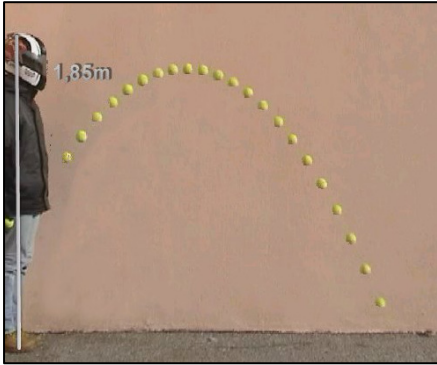
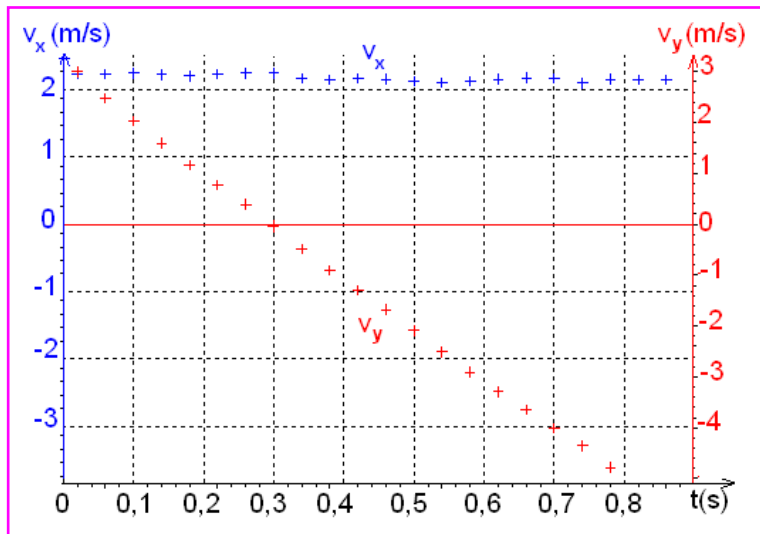


## I. حركة قذيفة في مجال الثقالة المنتظم

## • دراسة تجرسة

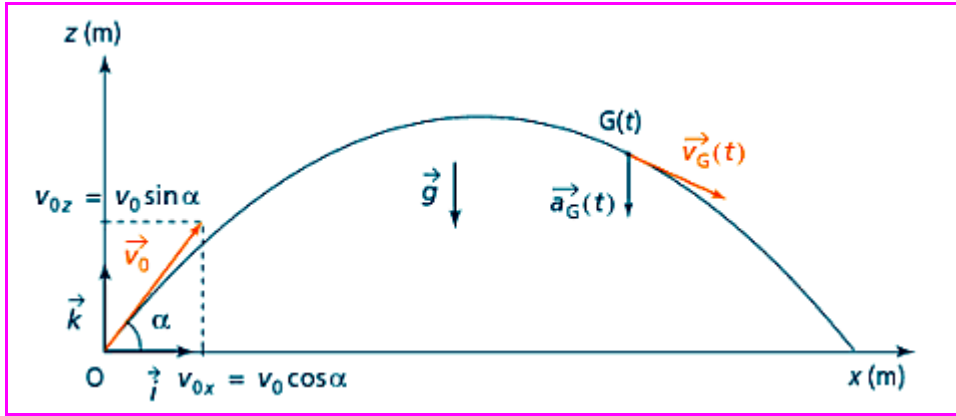


تقذف كرة مضرب بسرعة بدئية  $\vec{v}_0$  اتجاهها مائل، و يتم تصوير حركتها بواسطة كاميرا رقمية. تمكن معالجة الشريط بواسطة حاسوب من تخطيط المبيان التالي الذي يمثل تغيرات الإحداثيتين الأفقية  $v_x$  و الرأسية  $v_y$  لمتجهة سرعة مركز قصولها G بدلالة الزمن.



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

## ▪ اختيار معلمي الفضاء و الزمن



معلم الفضاء معلم ديكارتي  $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$  أصله يطابق موضع إطلاق القذيفة و محوره  $(Ox)$  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

$$\vec{a}_G = \vec{g}$$

مركز قصور القذيفة:

## ▪ المعادلات الزمنية

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

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

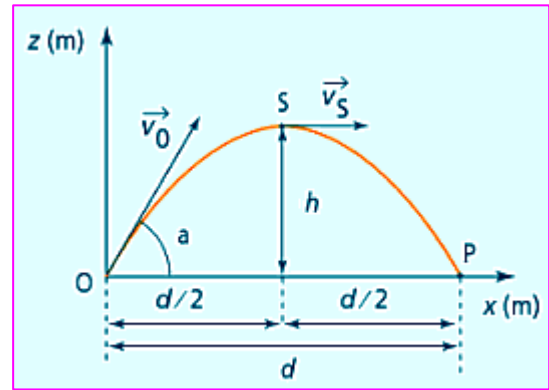
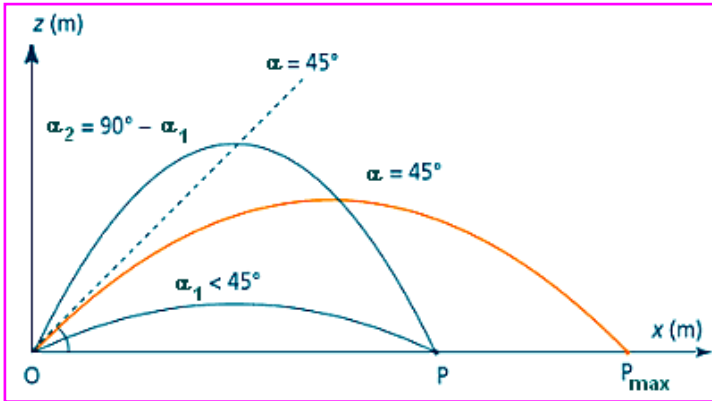
حركة القذيفة مستوية تقع في المستوى الرأسي المحدد بالمتجهتين  $\vec{v}_0$  و  $\vec{g}$  وهي:

- ✓ منتظمة على المحور الأفقي و سرعتها  $v_0 \cos \alpha$ ،
- ✓ متغيرة بانتظام على المحور الرأسي و تسارعها  $-g$ .

خاصية

مميزات المسار

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



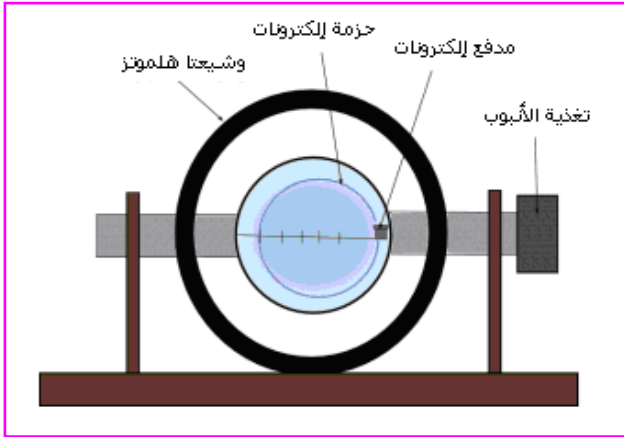
خاصية

- يأخذ المدى الأفقى 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 مغناطيسي منتظم

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

### • دراسة تحرسة



- يلاحظ أن مسار الإلكترونات دائري و يقع في المستوى المتعامد مع  $\vec{B}$  (أي الموازي لمستوى الشيعتين) 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 المغناطيسي  $B$  (و ذلك بالزيادة في شدة التيار المار في و شيعة هلمونز).

### • دراسة نظرية

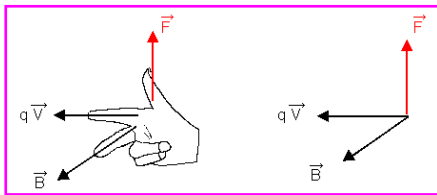
#### • القوة و التسارع

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

$$\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$$

- تعبيرها هو:

- ومميزاتها هي:



الاتجاه	متعامد مع المستوى المحدد بالمتجهين $\vec{v}$ 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  q\sin\alpha $

$$\vec{a} = \frac{q}{m} \vec{v} \wedge \vec{B}$$

و بتطبيق القانون الثاني لنيوتن نستنتج تسارع الدقيقة:

$$\begin{aligned} \mathcal{P} &= \vec{F} \cdot \vec{v} \\ \vec{F} &\perp \vec{v} \\ \mathcal{P} &= 0 \end{aligned}$$

في كل لحظة قدرة القوة المغناطيسية هي:  
و حيث أن:  
فإن:

#### • الشغل والطاقة الحركية

$$W(\vec{F}) = 0$$

نستنتج أن شغل القوة المغناطيسية منعدم:

$$\Delta E_C = 0$$

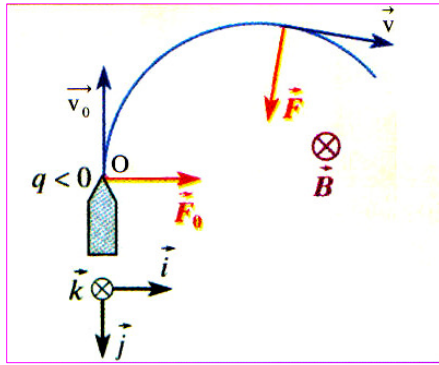
$$\rightarrow E_C = Cte$$

و بتطبيق م.ط.ح على الدقيقة:

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

خاصية

### طبيعة الحركة



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

$$\begin{cases} \vec{a} \perp \vec{B} & (1) \\ \vec{a} \perp \vec{v} & (2) \end{cases}$$

فإن في كل لحظة:

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

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

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

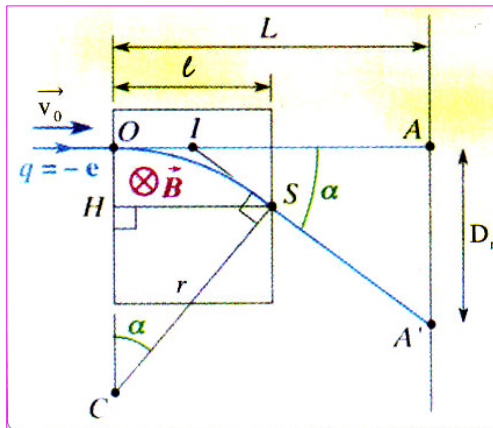
(4) تعني أن شعاع انحناء مسار الدقيقة ثابت يعني مسارها دائري

$$R = \frac{mv_0}{|q|B}$$

شعاعه:

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

خاصية



### الانحراف المغنطيسي

في حالة انحراف ضعيف:

$$\alpha \approx \frac{l}{R} = \frac{|q|Bl}{mv_0} \quad (\text{rad})$$

- زاوية الانحراف هي:

$$D_m = \frac{|q|Ll}{mv_0} \cdot B$$

- مسافة الانحراف على الشاشة هي :

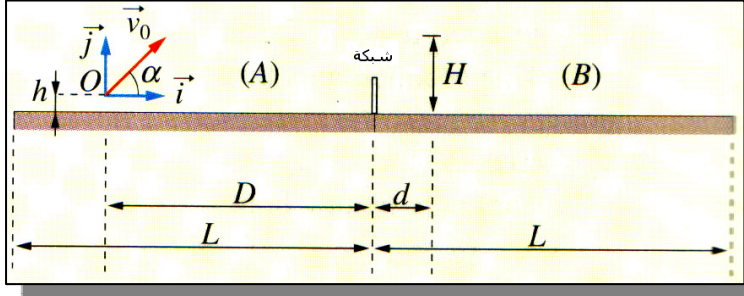
الانحراف على الشاشة يتناسب طرديا مع شدة المجال المغنطيسي.

خاصية

## تمارين

### تمرين 1 كرة المضرب

في هذا التمرين نعتبر كرة المضرب نقطة مادية و نهمل مقاومة الهواء، و نأخذ:  $g = 10 \text{ m.s}^{-1}$ . يحاول اللاعب (A) قذف الكرة بحيث تمر فوق اللاعب (B) الذي يقع في الجهة الأخرى للشبكة على مسافة  $d = 2,0 \text{ m}$  منها و يقابله. يقذف اللاعب (A) الكرة من النقطة O على مسافة  $D = 13,0 \text{ m}$  من الشبكة و على ارتفاع  $h = 0,50 \text{ m}$  من سطح الملعب. تنطلق الكرة بسرعة بدئية  $\vec{v}_0$  قيمتها  $v_0 = 14 \text{ m.s}^{-1}$  و تحدد الزاوية  $\alpha = 60^\circ$  مع الخط الأفقي و في مستوى متعامد مع الشبكة (أنظر الشكل التالي).



- 1- أثبت التعبير الحرفي لمعادلة مسار الكرة في المعلم  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  بعد قذفها. ثم أنجز التطبيق العددي.
- 2- للتصدي للكرة يقفز اللاعب (B)، و ذراعه التي تمسك المضرب ممدودة، إلى ارتفاع أقصاه  $H = 3,0 \text{ m}$ . هل يتمكن من التصدي للكرة؟
- 3- علما أن الخط الذي يحد الملعب يقع على مسافة  $L = 11,885 \text{ m}$  من الشبكة، هل ينجح اللاعب (A) في تحقيق الهدف؟

### تمرين 2 حزمة بروتونات في مجال مغناطيسي

- تلج بروتونات في مجال مغناطيسي منتظم  $\vec{B}$  بسرعة بدئية  $\vec{v}_0$  متعامدة مع  $\vec{B}$ .
- 1- لماذا يبقى منظم سرعة البروتونات ثابتا؟
  - 2- بين أن مسار البروتونات مستوي.
  - 3- بين أن هذا المسار دائري و عبر عن شعاعه بدلالة  $m$  و  $v_0$  و  $q$  و  $B$ .
  - 4- الطاقة الحركية للبروتونات هي  $5 \text{ MeV}$  و شعاع مسارها هو  $R = 120 \text{ cm}$ . أحسب سرعة بروتون و شدة المجال  $\vec{B}$ .
- ◆ معطيات: كتلة بروتون  $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  / شحنة بروتون  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$