سلاسل المنجد - دروس و تمارين

1AS

جذع مشترك علوم و تكنولوجيا

السلسلة 1-02-1

القوة و الحركات المستقيمة

عرض نظري و تمارين

يمكن تحميل السلسلة بصيغة pdf من موقع المنجد :

www.sites.google.com/site/faresfergani

للمزيد (عرض نظري مفصل – تمارين – فيديوهات .....)
يرجى زيارتنا على صفحة الوحدة في نفس الموقع الإلكتروني .

لكي يصلك جديد موقع المنجد تابع صفحة الفايسبوك التالية :

facebook.com/elmoundjidff

الأستاذ فرقاني فارس
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم - الخروب - قسنطينة
fares_fergani@yahoo.fr
0771998109

الإصدار : نوفمبر/2022

علوم فيزيائية

العلوم الفيزيائية

القوة و الحركات المستقيمة

إعداد الأستاذ فرقاني فارس
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم - الخروب - قسنطينة
www.sites.google.com/site/faresfergani

****

السلسلة 1-02- 01

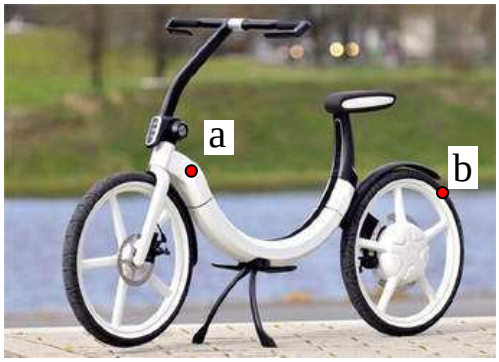
عرض نظري و تمارين

1- مفاهيم عامة عن الحركة

• النقطة المتحركة

لدراسة حركة جسم ندرس نقطة منه تدعى النقطة المتحركة ، و اختيار هذه النقطة يكون حسب هدف الدراسة .

أمثلة :



- لدراسة حركة كرة يقذفها لاعب لا بد من اختيار نقطة منها ، إذا كان الهدف من هذه الدراسة معرفة مسار الكرة تكون النقطة المتحركة المناسبة هي مركز الكرة ، بينما إذا كان الهدف من هذه الدراسة حركة دوران الكرة فالنقطة المتحركة المناسبة هي نقطة من محيط الكرة .
- لدراسة حركة الدراج بالنسبة للطريق نختار نقطة من إطار الدراجة (النقطة a مثلا في الشكل) ، و لدراسة دوران العجلة نختار نقطة من محيط (النقطة b مثلا في الشكل) .

• المسار و السرعة :

- المسار هو مجموعة المواضع المتتالية التي يشغلها المتحرك خلال حركته .
- السرعة المتوسطة التي يرمز لها بـ v_m لمتحرك عندما يقطع مسافة d بين موضعين M_1 و M_2 مثلا ، خلال مجال زمني قدره $\Delta t = t_2 - t_1$ ، هي حاصل قسمة المسافة d على المجال الزمني Δt ، أي :

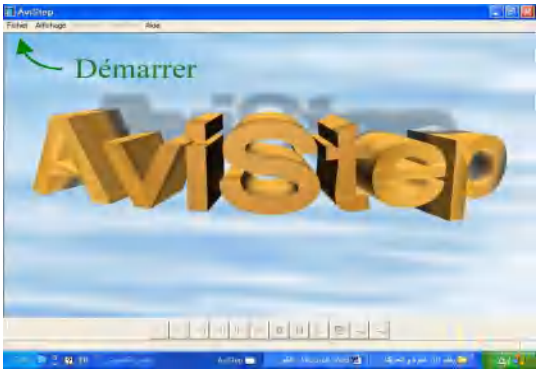
$$v_m = \frac{d}{\Delta t}$$

تقدر المسافة d بالمتر (m) و تقدر المدة الزمنية Δt بالثانية (s) ، و بالتالي تقدر السرعة بالمتر على الثانية (m/s) .
- إذا كان المجال الزمني Δt صغير جدا (لحظة) نسمي السرعة المتوسطة في هذه الحالة **السرعة اللحظية** ، و بالتالي فالسرعة اللحظية هي سرعة المتحرك عند لحظة ما .
- تسمية الحركة تكون وفق مسارها و سرعتها .

مثال :

- حركة مسارها مستقيم و سرعتها ثابتة تسمى حركة مستقيمة منتظمة .
- حركة مسارها مستقيم و سرعتها متزايدة تسمى حركة مستقيمة متسارعة .
- حركة مسارها دائري و سرعتها متناقصة تسمى حركة دائرية متباطئة .

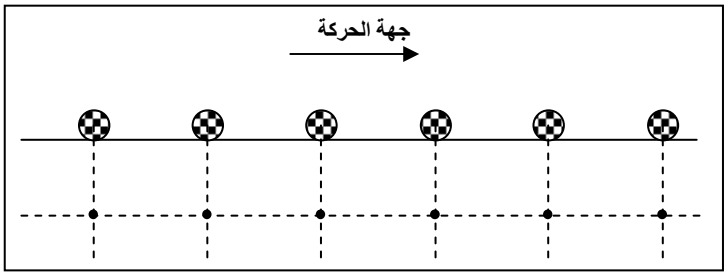
• التصوير المتعاقب



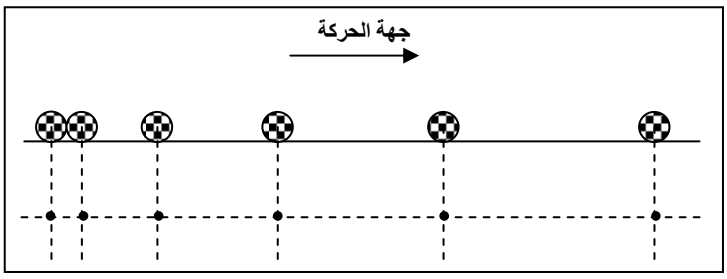
- لدراسة حركة الأجسام المختلفة نلجأ إلى ما يسمى **التصوير المتعاقب** و هو أخذ صور متتالية لموضع المتحرك أو نقطة منه خلال أزمنة متساوية و متعاقبة نرمز لها بـ τ ، و للحصول على مواضع النقطة المتحركة بالتصوير المتعاقب هناك عدة وسائل منها الحديثة التي تعتمد على البرمجيات ، و أهم هذه البرمجيات برمجية (Avistep) التي سنعتمد عليها في هذا الدرس (الشكل) .

أمثلة :

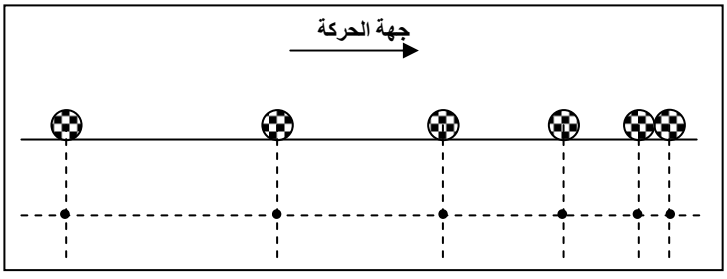
- التصوير المتعاقب لكرة في حركة مستقيمة منتظمة :



- التصوير المتعاقب لكرة في حركة مستقيمة متسارعة :

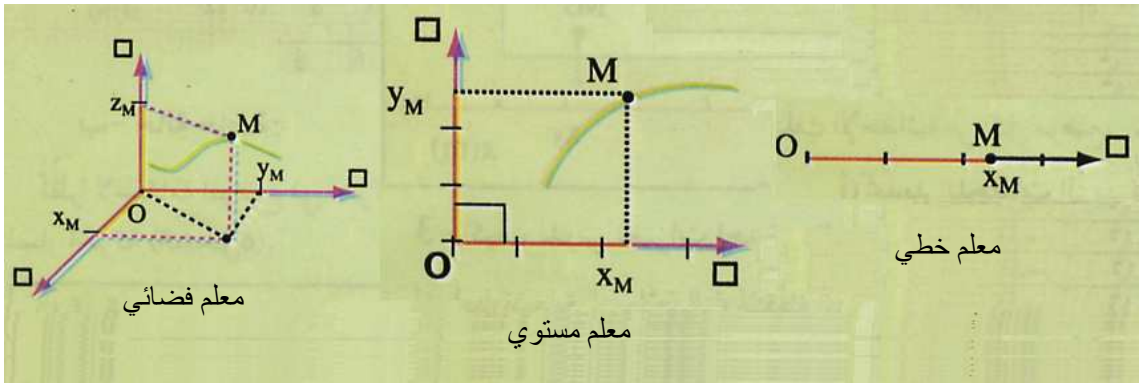


- التصوير المتعاقب لكرة في حركة مستقيمة متباطئة :

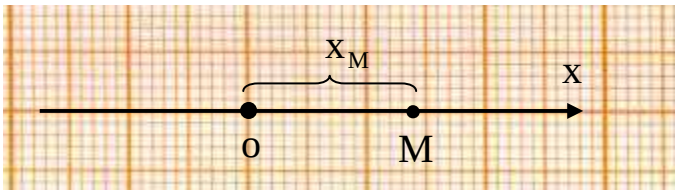


• معلم المسافة و الفاصلة :

- معلم المسافة هو معلم مرتبط بالمرجع ، يرتكز على نقطة ثابتة (O) تدعى مبدأ المعلم (أو مركز الإحداثيات) ، يستعمل هذا النوع من المعالم في تعيين موضع المتحرك عند كل لحظة زمنية ، و هو يوجد على ثلاث أنواع : فضائي ، مستوي ، خطي .

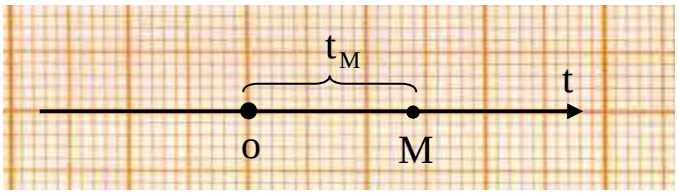


- فاصلة الموضع M لمتحرك على مسار مستقيم في معلم خطي يوازي هذا المسار، هو مقدار جبري يمثل بعد هذا الموضع عن مبدأ المعلم (الشكل) .



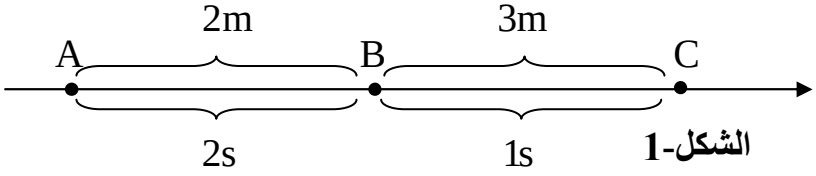
• معلم الأزمنة و اللحظة الزمنية :

- معلم الأزمنة هو معلم خطي موجه و موحد بوحدات زمنية ، مبدأه يكون كيفي و مختار .
- اللحظة الزمنية عند الموضع M هي الفاصل الزمني بين لحظة بلوغ المتحرك الموضع M ، و مبدأ الأزمنة .



التمرين (1) : (التمرين :001 في بنك التمارين على الموقع) (*)

1- جسم نقطي (S) يتحرك على مسار مستقيم ، يبدأ حركته من الموضع (A) باتجاه الموضع (B) ، فيقطع مسافة AB = 2 m بعد 2 s من بدأ حركته ، ثم مسافة BC = 3 m بعد 1s من مروره بالموضع (B) باتجاه موضع آخر (C) (الشكل-1) :



الشكل-1

- في معلم خطي منطبق على مسار الحركة و جهته في جهة الحركة . عين لحظات و فواصل المواضع A ، B ، C ثم دون النتائج في جدول في الحالات التالية :

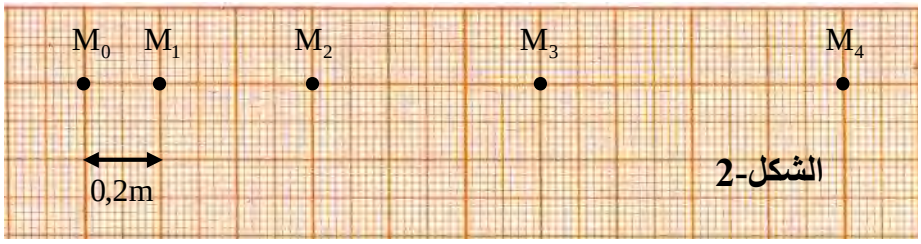
أ- مبدأ الأزمنة و الفواصل عند A :

	A	B	C
t (s)			
x (m)			

ب- مبدأ الأزمنة عند A و الفواصل عند B :

	A	B	C
t (s)			
x (m)			

2- (الشكل-2) يمثل المواضع المتالية التي تشغلها نقطة متحركة M من سيارة تتحرك على مسار مستقيم خلال أزمنة متساوية و متعاقبة $\tau = 0,1\ s$.



