# 4 - الحركة والقوة والمرجع

## تصميم الدرس

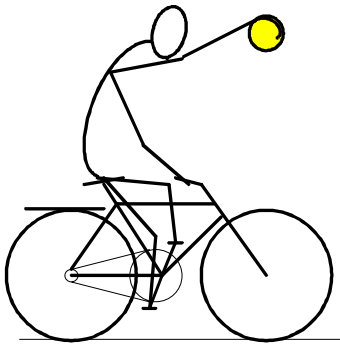
I. دراسة مسار مركز الكرة ونقطة من هيكل الدراجة
II. القوة المؤثرة على الكرة أثناء الحركة
III. أسئلة التقويم الذاتي
IV. أجوبة التقويم الذاتي

## 4 ـ 1 ـ دراسة مسار مركز الكرة ونقطة من هيكل الدراجة:

طرح الإشكالية:

يسير دراج بسرعة ثابتة $\vec{V}_0$ على طريق أفقية، فيترك كرة تسقط من يده دون أن يقذفها (الشكل -1-).أين سـ يكون الدراج و دراجته عندما تلمس الكرة الأرض؟

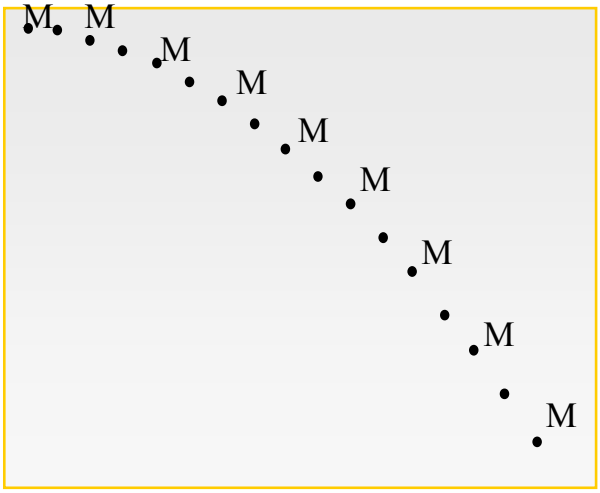
لمعرفة ذلك ، نلاحظ المواضع المتتالية للكرة مأخوذة من أجل مجالات زمنية متساوية ومتعاقبة، وذلك ابتداء من اللحظة التي ترك فيها الدراج الكرة تسقط إلى اللحظة التي لمست فيها الكرة الأرض



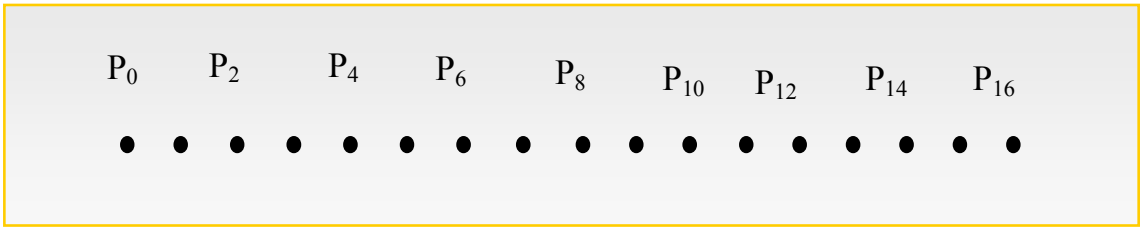
### *4 ـ 1 ـ 1 بالنسبة للأرض:*

الدراج في حالة حركة بالنسبة للأرض وكذلك الكرة.

ـ تبين الوثيقة (1) المرفقة تسجيلا للمواضع المتتالية التي يحتلّها مركز الكرة M بالنسبة *للمرجع* الأرضي.




ـ تبين الوثيقة (2) تسجيلا للمواضع المتتالية لنقطة P من هيكل الدراجة بالنسبة *للمرجع الأرضي* كذلك.



