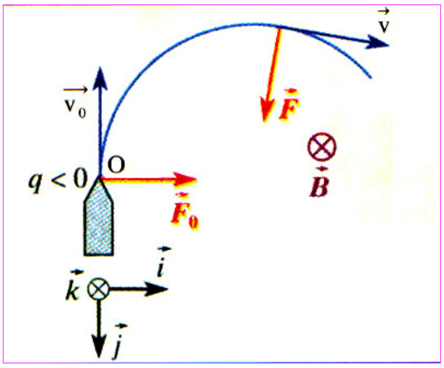
نستنتج أن شغل القوة المغنطيسية منعدم: $W(\vec{F}) = 0$

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.

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

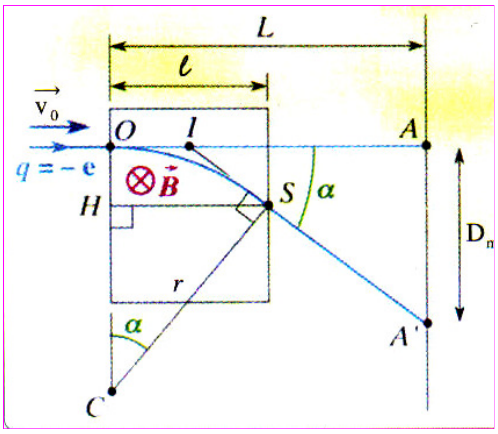
(3) تعني أن الحركة منتظمة: $v = Cte = v_0$

(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 طرديا مع شدة المجال المغنطيسي.