الشكل-2

باعتبار مبدأ الأزمنة و الفواصل عند الموضع M_0 ، و بالاعتماد على سلم الرسم المدون على الوثيقة عين اللحظة و الفاصلة الموافقة لكل موضع من المواضع : M_0 ، M_1 ، M_2 ، M_3 ، M_4 ثم دون النتائج في الجدول التالي :

الموضع	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4
t (s)					
x (m)					

الأجوبة :

1- اللحظة و الفاصلة عند المواضع A ، B ، C :

أ- مبدأ الأزمنة و الفواصل عند A :

	A	B	C
t (s)	0	2	3
x (m)	0	2	5

ب- مبدأ الأزمنة عند A و الفواصل عند B :

	A	B	C
t (s)	0	2	3
x (m)	-2	0	3

1- اللحظة و الفاصلة عند المواضع M_0 ، M_1 ، M_2 ، M_3 ، M_4 :

الموضع	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4
t (s)	0	0,1	0,2	0,3	0,4
x (m)	0	0,2	0,4	0,6	0,8

2- مبدأ العطالة

• نص المبدأ :

- مبدأ العطالة هو أحد القوانين الأساسية التي صاغها العالم نيوتن فهو ينص على ما يلي :

" يحافظ كل جسم على سكونه أو حركته المستقيمة المنتظمة إذا لم تتدخل قوة لتغيير حالته الحركية".

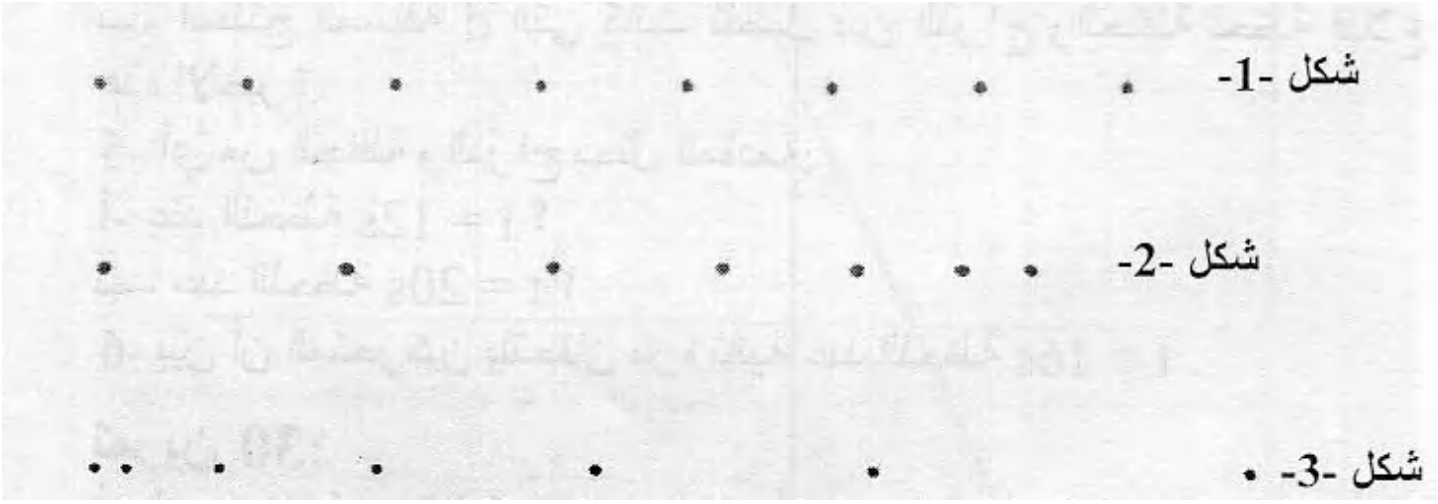
• استنتاجات من مبدأ العطالة

يمكن من خلال مبدأ العطالة قول ما يلي :

- إذا لم يخضع جسم إلى تأثير أي قوة يكون إما ساكنا أو في حركة مستقيمة منتظمة .
- إذا خضع جسم إلى تأثير قوة لا يكون ساكنا و لا في حركة مستقيمة منتظمة بمعنى يمكن أن يكون في حركة مستقيمة متسارعة أو في حركة مستقيمة متباطئة أو في حركة منحنية أو في حركة دائرية منتظمة.....
- كل جسم ليس ساكنا و ليس في حركة مستقيمة منتظمة (مستقيمة متسارعة أو مستقيمة متباطئة أو منحنية) هو حتما خاضع إلى قوة .

مثال :

في الأشكال 1، 2 ، 3 ، نعطي المواضع المتتالية لحركة جسم نقطي (S) خلال أزمنة متساوية و متعاقبة τ ، جهة الحركة من اليسار نحو اليمين . بين في كل شكل إن كان الجسم النقطي يخضع إلى قوة أم لا .



الجواب :

الشكل -1 :

في هذا الشكل المتحرك يقطع خلال أزمنة متساوية مسافات متساوية ، نستنتج أن طبيعة الحركة في هذه الحالة مستقيمة منتظمة ، و حسب مبدا العطالة لا يخضع الجسم النقطي في هذه الحالة إلى قوة .

الشكل -2 :

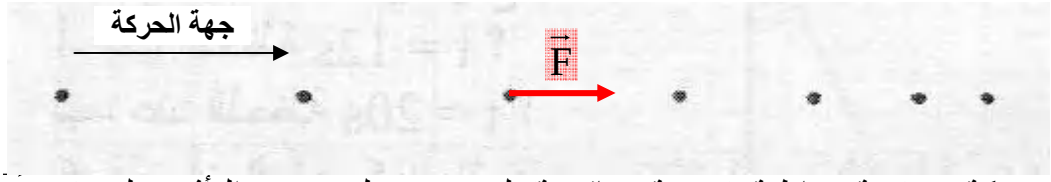
- في هذا الشكل المتحرك يقطع خلال أزمنة متساوية مسافات تتناقص بمرور الزمن ، نستنتج أن طبيعة الحركة في هذه الحالة مستقيمة متباطئة ، و بالتالي فهو يخضع إلى قوة حسب مبدأ العطالة .

الشكل -3 :

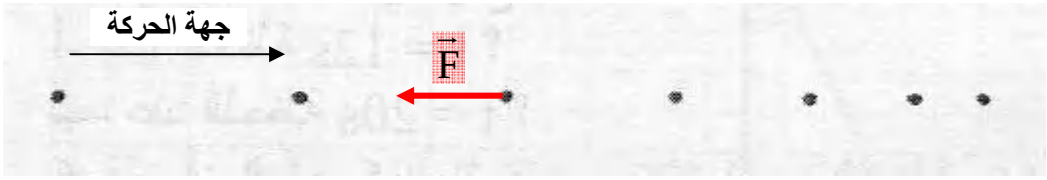
- في هذا الشكل المتحرك يقطع خلال أزمنة متساوية مسافات تتزايد بمرور الزمن ، نستنتج أن طبيعة الحركة في هذه الحالة مستقيمة متسارعة ، و بالتالي فهو يخضع إلى قوة حسب مبدأ العطالة .

3- السرعة و القوة في الحركات المستقيمة

- للحصول على حركة مستقيمة متسارعة (سرعة متزايدة) لجسم متحرك ، يجب التأثير عليه بقوة $\vec{F}$ منحاها منطبق على مساره و تكون في جهة حركته :



- للحصول على حركة مستقيمة متباطئة (سرعة متناقصة) لجسم متحرك ، يجب التأثير عليه بقوة $\vec{F}$ منحاها منطبق على مساره و تكون معاكسة لجهة حركته :



ملاحظة :

- عندما تكون شدة القوة ثابتة نقول عن الحركة أنها متغيرة بانتظام ، فإذا كانت في جهة الحركة نقول عن الحركة أنها مستقيمة متسارعة بانتظام ، أما إذا كانت معاكسة لجهة الحركة نقول عن الحركة أنها مستقيمة متباطئة بانتظام .

4- شعاعي السرعة و تغير السرعة

- **خصائص تمثيل شعاع السرعة $\vec{v}$:**

- يتميز شعاع السرعة في الحالة العامة و الذي يرمز له بـ $\vec{v}$ في لحظة ما t بالخصائص التالية :

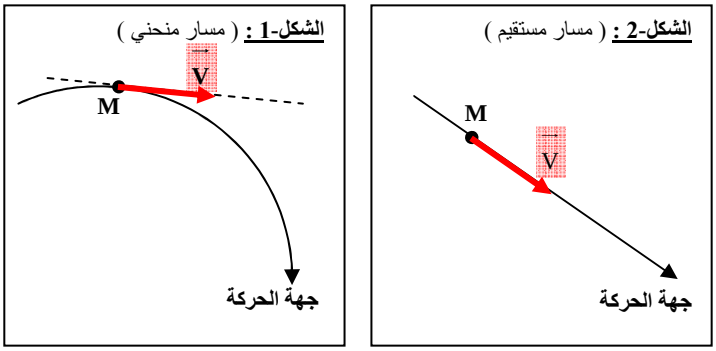
المبدأ : موضع المتحرك M في اللحظة t .

الحامل : منطبق على الخط المماسي للمسار المنحنى (الشكل-1) و يكون منطبق على المسار في حالة المسار المستقيم (الشكل-2) .

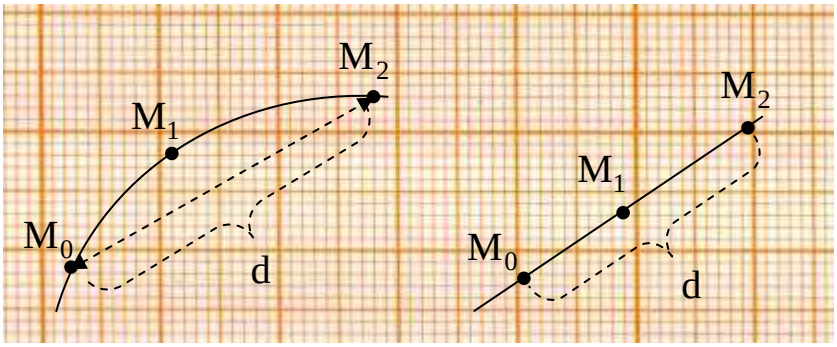
الجهة : جهة الحركة في اللحظة المعتبرة t . و لا يكون أبدًا شعاع السرعة عكس جهة الحركة .

الطويلة : قيمة السرعة اللحظية في اللحظة المعتبرة t ، باختيار سلم مناسب .

مثال :



● حساب السرعة اللحظية عند موضع M كيفي من التصوير المتعاقب :

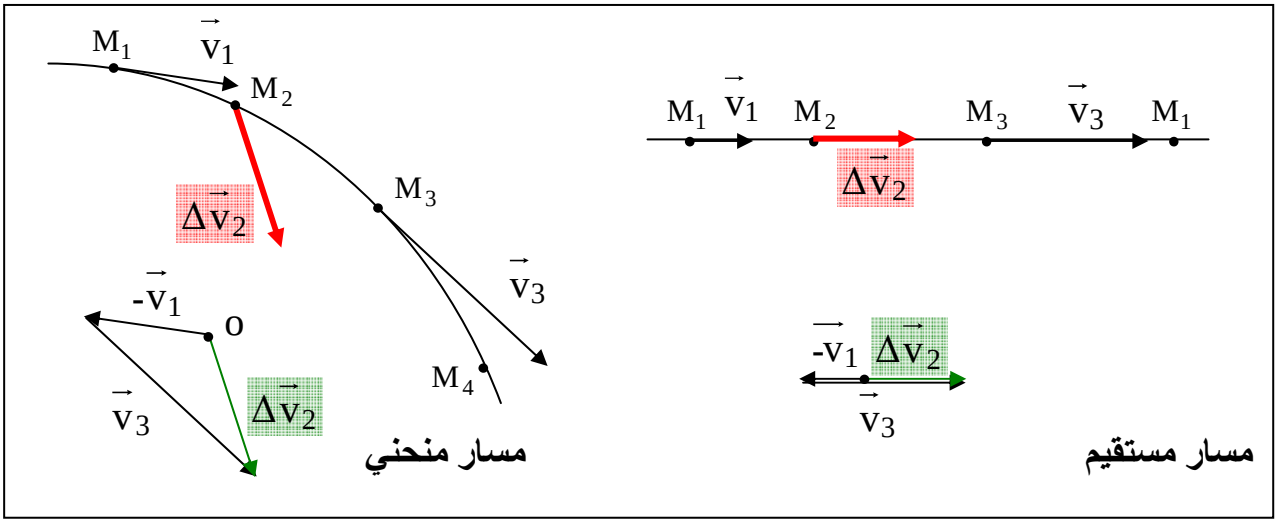


لتحديد قيمة السرعة اللحظية في موضع من مواضع المتحرك و ليكن M_1 (الشكل) ، نقيس المسافة M_0M_2 بين الموضعين M_0 ، M_2 المجاورين للموضع M_1 و اللذان تفصلهما مدة زمنية $\Delta t = 2\tau$ (سواء كان المسار مستقيم أو منحنى) . ثم نستنتج المسافة الحقيقية المقطوعة بالإعتماد على سلم الرسم ، و في النهاية نحسب قيمة السرعة عند الموضع M_1 من خلال العلاقة التالية :

$$v_1 = \frac{M_0M_2}{2\tau}$$

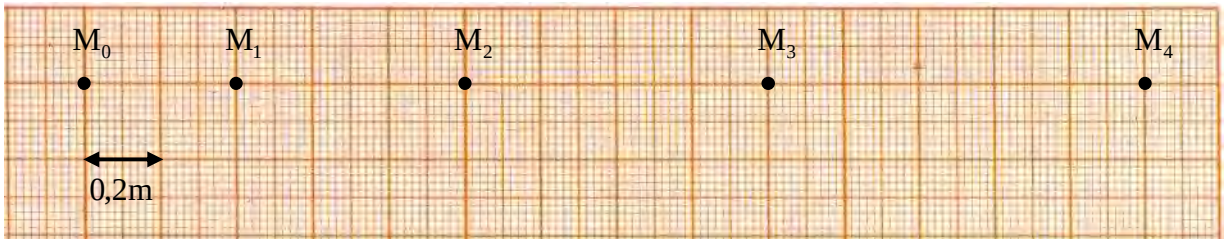
● تمثيل شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$:

- لدراسة تطور شعاع السرعة اللحظية $\vec{v}$ خلال الحركة ، نعرف مفهوما جديدا نسميه **شعاع تغير السرعة** ، نرمز له بـ $\overrightarrow{\Delta v}$. مثلا شعاع تغير السرعة عند الموضع M_2 نرمز له بـ $\overrightarrow{\Delta v_2} = \vec{v_3} - \vec{v_1}$ ، حيث $\vec{v_1}$ ، $\vec{v_3}$ شعاعي السرعة اللحظية عند لحظتين مختلفتين t_1 ، t_3 ، في موضعين موافقين M_1 ، M_3 على الترتيب و مجاورين للموضع M_2 من التصوير المتعاقب ، و لتمثيل الشعاع $\overrightarrow{\Delta v_2}$ عند الموضع M_2 حيث $\overrightarrow{\Delta v_2} = \vec{v_3} - \vec{v_1}$ و نكتب أيضا $\overrightarrow{\Delta v_2} = \vec{v_3} + (-\vec{v_1})$ ، نرسم ابتداء من نقطة كيفية O شعاع مساير للشعاع $(-\vec{v_1})$ (المعاكس للشعاع $\vec{v_1}$) ثم من نهاية الشعاع $(-\vec{v_1})$ نرسم الشعاع $\vec{v_3}$ ، ثم نرسم الشعاع $\overrightarrow{\Delta v_2}$ الذي يكون من بداية الشعاع الأول $(-\vec{v_1})$ إلى نهاية الشعاع الثاني $\vec{v_3}$ (الشكل) ، و بعدها نسحب الشعاع المتحصل عليه $\overrightarrow{\Delta v_2}$ ونضعه في الموضع M_2 .
- يمكن سحب $\vec{v_3}$ ثم $(-\vec{v_1})$.



التمرين (2) : (التمرين :003 في بنك التمارين على الموقع) (*)

الشكل التالي يمثل المواضع التي تشغلها نقطة M من عربة ، حصلنا عليها بالتصوير المتعاقب خلال أزمنة متساوية و متعاقبة $\tau = 0.1\ s$.



1- أحسب سرعة العربة عند الموضعين M_1 ، M_3

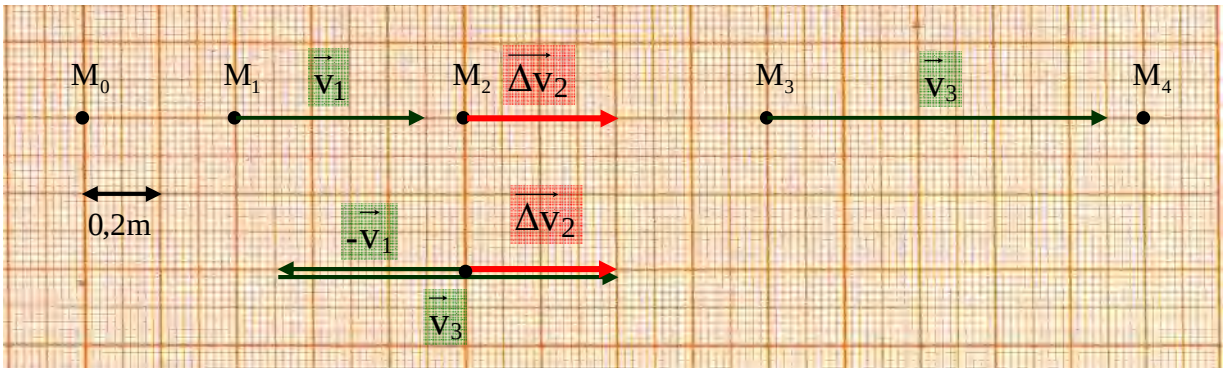
2- مثل شعاع السرعة عند الموضعين M_1 ، M_3 ، و كذا شعاع تغير السرعة عند الموضع M_2 ، بأخذ سلم السرعة التالي : $1\ cm \rightarrow 2\ m/s$.

الأجوبة :

1- حساب سرعة العربة عند الموضعين M_1 ، M_3 :

- $v_1 = \dfrac{M_0M_2}{2\tau} = \dfrac{5\ .\ 0.2}{2\ .\ 0.1} = 5\ m/s \qquad (2.5\ cm)$
- $v_3 = \dfrac{M_2M_4}{2\tau} = \dfrac{9\ .\ 0.2}{2\ .\ 0.1} = 9\ m/s \qquad (4.5\ cm)$

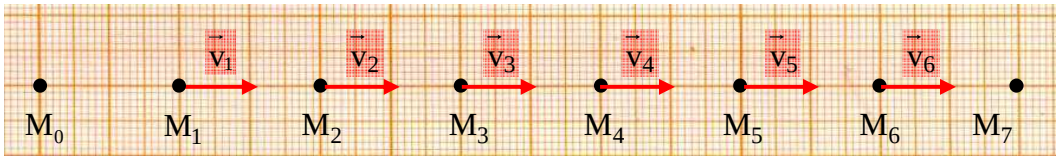
2- تمثيل شعاع السرعة عند الموضعين M_1 ، M_3 و كذا شعاع تغير السرعة عند الموضع M_2 :



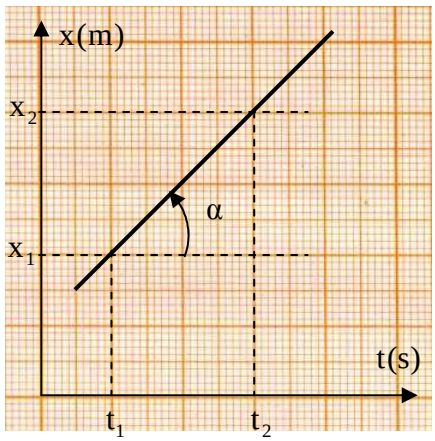
5- مميزات بعض الحركات

• الحركة المستقيمة المنتظمة :

- في الحركة المستقيمة المنتظمة لا يخضع المتحرك إلى أي قوة (مبدأ العطالة) .
- في الحركة المستقيمة المنتظمة يكون شعاع السرعة ثابت في المنحى و الجهة و الطويلة . و عليه يكون شعاع تغير السرعة $\Delta\vec{v}$ معدوم .



- مخطط المسافة $x = f(t)$ في الحركة المستقيمة المنتظمة هو مستقيم معادلته من الشكل : $x = a\,t + b$ ، كما مبين في (الشكل) التالي :



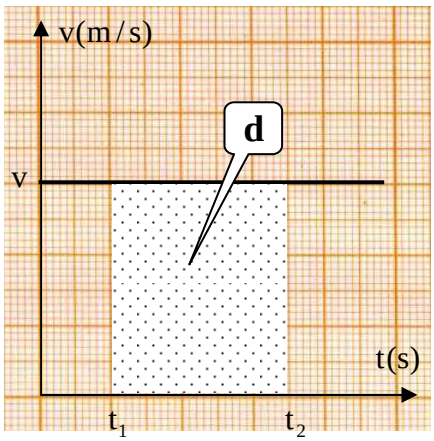
- تساوي سرعة المتحرك من مخطط المسافة ميل المستقيم أي :

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

- يمكن حساب المسافة المقطوعة بين لحظتين t_1 ، t_2 اعتمادا على مخطط المسافة بحساب الفرق الموجب بين الفاصلتين x_1 ، x_2 الموافقتين ، حيث يكون :

$$d = |x_2 - x_1|$$

- يمكن تطبيق العلاقة السابقة بين موضعين لا يغير بينهما المتحرك جهة حركته .

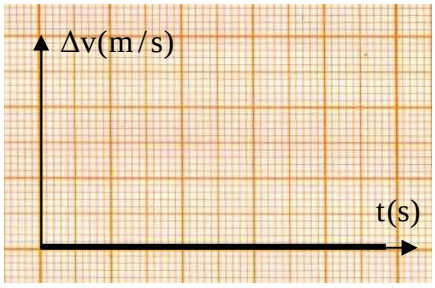


- مخطط السرعة $v = f(t)$ هو مستقيم يوازي محور الأزمنة (ot) كما مبين في (الشكل) التالي :

- تساوي المسافة المقطوعة d ، من طرف متحرك بين لحظتين t_1 ، t_2 بيانيا من مخطط السرعة ، مساحة السطح المحصور بين المنحنى $v = f'(s)$ و محور الأزمنة و المستقيمين العموديين على المحور (ot) في اللحظتين t_1 ، t_2 (الشكل) أي :

$$d = v(t_2 - t_1)$$

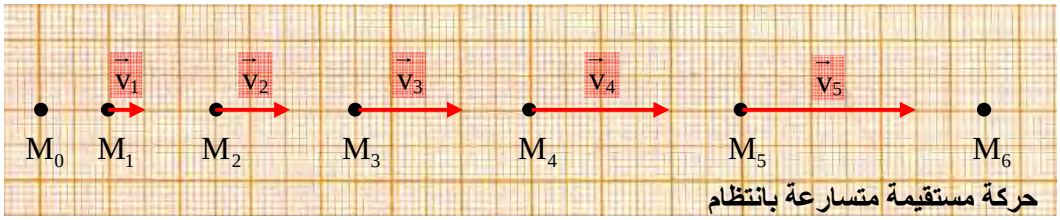
- مخطط تغير السرعة $\Delta v = f(t)$ هو مستقيم منطبق على محور الأزمنة (ot) كما مبين في (الشكل) التالي :

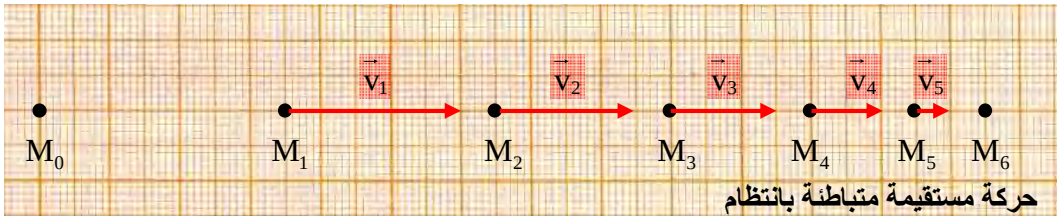


• الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام :

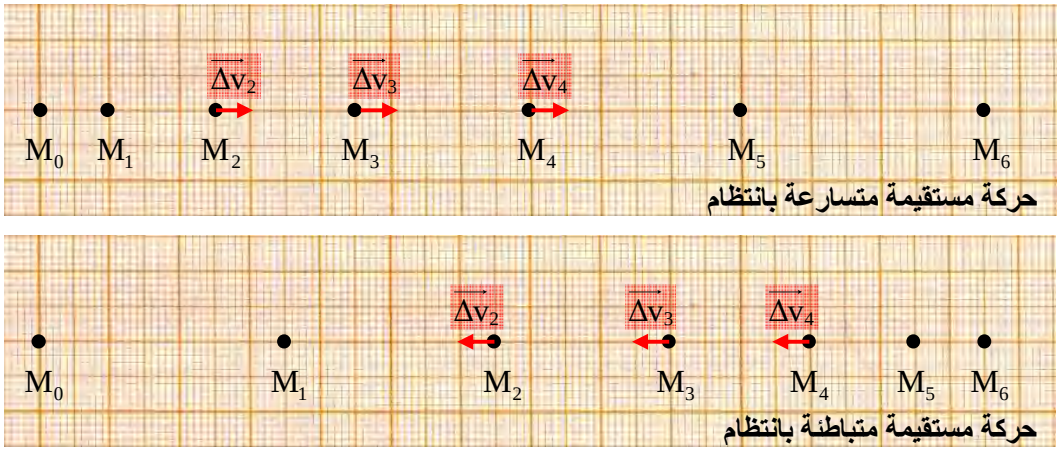
- عندما يخضع جسم متحرك إلى قوة $\vec{F}$ ثابتة في المنحى و الجهة و الطويلة تكون حركة هذا الجسم مستقيمة متغيرة بانتظام ، فإذا كانت هذه القوة في جهة حركته تكون الحركة مستقيمة متسارعة بانتظام أما إذا كانت في الجهة المعاكسة لجهة حركته تكون الحركة مستقيمة متباطئة بانتظام .

- في الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام يحافظ شعاع السرعة $\vec{v}$ على منحاه و جهته و طويلته تتغير بانتظام حيث تتزايد بانتظام في الحركة المستقيمة المتسارعة بانتظام و تتناقص بانتظام في الحركة المستقيمة المتباطئة بانتظام .

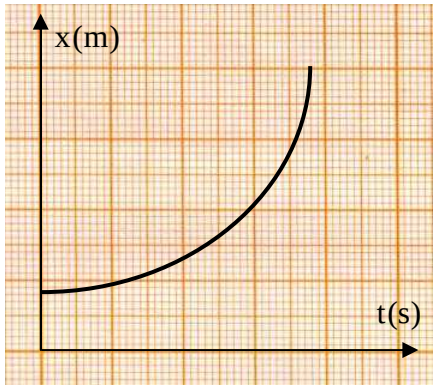




- في الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام يكون شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ ثابت في المنحى و الجهة و الطويلة ، و جهته في جهة الحركة في حالة الحركة المستقيمة المتسارعة بانتظام و عكس جهة الحركة في الحركة المستقيمة المتباطئة بانتظام .