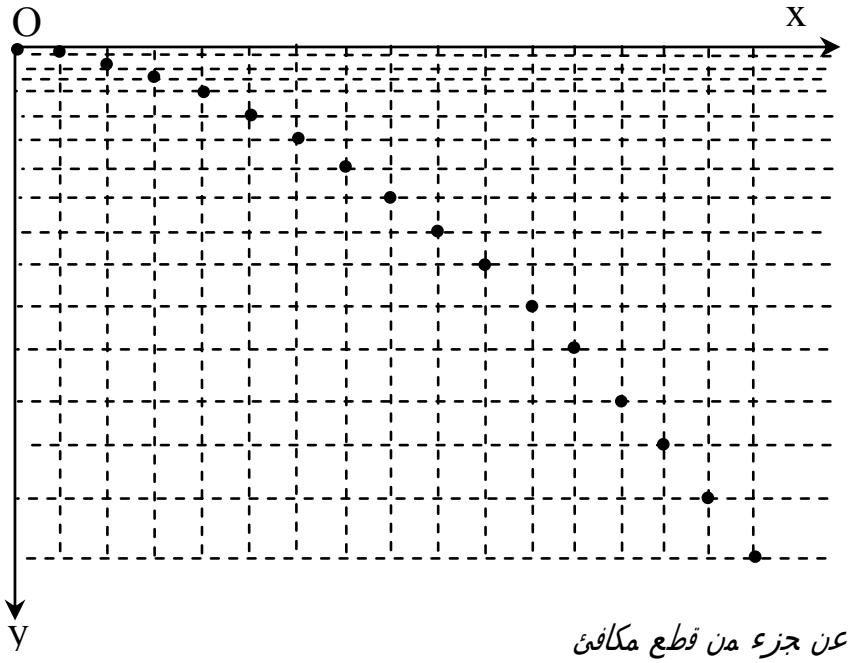

يمكن تعيين مواضع الكرة بالإحداثيتين M( x,y) على محورين لهما نفس المبدأ، واللذين يشكلا ن معلما مرتبط ـا بالأرض ( *معلم فضائي أرضي*)، وهو يتكون من :

المحور الأفقي Ox ، والمحور الشاقولي Oy.

بالنسبة لمركز الكرة M.دراسة الحركة، على الوثيقة المتحصل

عليها بإسقاط الحركة أفقيا ثم شاقوليا(برسم خطوط متوازية شاقوليا وأفقيا

من مختلف النقاط).




لاحظ شكل *المسار: ـ عبارة عن جزء من قطع مكافئ*

من أجل قيم مختلفة للفواصل$x_i$ والتراتيب$y_i$ وكذا قيم السرعة $v_{xi}$ و $v_{yi}$ الموافقة، تسجل النتائج في الجدول الآتي :

| النقطة | $M_0$ | $M_2$ | $M_4$ | $M_6$ | $M_8$ | $M_{10}$ | $M_{12}$ | $M_{14}$ | $M_{16}$ | $M_{18}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x_i$ (m) | | | | | | | | | | |
| $y_i$(m) | | | | | | | | | | |
| $V_{xi}$ | | | | | | | | | | |
| $V_{yi}$ | | | | | | | | | | |

**تحليل النتائج:**

***أ ـ دراسة الحركة الأفقية للكرة :***

بقياس مختلف المسافات بين المساقط على المحور الأفقي Ox: $d = x_{i+1}-x_i$

لاحظ أن هذه المسافات متساوية: الحركة مستقيمة منتظمة.

***ب ـ دراسة الحركة الشاقولية للكرة:***

بقياس مختلف المسافات بين المساقط على المحور الشاقولي Oy:

لاحظ أن هذه المسافات متزايدة: الحركة مستقيمة متسارعة.

**جـ ـ دراسة حركة الدراجة:**

ـ لاحظ شكل *المسار*: عبارة عن مستقيم بالنسبة للنقطةP.

ـ تقع مختلف النقاط P على استقامة واحدة ، وهي متساوية الأبعاد عن بعضها: الحركة مستقيمة منتظمة

*الاستنتاج:*

*تحافظ السرعة الأفقية لمركز الكرة على نفس القيمة: الحركة الأفقية مستقيمة منتظمة عمليا، وتتم بـسرعة مـساوية للسرعة* $\vec{V}_0$ *للدراجة. (في حدود دقة القياس).*

*الاستنتاج:*

*تتزايد السرعة الشاقولية لمركز الكرة، والحركة الشاقولية مستقيمة متسارعة نحو الأسفل.*

**ملاحظة :** تحسب السرعة الأفقية $V_{xi}$ والسرعة الشاقولية $V_{yi}$ بطريقة التأطير:

$$V_{xi} = \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{2\Delta t} \quad \text{و} \quad V_{yi} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta t}$$

حيث : $\Delta t = 0.04s$

***4 ـ1 ـ 2 بالنسبة الدراجة:***

تبين الوثيقة المرفقة المواضع المتتالية التي يحتلّها مركز الكرةM بالنسبة *لمعلم* مرتبط بالدراجة.