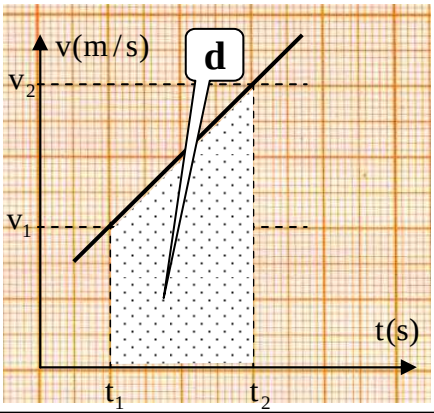
- في الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام ، مخطط المسافة $x = f(x)$ هو خط منحني ، كما في (الشكل) التالي :



- يمكن حساب المسافة المقطوعة بين لحظتين t_1 ، t_2 اعتمادا على مخطط المسافة بحساب الفرق الموجب بين الفاصلتين x_1 ، x_2 الموافقتين ، حيث يكون :

$$d = \left| x_2 - x_1 \right|$$

- مخطط السرعة $v = f(x)$ في الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام هو مستقيم معادلته من الشكل : $v = a\,t + b$ ، كما مبين في (الشكل) التالي :



تساوي المسافة المقطوعة d من طرف متحرك بين لحظتين t_1 ، t_2 ، بيانيا من خلال مخطط السرعة ، مساحة السطح (S) (لشبه المنحرف مثلا) المحصور بين المنحنى $v = f(t)$ و محور الأزمنة (ot) و المستقيمين العموديين على محور الأزمنة في اللحظتين t_1 ، t_2 ، أي :

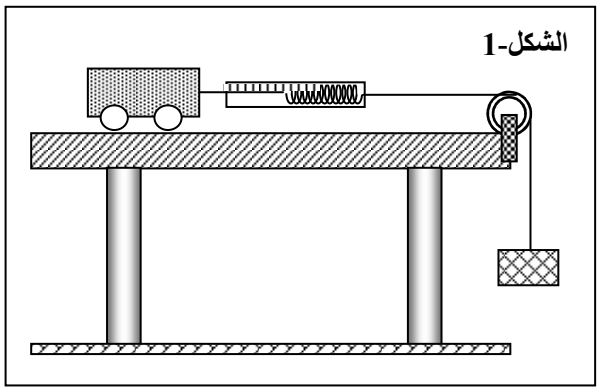
$$d = \frac{\text{ق كـ} + \text{ق ص}}{2} \text{ إ} = \frac{(v_1 + v_2)(t_2 - t_1)}{2}$$

- في الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام يكون مخطط تغير السرعة $\Delta v =$ f(t) عبارة عن مستقيم يوازي محور الأزمة ، و في الحركة المستقيمة المتسارعة بانتظام يكون مخطط تغير السرعة كما مبين في (الشكل) التالي :

• الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام :

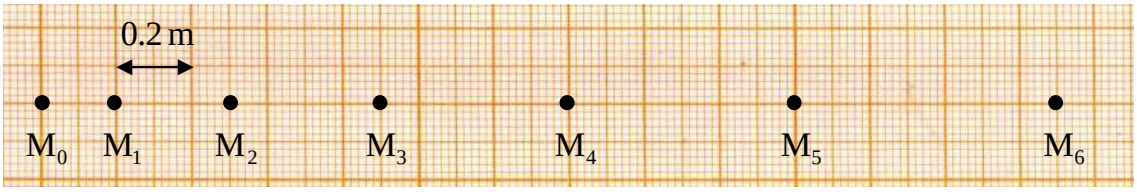
- في الحركات المستقيمة عندما يخضع جسم متحرك إلى قوة $\vec{F}$ ليست ثابتة تكون حركة هذا الجسم مستقيمة متغيرة دون انتظام ، فإذا كانت هذه القوة في جهة حركته تكون الحركة مستقيمة متسارعة دون انتظام أما إذا كانت في الجهة المعاكسة لجهة حركته تكون الحركة مستقيمة متباطئة دون انتظام . و في هذه الحالة يحافظ كل من شعاع السرعة $\vec{v}$ و شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ على منحاه و جهته و أما طويلتهما متغير دون انتظام .

التمرين (3) : (التمرين :018 في بنك التمارين على الموقع) (**)

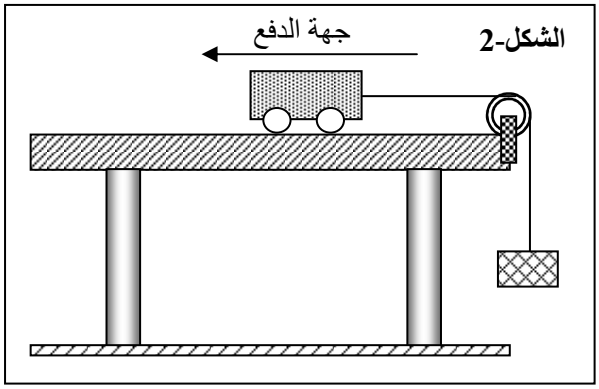


نضع على طاولة أفقية ملساء عربة مرتبطة بأحد طرفي ربيعة طرفها الثاني مرتبط بخيط طويل ، عديم الامتطاط ، يمر بمحز بكرة مثبتة في ركن الطاولة و الطرف الآخر للخيط مرتبط بجسم صلب يمكنه الانتقال شاقوليا (الشكل-1) .

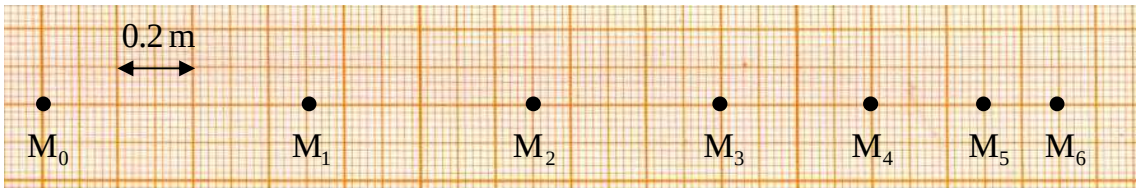
I - نترك العربة لحالها ، نلاحظ أن مؤشر الربيعة يشير دائما إلى نفس القيمة خلال الحركة . الشكل التالي يمثل المواضع التي تشغلها نقطة M خلال فترات زمنية متساوية قدرها $\tau = 0.1$ s لنقطة من العربة تتحرك وفق مسار مستقيم .



1- هل يمكنك من هذا التجهيز التجريبي استخلاص خصائص القوة $\vec{F}$ المطبقة على العربة ؟ علل إجابتك .
2- استنتج طبيعة الحركة .
3- مثل كيفيا شعاع هذه القوة على العربة في الموضعين M_2 ، M_4 .
4- أحسب ثم مثل أشعة السرعة عند المواضع M_1 ، M_3 ، M_5 و كذلك أشعة تغير السرعة عند الموضعين M_2 ، M_4 بأخذ السلم (1 cm → 2 m/s) .
5- باعتماد على خصائص الشعاع $\overrightarrow{\Delta v}$ استنتج خصاص القوة $\vec{F}$ المطبقة على العربة . و كذا طبيعة حركتها .



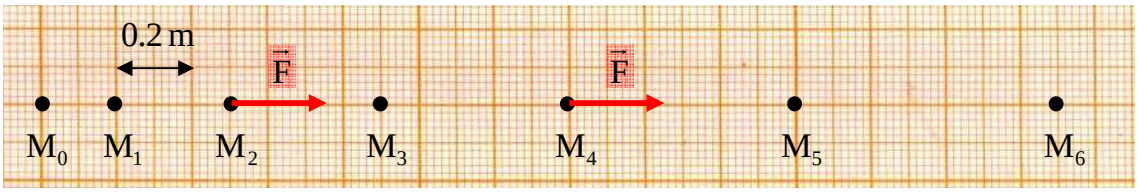
II - ندفع العربة في الجهة المعاكسة لجهة سقوط الجسم (S) كما مبين في (الشكل-2) .
الشكل التالي يمثل الصور المتعاقبة لنقطة من العربة أخذت في فترات زمنية متساوية قدرها $\tau = 0.1\ s$ لنقطة من العربة .



1- أحسب سرعة العربة عند الموضعين M_1 ، M_3 ، M_5 .
2- مثل شعاع السرعة عند الموضعين M_1 ، M_3 ، M_5 و كذا شعاع تغير السرعة عند الموضعين M_2 ، M_4 ، بأخذ سلم السرعة التالي : $1\ cm \rightarrow 2{,}5\ m/s$.
4- باعتماد على خصائص الشعاع $\overrightarrow{\Delta v}$ استنتج خصاص القوة $\vec{F}$ المطبقة على العربة . و كذا طبيعة حركتها .

الأجوبة :

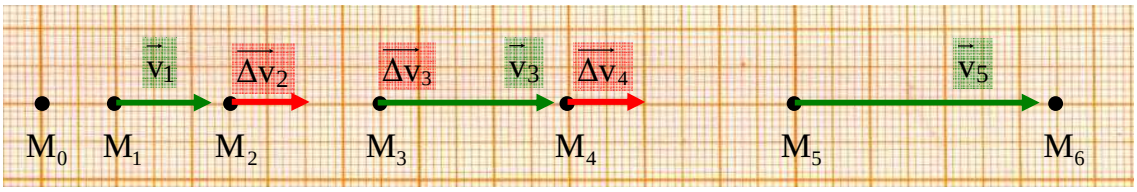
I- 1- نعم ، فمن خلال القراءة المباشرة على الربيعة نجد أن العربة خاضعة إلى قوة ثابتة في الشدة و في جهة حركتها (جهة القوة تكون في جهة انطلاق حركة الحربة من السكون) .
2- طبيعة الحركة :
القوة ثابتة (في المنحى و الجهة و الطويلة) و جهتها في جهة الحركة ، إذن الحركة مستقيمة متسارعة بانتظام .
3- تمثيل القوة كيفيا بسهم على العربة في عدة أوضاع :



4- حساب السرعة عند المواضع M_1 ، M_3 ، M_5 :

- $v_1 = \dfrac{M_0M_2}{2\tau} = \dfrac{2.5\,.\,0.2}{2\,.\,0.1} = 2.5\ m/s$ $\quad (1.25\ cm)$
- $v_3 = \dfrac{M_2M_4}{2\tau} = \dfrac{4.5\,.\,0.2}{2\,.\,0.1} = 4.5\ m/s$ $\quad (2.25\ cm)$
- $v_5 = \dfrac{M_4M_6}{2\tau} = \dfrac{6.5\,.\,0.2}{2\,.\,0.1} = 6.5\ m/s$ $\quad (3.25\ cm)$
- $\Delta v_2 = \Delta v_3 = (0.5\,.\,2) = 1\ m/s$

- تمثيل شعاع السرعة عند المواضع M_1 ، M_3 ، M_5 و شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ عند الموضعين M_2 ، M_4 :



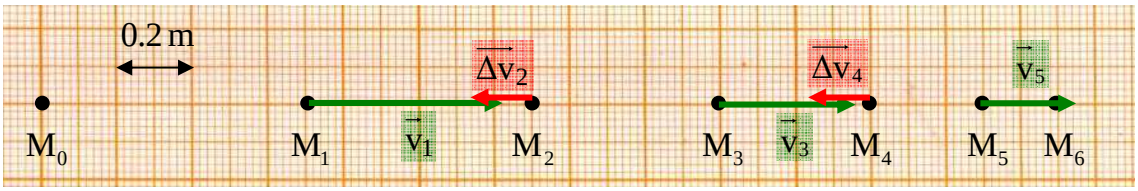
5- المقارنة بين خصائص الشعاع $\overrightarrow{\Delta v}$ و خصاص القوة $\vec{F}$:

نلاحظ أن شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ ثابت في المنحى و الجهة و الطويلة و جهته جهة الحركة . و هي نفسها خصائص شعاع القوة $\vec{F}$ هو المذكورة سابقا .

II - 1- حساب سرعة العربة عند الموضعين M_1 ، M_3 ، M_5 :

- $v_1 = \dfrac{M_0M_2}{2\tau} = \dfrac{6.5\ .\ 0.2}{2\ .\ 0.1} = 6.5\,m/s$ $\quad (2{,}6\,cm)$
- $v_3 = \dfrac{M_2M_4}{2\tau} = \dfrac{4.5\ .\ 0.2}{2\ .\ 0.1} = 4.5\,m/s$ $\quad (1{,}8\,cm)$
- $v_5 = \dfrac{M_4M_6}{2\tau} = \dfrac{2.5\ .\ 0.2}{2\ .\ 0.1} = 2.5\,m/s$ $\quad (1\,cm)$

2- تمثيل شعاع السرعة عند الموضعين M_1 ، M_3 ، M_5 و شعاع تغير السرعة عند الموضعين M_2 ، M_4 :



3- خصائص القوة $\vec{F}$ المؤثرة على العربة :

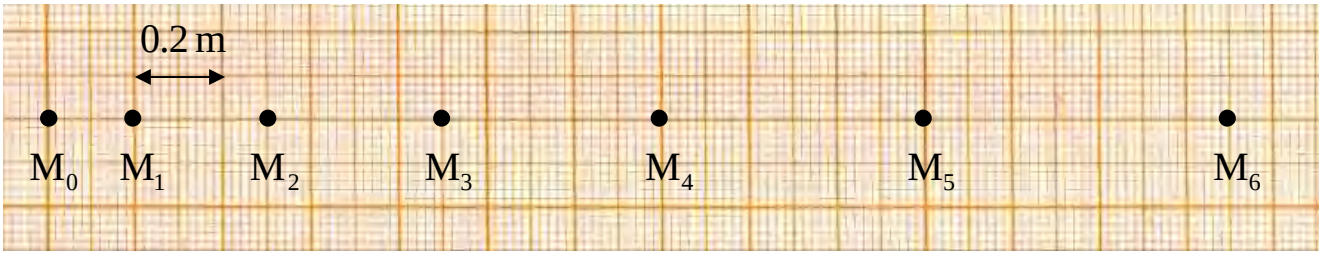
نلاحظ أن شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ ثابت في المنحى و الجهة و الطويلة و جهته عكس جهة الحركة ، هذا يعني أن شعاع القوة $\vec{F}$ هو أيضا ثابت في المنحى و الجهة و الطويلة و جهة عكس جهة الحركة .

- طبيعة الحركة :

القوة ثابتة (في المنحى و الجهة و الطويلة) و جهتها عكس جهة الحركة ، إذن الحركة مستقيمة متباطئة بانتظام .

التمرين (4): (التمرين :006 في بنك التمارين على الموقع) (**)

الشكل التالي يمثل مواضع نقطة M من عربة تحصلنا عليها بالتصوير المتعاقب خلال أزمنة متساوية $\tau = 0.1\ s$.



بالإعتماد على سلم المسافة المبين على الشكل (الوثيقة) :

1- أحسب سرعة العربة عند المواضع M_1 ، M_3 ، M_5 .

2- مثل شعاع السرعة عند المواضع M_1 ، M_3 ، M_5 و كذا شعاع تغير السرعة عند الموضعين M_2 ، M_4 ، بأخذ سلم السرعة التالي : $1\ cm \rightarrow 2\ m/s$.

3- اعتمادا على الوثيقة حدد خصائص القوة $\vec{F}$ المؤثرة على العربة ثم استنتج طبيعة حركتها .

4- اعتمادا على النتائج السابقة و باعتبار مبدأ الأزمنة و الفاصل عند الموضع M_0 ، أكمل الجدول التالي :

الموضع	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
t(s)							
x(m)							
v(m/s)							
Δv(m/s)							

5- أرسم المنحنى v(t) الممثل لتغيرات سرعة العربة بدلالة الزمن باختيار سلم مناسب .

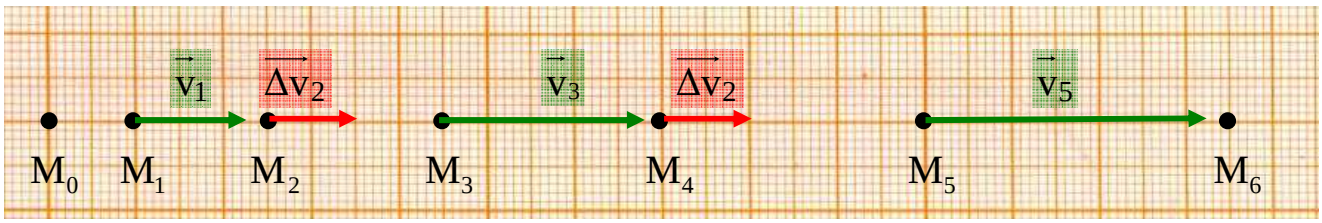
6- اعتمادا على هذا المنحى ، أوجد المسافة المقطوعة أثناء الانتقال من الموضع M_1 إلى الموضع M_5 ، و تأكد من خلال وثيقة التصوير المتعاقب .

الأجوبة :

1- حساب سرعة العربة عند الموضعين M_1 ، M_3 :

- $v_1 = \dfrac{M_0M_2}{2\tau} = \dfrac{2.5\ .\ 0.2}{2\ .\ 0.1} = 2.5\ m/s \qquad (1.25\ cm)$
- $v_3 = \dfrac{M_2M_4}{2\tau} = \dfrac{4.5\ .\ 0.2}{2\ .\ 0.1} = 4.5\ m/s \qquad (2.25\ cm)$
- $v_5 = \dfrac{M_4M_6}{2\tau} = \dfrac{6.5\ .\ 0.2}{2\ .\ 0.1} = 6.5\ m/s \qquad (3.25\ cm)$

2- تمثيل شعاع السرعة عند الموضعين M_1 ، M_3 و كذا شعاع تغير السرعة عند الموضع M_2 :



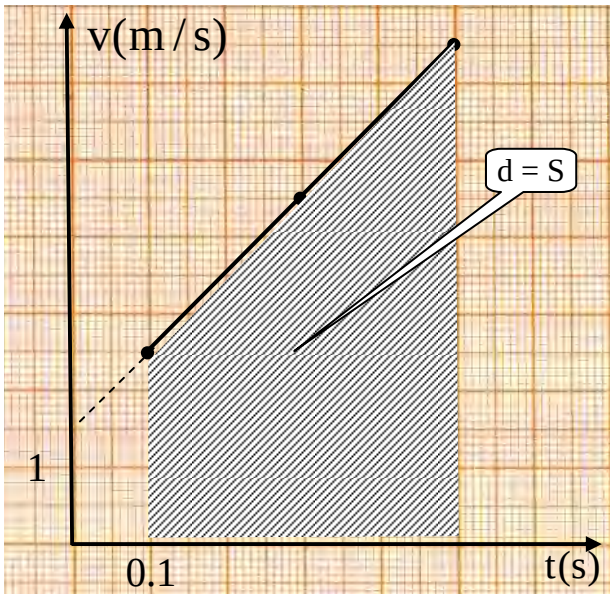
3- خصائص القوة و طبيعة الحركة :

من الوثيقة نلاحظ أن شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ ثابت (في المنحى و الجهة و الطويلة) و جهته في جهة الحركة ، هذا يعني أن شعاع القوة $\vec{F}$ هو أيضا ثابت (في المنحى و الجهة و الطويلة) و جهة الحركة ، ستنتج أن طبيعة الحركة مستقيمة متسارعة بانتظام .

4- إكمال الجدول :

الموضع	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
t(s)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
x(m)	0	0.2	0.5	0.9	1.4	2.0	2.7
v(m/s)		2.5		4.5		6.5	
Δv(m/s)			2		2		

5- المنحنى v(t) :



6- المسافة المقطوعة بين الموضعين M_1 ، M_5 :

الموضع M_1 يوافق اللحظة $t_1 = 0.1\ s$ و الموضع M_2 يوافق اللحظة $t_5 = 0.5\ s$ و باستعمال طريقة المساحات يكون :

$$d = S = \frac{\text{ق ك + ق ص}}{2} \times \text{الأرتفاع} = \frac{(2.5)+(6.5)}{2}(0.4) = 1.8\,m$$

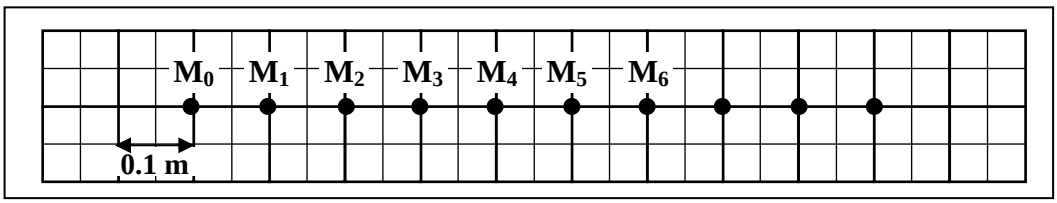
التأكد :

من وثيقة التصوير المتعاقب :

$d = 18 \times 0{,}1 = 1.8\ m$

التمرين (5) : (التمرين :005 في بنك التمارين على الموقع) (**)

نقذف جسما نقطيا (S)على طاولة هوائية أفقية . الشكل المقابل يمثل الأوضاع المتتالية لحركة الجسم و المأخوذة بالتصوير المتعاقب في أزمنة متساوية $\tau = 0.04\ s$.



1- ما طبيعة حركة الجسم (S) ؟ علل .

2- احسب سرعة الجسم (S) عند الموضع M_1 ، ثم استنتج سرعته عند الموضع M_3 .

3- مثل أشعة شعاع السرعة عند الموضعين M_1 و M_3 باختيار السلم : $1\ cm \rightarrow 2\ m/s$.

4- ماذا يمكنك أن تقول عن القوة المطبقة على الجسم .

5- اعتمادا على النتائج السابقة و باعتبار مبدأ الأزمنة و و مبدأ الفاصل عند الموضع M_0 ، أكمل الجدول التالي :

الموضع	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
t(s)							
x(m)							
v(m/s)							

6- أرسم المنحنى v(t) الممثل لتغيرات سرعة الجسم (S) بدلالة الزمن باختيار سلم مناسب ، ثم أحسب اعتمادا على هذا المنحنى المسافة المقطوعة أثناء انتقال الجسم (S) من الموضع M_1 إلى الموضع M_5 .

7- أرسم المنحنى x(t) الممثل لتغيرات فاصلة سرعة الجسم (S) بدلالة الزمن باختيار سلم مناسب .

8- اعتمادا على المنحنى x(t) :

أ- أحسب ميل المنحنى ، ماذا يمثل هذا الميل بالنسبة لحركة الجسم (S) .

ب- أحسب المسافة المقطوعة أثناء انتقال الجسم (S) من الموضع M_1 إلى الموضع M_5 . و تأكد أنها نوافق النتيجة المتحصل عليها في السؤال 7 .

الأجوبة :

1- طبيعة حركة الجسم (S) :

المسافة بين كل موضعين متتاليين ثابتة ، إذن طبيعة الحركة مستقيمة منتظمة .

2- سرعة المتحرك عند الموضع M_1 :

$$v_1 = \frac{M_0M_2}{2\tau} = \frac{2\ .0.1}{2\ .0.04} = 2.5\,m/s \quad (1.25\,cm)$$

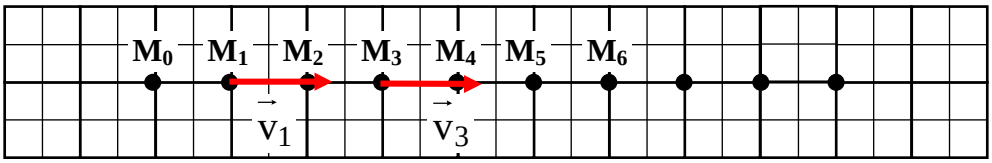
- السرعة عند الموضع M_3 :

بما أن الحركة مستقيمة منتظمة يكون :

$$v_3 = v_1 = 2.5\ m/s$$

3- تمثيل السرعة عند M_1 ، M_3 :

باستعمال السلم : $1\ cm \rightarrow 2\ m/s$:



4- ما يمكن قوله عن القوة المطبقة على الجسم :

طريقة-1 :

نلاحظ أن شعاع السرعة ثابت $\vec{v}_1 = \vec{v}_3$ ، هذا يعني أن شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ معدوم ، و كون أن خصائص القوة $\vec{F}$ مطابقة لخصائص شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ تكون القوة $\vec{F}$ معدومة .

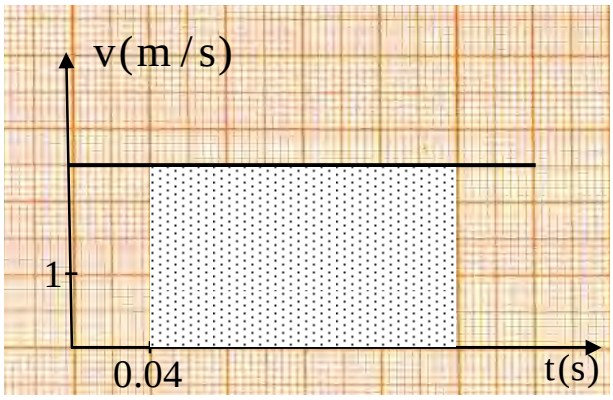
طريقة-2 :

الحركة مستقيمة منتظمة و حسب مبدأ العطالة فإن الجسم (S) لا يخضع إلى أي قوة .