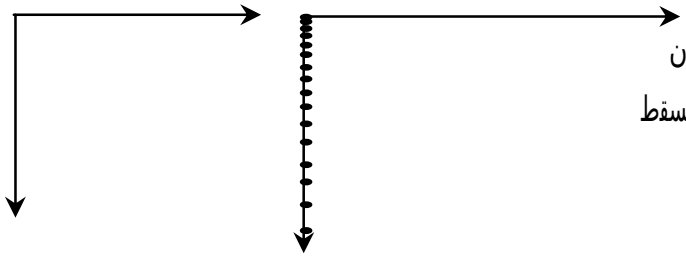
يمكن تعيين مواضع الكرة بالإحداثيتين M( x,y) على محورين مبدؤهما نقطة $O_v$ من الدراجة ، وتنتقـل معهـا، و يشكلان معلما *فضائيا مرتبطا بالدراجة*، وهو يتكون من محورين ( $x_v$,$y_v$) ، موازيين للمحورين ( x ,y) .

ـ لاحظ أن المواضع المتتالية التي يحتلّها مركز الكرةM بالنسبة *لمعلم* مرتبط بالدراجة تقع على نفس الشاقول.

ـ *تحليل النتائج:*

الانتقال من المرجع الأرضي إلى المرجع المرتبط بالدراجة ،

يحذف الحركة الأفقية للكرة.



ـ في المرجع المرتبط بالدراجة، تركت الكرة لتسقط دون سرعة ابتدائية، و في المرجع الأرضي، تركت الكرة لتسقط بسرعة ابتدائية.

*لاستنتاج:*

*يرى الدراج الكرة تسقط شاقوليا، لأن له نفس الحركة الأفقية للكرة في المرجع الأرضي: في هذا المرجع ، ليـست للكرة سرعة ابتدائية.( الكرة تركت دون سرعة).*

## 4 ـ 2 القوة المؤثرة على الكرة أثناء الحركة

*تفسير الحركة المشاهدة:* ـ ما هي القوى المؤثرة على الكرة عند تركها؟

ـ برر، اعتمادا على مبدأ العطالة، حركة الكرة وفق المنحى الأفقي.

ـ *إن الكرة والدراجة يشتركان في نفس الحركة الأفقية المنتظمة.*

*فالقوة المسؤولة على حركة الكرة ليس لها فعل أفقي،وهذا ما يتوافق مع مبدأ العطالة.*

ـ برر، حركة الكرة وفق المنحى الشاقولي.

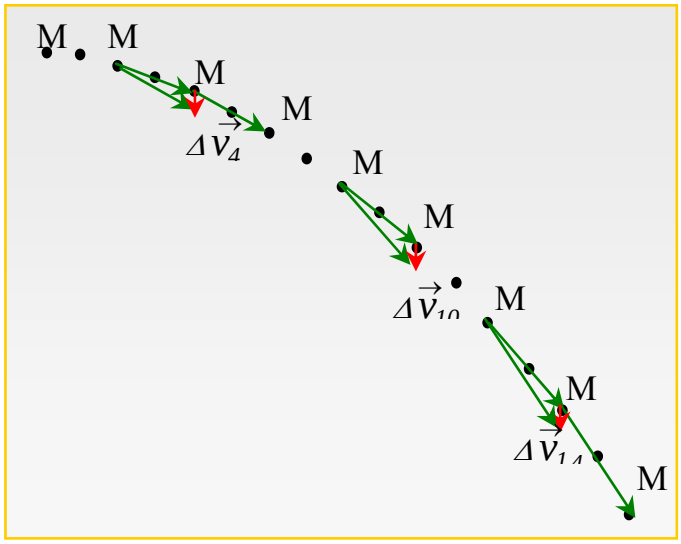
*القوة المسؤولة على حركة الكرة شاقولية: إنها قوة الثقالة المطبقة من طرف الأرض على الكرة. هذه القوة هي التي تسرع الحركة الشاقولية.( تهمل مقاومة الهواء).*

ـ مثل شعاعي السرعة $\vec{V}_{i-1}$ و $\vec{V}_{i+1}$ ثم نمثل( $\Delta \vec{V}_i$ ).

ـ لاحظ أن الشعاع $\Delta \vec{V}_4 = \vec{V}_5 - \vec{V}_3$

المرسوم في الموضع $M_4$ يمثل التغير في شعاع السرعة لمركز الكرة M.

ـ للشعاع $\Delta \vec{V}_4$ نفس جهة القوة المطبقة على الكرة : قوة جذب الأرض لها $\vec{F}_{T/M}$ .




**ملاحظة :**

بدراسة حركة كرة مقذوفة أفقيا ، وتسجيل المواضع المتتالية لمركز الكرة ، نحصل على النتيجة نفسها: حركة الكرة منحنية ومتسارعة.