5- إكمال الجدول :

الموضع	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
t(s)	0	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24
x(m)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
v(m/s)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

6- المنحنى v(t) :

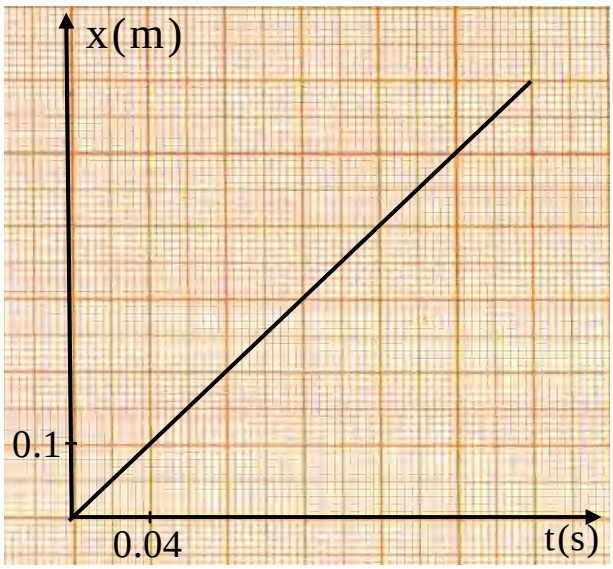


- المسافة المقطوعة أثناء الانتقال من الموضع M_1 إلى الموضع M_5 :

يمر الجسم (S) بالموضعين M_1 ، M_5 عند اللحظتين $t_1 = 0.04$ s و $t_2 = 0.20$ s و بالاعتماد على طريقة المساحات في حساب السرعة نجد :

$d = 2{,}5\ (0.20 - 0.04) = 0.4$ m

7- المنحنى x(t) :



8- أ- حساب الميل :

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6\ .\ 1}{6\ .\ 0{,}04} = 2{,}5\ \text{m/s}$$

- يمثل الميل سرعة الجسم (S) .

ب- المسافة المقطوعة أثناء الانتقال من M_1 إلى M_2 :

$d = \Delta x = |x_5 - x_1|$

من البيان x(t) :

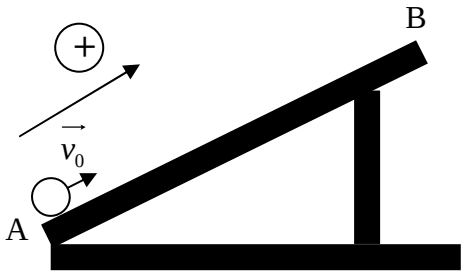
- $t_1 = 0.04$ s $\rightarrow x_1 = 0.1$ m
- $t_2 = 0.24$ s $\rightarrow x_2 = 0.5$ m

إذن :

$d = |0.5 - 0.1| = 0.4$ m

و هي نفس النتيجة السابقة .

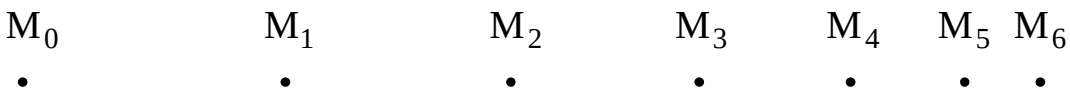
التمرين (6) : (التمرين :007 في بنك التمارين على الموقع) (**)



الشكل-1

تقذف كرية صغيرة بسرعة ابتدائية $\vec{v}_0$ من الموضع A أسفل مستوي مائل أملس (الشكل-1) ، نقوم بتسجيل حركة الكرية بواسطة وسيلة التصوير المتعاقب فنحصل على (الشكل-2) حيث ان الفاصل الزمني بين كل موضعين متتاليين هو $\tau = 0.1s$.

- سلم المسافة : $1\ cm \rightarrow 0.1\ m$.
- سلم السرعة : $1\ cm \rightarrow 1.25\ m/s$.



الشكل-2

1- أحسب السرعة في المواضع M_1 ، M_3 ، M_5 ، ثم مثل أشعة السرعة $\vec{v}$ عند هذه المواضع و كذا شعاع السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ عند الموضعين M_2 ، M_4 .

2- قارن بين شعاعي تغير السرعة عند الموضعين M_2 ، M_4 . استنتج خصائص القوة المؤثرة على الكرية و كذا طبيعة حركتها .

3- مثل المنحنى البياني $v = f(t)$ باعتبار مبدأ الأزمنة $(t = 0)$ عند الموضع M_0 ، يؤخذ سلم الرسم التالي :

. $1\ cm \rightarrow 0.1\ m/s$ ، $1\ cm \rightarrow 0.1\ s$

4- استنتج من البيان :

أ- قيمة السرعة v_0 التي قذفت بها الكرية .

ب- اللحظة التي تنعدم فيها سرعة الكرة أثناء صعودها .

الأجوبة :

1- حساب السرعة في المواضع M_1 ، M_3 ، M_5 :

- $v_1 = \frac{M_0M_2}{2\tau} = \frac{6,5 \times 0,1}{2 \times 0,1} = 3,25\ m/s$ $(2,6\ cm)$
- $v_3 = \frac{M_2M_4}{2\tau} = \frac{4,5 \times 0,1}{2 \times 0,1} = 2,25\ m/s$ $(1,8\ cm)$
- $v_5 = \frac{\quad}{2\tau} = \frac{2,5 \times 0,1}{2 \times 0,1} = 1,25\ m/s$ $(1\ cm)$

تمثيل $\vec{v}_1$ ، $\vec{v}_3$ ، $\vec{v}_5$ ، $\Delta\vec{v}_2$ ، $\Delta\vec{v}_4$:

ج- المقارنة بين $\Delta\vec{v}_2$ ، $\Delta\vec{v}_4$:

نلاحظ أن $\Delta\vec{v}_2$ ، $\Delta\vec{v}_4$ لهما نفس المنحى و الجهة و الطويلة

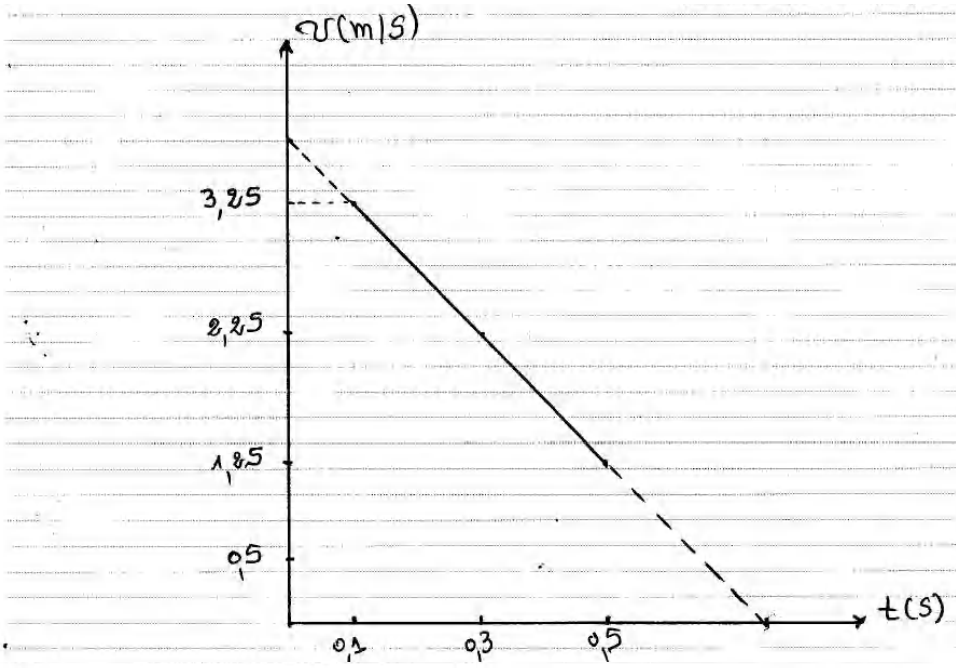
أي : $\Delta\vec{v}_2 = \Delta\vec{v}_4$ **كما أن جهتها عكس جهة الحركة**

- خصائص القوة المؤثرة :

بما أن $\Delta\vec{v}$ ثابت في المنحى و الجهة و الطويلة و جهته عكس جهة الحركة ، نستنتج أن القوة $\vec{F}$ التي تخضع لها الكرية ثابتة في المنحى و الجهة و الطويلة و جهتها **عكس** جهة الحركة . وبالتالي طبيعة الحركة مستقيمة متباطئة بانتظام .

3- المنحنى البياني v(t)x :

الموضع	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
t(s)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
vm/s)							



P-4- قيمة v_0 :

بتمديد المنحنى $v(t)$ حتى يقطع محور السرعات نجد :

$v_0 = 7,5 \times 0,5 \rightarrow v_0 = 3,75\ m/s$.

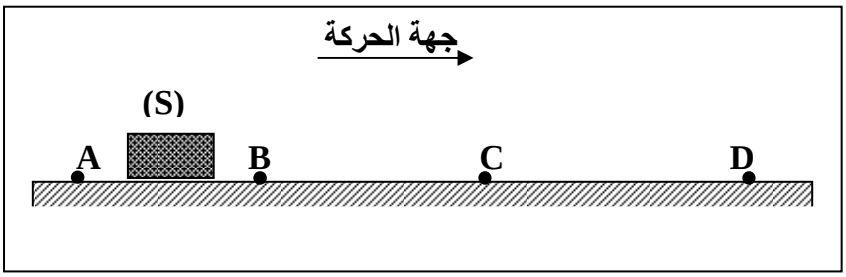
د- لحظة انعدام السرعة :

بتمديد المنحنى $v(t)$ حتى يقطع محور الأزمنة نجد اللحظة التي تنعدم فيها سرعة الكرية و هي :

$t = 7,5 \times 0,1 \rightarrow t = 0,75\ s$

التمرين (7) : (التمرين : 010 في بنك التمارين على الموقع) (**)

جسم (S) يتحرك على مستوي أفقي ABCD كما مبين في الشكل التالي :



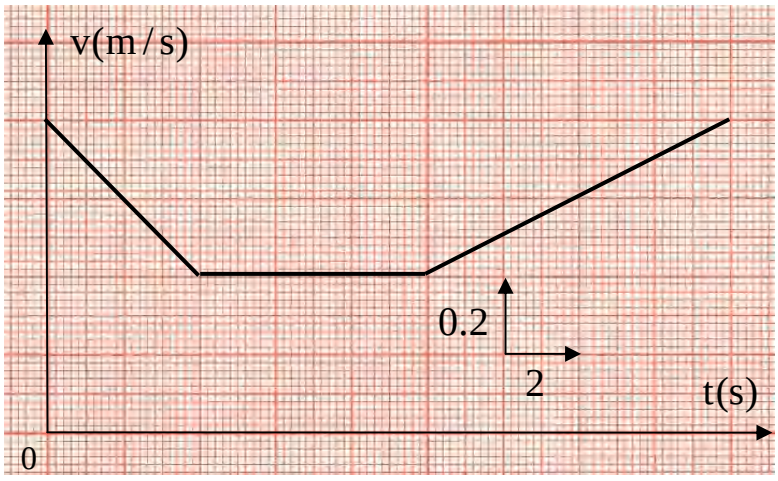
بواسطة تجهيز مناسب قمنا بتسجيل سرعته خلال لحظات مختلفة ، فتحصلنا على النتائج المدونة في الجدول التالي :

t (s)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
v(m /s)	0.8	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8

1- ارسم مخطط السرعة $v = f(t)$ لهذه الحركة .
2- استنتج من المخطط :
أ - طبيعة الحركة في كل طور .
ب- المسافة المقطوعة في كل طور .
3- ماذا يمكن قوله عن القوة التي يخضع لها الجسم (S) ؟ كذا شعاع تغير السرعة في كل طور .
4- أوجد فاصلة مركز الجسم (S) عند اللحظات $t = 0$ ، $t = 4\ s$ ، $t = 10\ s$ ، $t = 18\ s$ باعتبار مبدأ الفوصل عند مبدأ الأزمنة .

الأجوبة :

1- مخطط السرعة $v = f(t)$:



2- أ- طبيعة الحركة في كل طور :
الطور الأول ($0 \rightarrow 4\ s$) :
المنحنى $v = f(t)$ هو مستقيم معادلته من الشكل $v = a\,t + b$ و حيث أن السرعة متناقصة فالحركة مستقيمة متباطئة بانتظام .

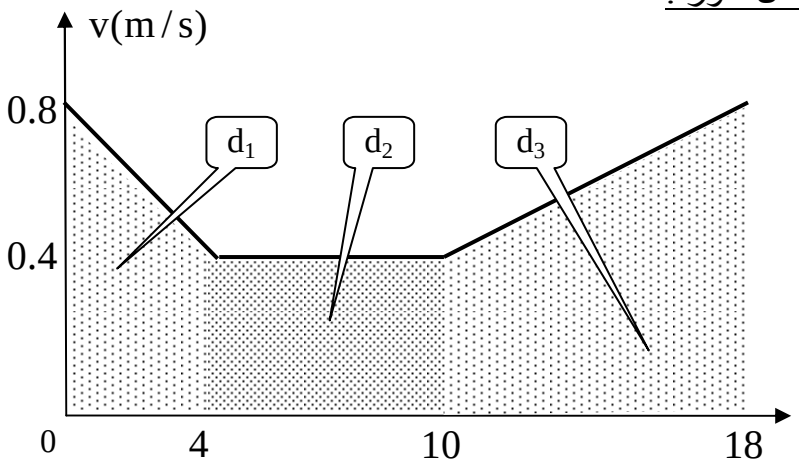
الطور الثاني ($4 \rightarrow 10$ s) :

المنحنى $v = f(t)$ هو مستقيم يوازي محور الأزمنة ومنه فالحركة مستقيمة منتظمة .

الطور الثالث ($10 \rightarrow 18$ s) :

المنحنى $v = f(t)$ هو مستقيم معادلته من الشكل $v = a\,t + b$ و حيث أن السرعة متزايدة فالحركة مستقيمة متسارعة بانتظام .