**الخلاصة:**

- ضرورة الرجوع إلى جسم صلب خارج عن المتحرك ، لتعيين حركة هذا المتحرك: مفهوم المرجع.
- يمكن تعريف جملة محاور مرتبطة بالمرجع، ويرفق بهذا المعلم إحداثيات المواضع المتتابعة للمتحرك: مفهوم المعلم الفضائي.
- يأخذ نفس المتحرك ، في مراجع مختلفة ،حركات مختلفة. ( ضرورة تحديد المرجع لدراسة الحركة ).
- إذا كان الشرطان الابتدائيان(الموضع والسرعة) نفسهما، فإن حركة الكرة هي نفسها في مرجع مرتبط بالأرض وفي مرجع مرتبط بدراجة تسير على خط مستقيم وبسرعة ثابتة. (ففي هذين المرجعين مثلا، إذا كانت السرعة الابتدائية معدومة، فإن الحركة الملاحظة هي حركة مستقيمة لسقوط شاقولي، تحت فعل القوة الوحيدة للجاذبية الأرضية).
- المرجع المرتبط بالدراجة، وكأي مرجع في حركة انسحابية مستقيمة منتظمة بالنسبة للأرض، يسمى **غاليليا**.

في مرجع غاليلي، لا تتعلّق حركة جسم إلاّ:

- بالشرطين الابتدائيين للموضع والسرعة.
- بالقوى المطبقة على هذا الجسم.

(نذكر بأن: إذا كان الجسم ساكنا أو متحركا بحركة مستقيمة منتظمة، فهو لا يخضع لأية قوة أو أن القوى المطبقة عليه تتعادل ولا يكون لها أي تأثير - القانون الأول لنيوتن-).

# أسئلة التقويم الذاتي

1

-

أ ـ يقذف شخص وهو على بساط متحرك بسرعة ثابتة،كرة في جهة انتقال البساط. تسقط الكرة على البساط وعلى بعد 10 m من موضع الشخص. اذكر على الأقل عاملين يتوقف عليهما مسار الكرة في المرجع " البساط".

ب ـ يتوقف الآن البساط عن التدحرج. على افتراض أن الشخص يقذف الكرة في نفس الظروف المذكورة في السؤال السابق.هل تسقط الكرة في نفس الموضع على البساط؟

جـ ـ بالنسبة لملاحظ خارج البساط ( مرجع أرضي )، فإن الكرة تسقط في القذف الثاني على بعد اقل من القذف الأول.يستنتج أن في هذا المرجع، تكون السرعة الابتدائية ليست نفسها في الحالتين.

2 ـ بالنسبة لمرجع جيو مركزي (référentiel géocentrique ) ( بمعنى بالنسبة لمركز الأرض)، تدور الأرض حول نفسها في مدة قدرها 23 h 56 min .

أ ـ في هذا المرجع ، ما هي قيمة سرعة مركز مدينة تقع على بعد 4510 km من المحور قطب جنوب – قطب شمال؟

ب ـ ما هي قيمة سرعة نقطة من خط الاستواء حيث تقع على بعد حوالي 6 380 km من المحور قطب جنوب – قطب شمال؟

جـ ـ باستعمال نتائج الجزء الأول ، فسر لماذا تقوم وكالة الفضاء الأوروبية بإطلاق الصواريخ من قاعدتها الموجودة في كورو القريبة من خط الاستواء بدلا من مدينة أخرى بعيدة عن خط الاستواء.

# أجوبة التقويم الذاتي:

1 ـ أ ـ يتوقف مسار الكرة على السرعة الابتدائية وعلى منحى القذف.بالنسبة للمرجع المرتبط بالبساط ، الشخص ساكن ، إذن الحالة شبيهة بقذف كرة في المرجع الأرضي.

ب ـ في المرجع المرتبط بالبساط ، يكون مسار الكرة هو نفسه لأن السرعة الابتدائية و منحى القذف لم يتغيرا: تسقط الكرة في نفس المكان.

جـ ـ بالنسبة لمراقب خارج البساط ، يكون منحى القذف هو نفسه .و بما أن المسار تغير ، يمكن أن نستنتج أن السرعة الابتدائية ليست هي نفسها في الحالتين.

2 ـ أ ـ حساب سرعة مركز المدينة:

لدينا : $v = d / t$

حيث: $d = 2\pi R$ و نصف قطر الأرض: $R = 6380.10^3$ m

$d = 2\pi \times (4510.10^3)$

$= 2834.10^4$ m

و : $t = 23 \times 3600 + 56 \times 60 = 86160$ s

$v = 329$ m.s$^{-1}$

ب ـ حساب سرعة نقطة من خط الاستواء: بنفس الطريقة.

$d = 2\pi R$

$= 2\pi \times (6380.10^3)$

$= 4009.10^4$m

ومنه : $v = 465$ m.s$^{-1}$

جـ ـ في مرجع أرضي ، تكون سرعة الصاروخ هي نفسها مهما كان مكان الإطلاق.

بينما في المرجع الجيو مركزي ، تكون سرعة الصاروخ أكبر، إذا كان مكان إطلاقه هو خط الاستواء.