ب- المسافة المقطوعة في كل طور :



الطور الأول :

$$d_1 = \frac{\text{ق كـ} + \text{ق ص}}{2} \text{ إ} \quad \rightarrow d_1 = \frac{(0.4-0)+(0.8-0)}{2}(4-0) = 2.4\,\text{m}$$

الطور الثاني :

$$d_2 = \text{ع . ط} \quad \rightarrow d_2 = (0.4-0)(10-4) = 2.4\,\text{m}$$

الطور الثالث :

$$d_3 = \frac{\text{ق كـ} + \text{ق ص}}{2} \text{ إ} \quad \rightarrow d_3 = \frac{(0.4-0)+(0.8-0)}{2}(18-10) = 4.8\,\text{m}$$

4- ما يمكن قوله عن القوة التي يخضع لها الجسم (S) ، و كذا شعاع تغير السرعة في كل طور :

الطور الأول :

بما أن الحركة مستقيمة متباطئة بانتظام في هذا الطور فالقوة المؤثرة على الجسم (S) في هذا الطور تكون (ثابتة في المنحى و الجهة و الطويلة) و جهتها عكس جهة الحركة و كذلك شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$.

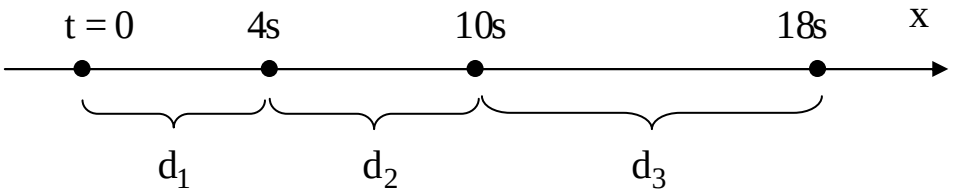
الطور الثاني :

بما أن الحركة مستقيمة منتظمة في هذا الطور فالقوة المؤثرة على الجسم (S) في هذا الطور معدومة (مبدأ العطالة) .

الطور الثالث :

بما أن الحركة مستقيمة متسارعة بانتظام في هذا الطور فالقوة المؤثرة على الجسم (S) في هذا الطور ثابتة (في المنحى و الجهة و الطويلة) و جهتها في جهة الحركة و كذلك شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$.

6- أوجد فاصلة مركز الجسم (S) عند اللحظات $t = 0$ ، $t = 4$ s ، $t = 10$ s ، $t = 18$ s :



$t = 0 \rightarrow x = 0$
$t = 4\ s \rightarrow x = d_1 = 2.4\ m$
$t = 10\ s \rightarrow x = d_1 + d_2 = 2.4 + 2.4 = 4.8\ m$
$t = 18\ s \rightarrow x = d_1 + d_2 + d_3 = 2.4 + 2.4 + 4.8 = 9.6\ m$

و يمكن تلخيص هذه النتائج في الجدول التالي :

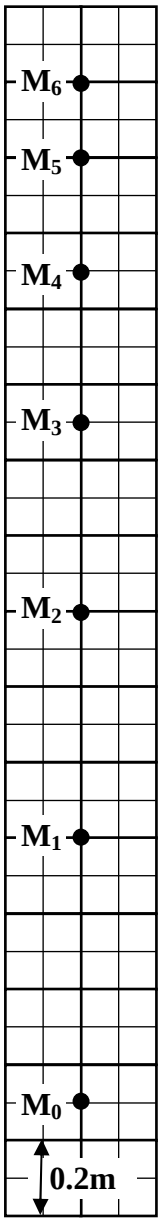
t (s)	0	4	10	18
x (m)	0	2.4	4.8	9.6

6- تمارين متنوعة

التمرين (8) : (التمرين : 011 في بنك التمارين على الموقع) (**)

يقذف شخص كرية بيده نحو الأعلى ، بالتصوير المتعاقب حيث $\tau = 0.1\ s$ نحصل على الأوضاع المتتالية لمركز الكرية الممثلة في الشكل المقابل .

1- باعتبار مبدأ الأزمنة و الفواصل عند مرور المتحرك من الموضع M_0 ، أكمل الجدول الآتي ، بعد نقل الشكل على ورقة مليمترية و حساب ثم تمثيل بشعاع السرعة عند المواضع M_1 ، M_3 ، M_5 ثم مثل شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ عند المواضعين M_2 ، M_4 . بأخذ السلم : $1cm \rightarrow 2.5\ m.s^{-1}$.



	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
t(s)							
x(m)							
v(m/s)							
Δv(m/s)							

2- ارسم على ورقة مليمترية و باختيار سلم مناسب المنحنيين البيانين : $x = f_1(t)$ ، $v = f_2(t)$.

3- اعتمادا على المنحنى البياني $v = f_2(t)$ ، جِد :

أ- طبيعة حركة الكرية .

ب- المسافة المقطوعة بين الموضعين M_1 ، M_5 .

جـ- اللحظة التي تنعدم فيها سرعة الكرية .

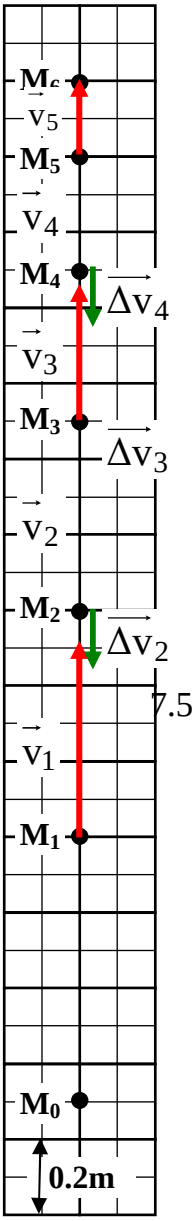
4- ماذا يمكن قوله عن القوة $\vec{F}$ المؤثرة على الكرية ؟

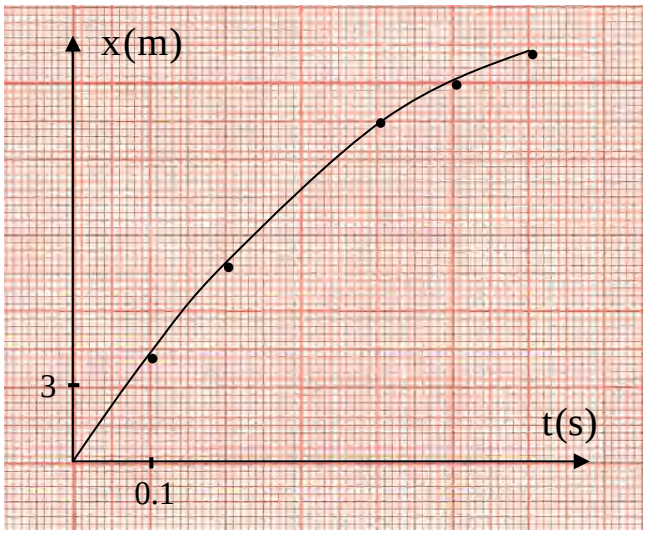
الأجوبة :

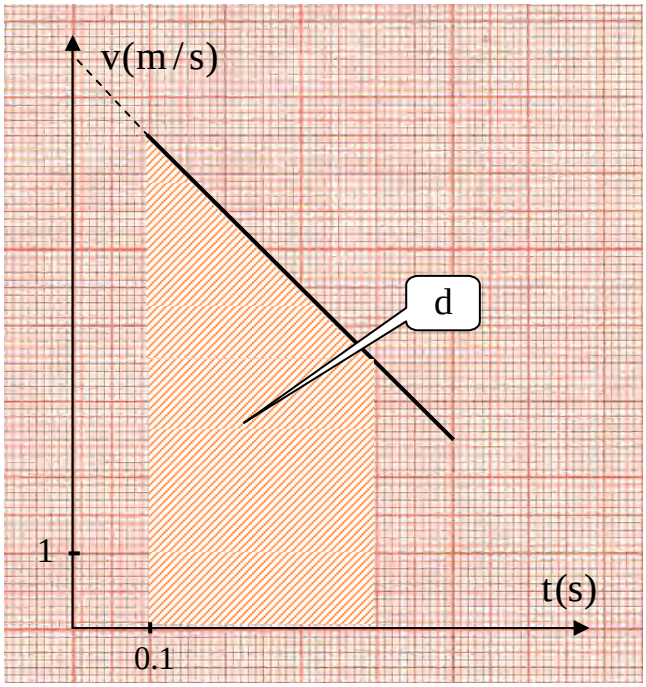
1- إكمال الجدول :

	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
t(s)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
x(m)	0	0.7	1.3	1.8	2.2	2.5	2.7
v(m/s)		6.5		4.5		2.5	
Δv(m/s)			-2	-2	-2		

2- المخططات البيانية :







3- أ- طبيعة الحركة :

البيان $v = f(t)$ هو مستقيم معادلته من الشكل $v = a\,t + b$ و السرعة متناقصة ، إذن الحركة مستقيمة متباطئة بانتظام .

ب- المسافة المقطوعة بين الموضعين M_1 وM_5 :

$M_1 \rightarrow t_1 = 0.1\ s \quad , \quad M_5 \rightarrow t_4 = 0.5\ s$

$$d = S = \frac{(2.5-0)+(6.5-0)}{2}(0.5-0.1) = 1.8\ m$$

جـ- لحظة انعدام السرعة :

بتمديد البيان $v = f(t)$ ، نلاحظ أنه يقطع محور الأزمنة عند اللحظة $t = 0.75\ s$ و هي اللحظة التي تنعدم فيها السرعة .

4- القوة المؤثرة على الكرية :

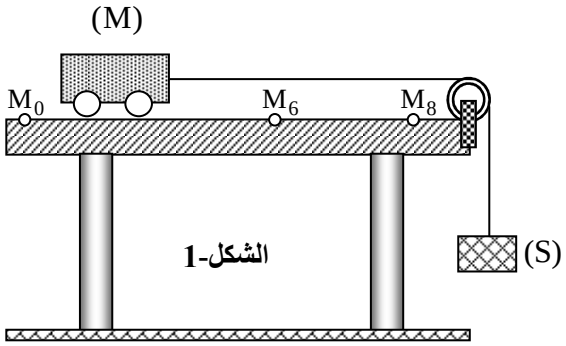
طريقة 1 :

بما أن شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ ثابت في المنحى و الجهة و الطويلة و جهته عكس جهة الحركة ، تكون أيضا القوة $\vec{F}$ ثابتة في المنحى و الجهة و الطويلة و جهتها عكس جهة الحركة .

طريقة-2 :

المنحنى $v(t)$ هو مستقيم معادلته من الشكل $v = a\,t + b$ ، و السرعة متناقصة ، إذن القوة $\vec{F}$ ثابتة (في المنحى و الجهة و الطويلة) و جهتها عكس جهة الحركة .

التمرين (9) : (التمرين : 036 في بنك التمارين على الموقع) (**)

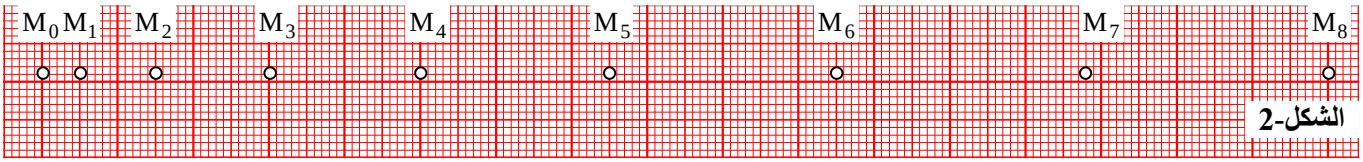


الشكل-1

عربة صغيرة (M) موضوعة فوق طاولة أفقية ملساء ، نثبت فيها خيط عديم الامتطاط يمر على محز بكرة و في نهايته الأخرى معلق بجسم صلب (S) (الشكل-1) ، في لحظة نعتبرها مبدأ الأزمنة ($t = 0$) تمر العربة (M) من الموضع M_0 بسرعة v_0 ، و عند بلوغها الموضع M_6 ينقطع الخيط فجأة و تواصل العربة حركتها باتجاه الموضع M_8 . يمثل (الشكل-2) تسجيلا لمواضع العربة التي تشغلها خلال فترات زمنية متتالية و متساوية $\tau = 0{,}05\ s$.

يعطى :

- سلم المسافة : $1\ cm \rightarrow 0{,}1\ m$.
- سلم السرعة : $1\ cm \rightarrow 2\ m/s$.



الشكل-2

1- اعتمادا على (الشكل-2) استنتج طبيعة حركة العربة أثناء الانتقال من الموضع M_6 إلى الموضع M_8 .

2- أحسب قيم السرعة اللحظية عند المواضع : M_1 ، M_3 ، M_5 ، M_7 ، ثم استنتج قيمتي السرعة اللحظية عند الموضعين M_6 ، M_8 .

3- مثل شعاع السرعة $\vec{v}$ في المواضع M_1 ، M_3 ، M_5 و شعاعي تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ عند الموضعين M_2 ، M_4 .

4- قارن بين $\overrightarrow{\Delta v_2}$ ، $\overrightarrow{\Delta v_4}$ ، استنتج طبيعة حركة العربة أثناء الانتقال من الموضع M_0 إلى الموضع M_6 .

5- ما يمكن قوله عن شعاع القوة $\vec{F}$ أثناء هذا الانتقال ؟

6 - أكمل الجدول التالي :

الموضع	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8
t (s)	0								
v (m/s)	v_0								

7- أرسم منحنى السرعة $v(t)$ أثناء الانتقال من الموضع M_1 إلى الموضع M_8 و استنتج منه قيمة v_0 .

8- اعتمادا على المنحنى $v(t)$:

- قيمة السرعة v_0 .
- أحسب المسافة التي قطعتها العربة قبل و بعد انقطاع الخيط ، ثم تأكد من النتيجة من خلال وثيقة الشكل-2 بقياس المسافة قياسا مباشرا .

الأجوبة :

1- طبيعة الحركة أثناء الانتقال من الموضع M_6 إلى الموضع M_8 :

نلاحظ : $M_6M_7 = M_7M_8$ وعليه الحركة مستقيمة منتظمة

2- حساب السرعة عند M_1 ، M_3 ، M_5 ، M_7

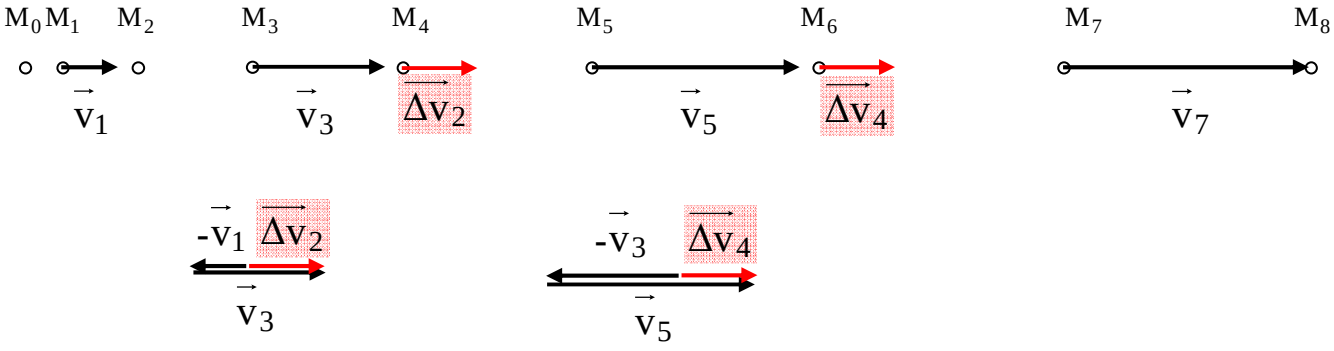
- $v_1 = \frac{M_0M_2}{2\tau} = \frac{1,5 \times 0,1}{2 \times 0,05} = 1,5\ m/s$ $(0,75\ cm)$
- $v_3 = \frac{M_2M_4}{2\tau} = \frac{3,5 \times 0,1}{2 \times 0,05} = 3,5\ m/s$ $(1,75\ cm)$
- $v_5 = \frac{M_4M_6}{2\tau} = \frac{5,5 \times 0,1}{2 \times 0,05} = 5,5\ m/s$ $(2,75\ cm)$
- $v_7 = \frac{M_6M_8}{2\tau} = \frac{6,5 \times 0,1}{2 \times 0,05} = 6,5\ m/s$ $(3,25\ cm)$.

3- استنتاج السرعة عند M_6 ، M_8 :

بما أن الحركة من M_6 إلى M_8 مستقيمة منتظمة يكون :

$v_6 = v_8 = v_7 = 6,5\ m/s$

4- تمثيل v_1 ، v_3 ، Δv_2 ، Δv_4 :



4- المقارنة بين $\Delta\vec{v}_2$ و $\Delta\vec{v}_4$:

نلاحظ أن $\Delta\vec{v}_2 = \Delta\vec{v}_4$ ، هذا يعني أن الحركة اثناء الانتقال من M_0 إلى M_8 مستقيمة متسارعة بانتظام شعاع تغير السرعة في جهة الحركة

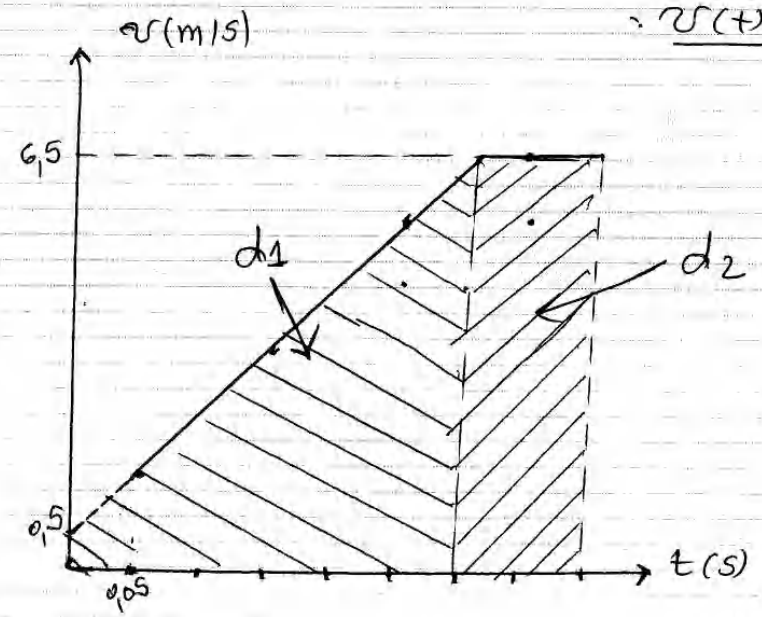
5- ما يمكن قوله عن $\vec{F}$:

من خصائص $\Delta\vec{v}$ ، نستنتج أن $\vec{F}$ ثابتة في جهة الحركة .

6- إكمال الجدول :

	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8
$t(s)$	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
$v(m/s)$	v_0	1,5		3,5		5,5	6,5	6,5	6,5

7- المنحنى $v(t)$:



8- P- قيمة v_0 :

بتمديد المنحنى $v(t)$ حتى يقطع محور السرعات نجد :

$v_0 = 0,5\ m/s$.

د- المسافة المقطوعة في كل طور :

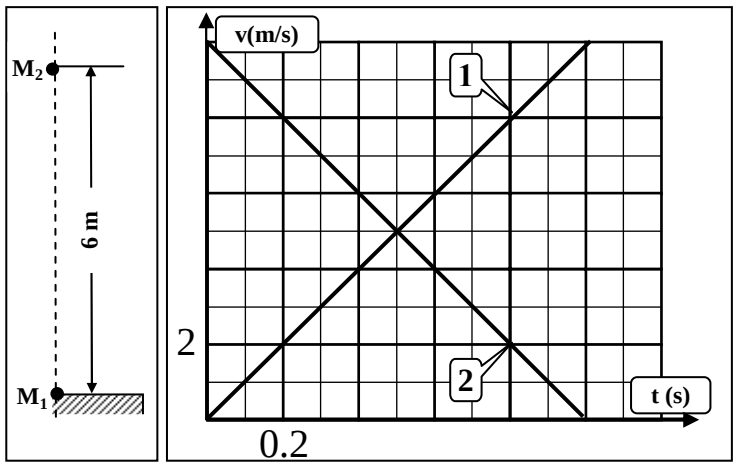
$\bullet\ d_1 = \frac{\text{قاعدة كبرى} + \text{قاعدة صغرى}}{2} \cdot \text{ارتفاع} = \frac{0,5 + 6,5}{2}(0,3-0) = 1,05\ m$

$\bullet\ d_2 = (\text{طول} \times \text{عرض}) = 6,5(0,4-0,3) = 0,65\ m$.

- القيمتين تفسرهما على وثيقة الشكل -2-.

التمرين (10) : (التمرين : 016 في بنك التمارين على الموقع) (**)

من نقطة M_1 على سطح الأرض يقذف جسم A شاقوليا نحو الأعلى بسرعة ابتدائية v_0 عند اللحظة $t = 0$ ، في نفس اللحظة يترك جسم آخر يسقط سقوطا حرا من نقطة M_2 تقع على نفس الشاقول الذي يشمل النقطة M_1 وتبعد عنها بالمقدار $M_1M_2 = 6\ m$. البيان المرفق يمثل منحنيي السرعة $v = f(t)$ لحركتي الجسمين A ، B .



1- إذا علمت أن الجسمين A ، B ، أثناء حركتهما يخضع كل منهما إلى قوة ثقلهما فقط ، أي المنحنيين (1) ، (2) يمثل حركة الجسم A و أيهما يمثل حركة الجسم B مع التعليل .

2- حدد من البيان اللحظة t_C التي تصبح فيها سرعة A مساوية لسرعة الجسم B ؟

3- أوجد عند هذه اللحظة المسافة d_A ، d_B المقطوعة من طرفي الجسمين A و B على الترتيب عند اللحظة t_C .

4- أحسب المقدار $d_A + d_B$ ، قارن النتيجة مع القيمة $M_1M_2 = 6\ m$ ، استنتج أن كان الجسمين A و B قد تلاقى عند اللحظة t_C أم لا مع التعليل .

5- أحسب المسافة التي تفصل بين الجسمين (A) ، (B) عند اللحظة t_C .

الأجوبة :

1- المنحنيين الموافقين لـ A و B :

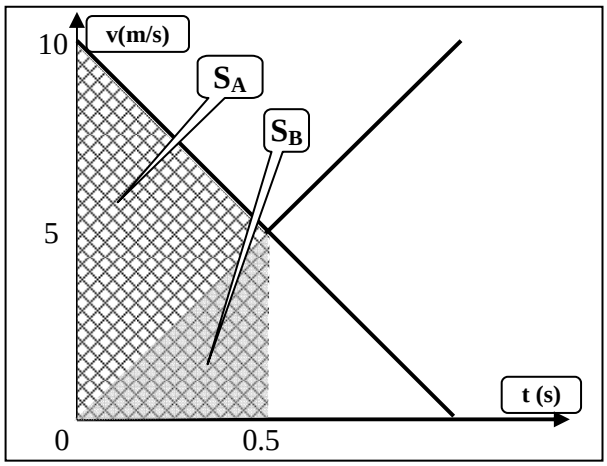
- قوة الثقل تكون دوما نحو الأسفل باتجاه الأرض ، و عليه فهي في جهة حركة (B) و معاكسة لجهة حركة (A) ، ومنه فإن حركة (A) متباطئة و هذا يوافق المنحنى (2) ، بينما حركة (B) متسارعة و هذا يوافق المنحنى (1) .

2- اللحظة التي تصبح فيها سرعة (A) مساوية لسرعة (B) :

توافق هذه اللحظة نقطة تقاطع المنحنيين (1) ، (2) ، و من هذه الأخيرة تكون لحظة تساوي سرعتي (A) و (B) هي : $t = 0.5\ s$ ..

3- المسافة المقطوعة من طرف الجسمين عند اللحظة t_C :

بالاعتماد على طريقة المساحات من المنحنى $v(t)$:



$$d_A = S_A = \frac{(10-0)+(5-0)}{2}(0.5-0) = 3.75\ m$$

$$d_B = S_2 = \frac{(5-0)\times(0.5-0)}{2} = 1.25\ m$$

4- المسافة $d_A + d_B$ و مقارنتها مع M_1M_2 :

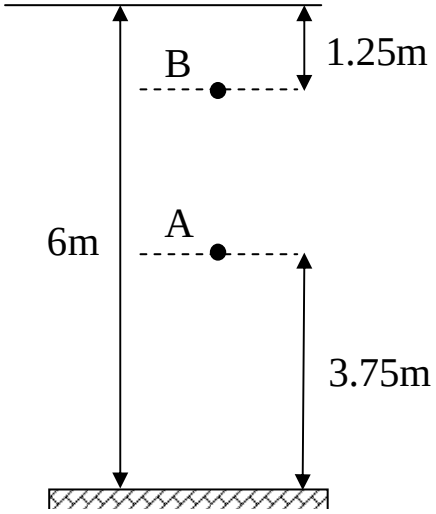
$d_A + d_B = 3.75 + 1.25 = 5$ m

المقارنة :

$d_A + d_B < M_1M_2$

الاستنتاج :

الجسمين (A) و (B) لم يلتقيا بعد عند اللحظة t_C التي تتساوى فيها سرعتيهما .



5- المسافة التي تفصل بين (A) و (B) عند الحظة t_C :

اعتمادا على الشكل المقابل ، المسافة الفاصلة بين الجسمين A و B عند اللحظة t_C :

$d = 6 - 3.75 - 1.25 = 1$ m

التمرين (11) : (التمرين : 024 في بنك التمارين على الموقع) (**)

باستعمال التصوير المتعاقب نقوم بدراسة حركة جسم نقطي (S) يسقط سقوطا حرا في الهواء دون سرعة ابتدائية حيث تهمل مقاومة الهواء و الدراسة تتم في مرجع أرضي . النتائج المحصل عليها مدونة في الجدول الآتي :

t (s)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
x (m)	0.05	0.20	0.45	0.80	1.25	1.80	2.45	3.20	4.05	5.00
v (m/s)										

حيث x هي فاصلة المتحرك عند اللحظة t أي بعد الجسم في اللحظة t عن موضع الانطلاق التي نعتبرها مبدأ الفواصل عند اللحظة $t = 0$.

1- أكمل الجدول بحساب السرعة اللحظية v للجسم و اكتب العلاقة المستعملة في الحساب .

2- أرسم المنحنى $v = f(t)$.

3- ما هي طبيعة حركة الجسم مع التعليل .

4- بين أن الجسم يخضع لقوة يطلب تحديد مميزاتها .

الأجوبة :

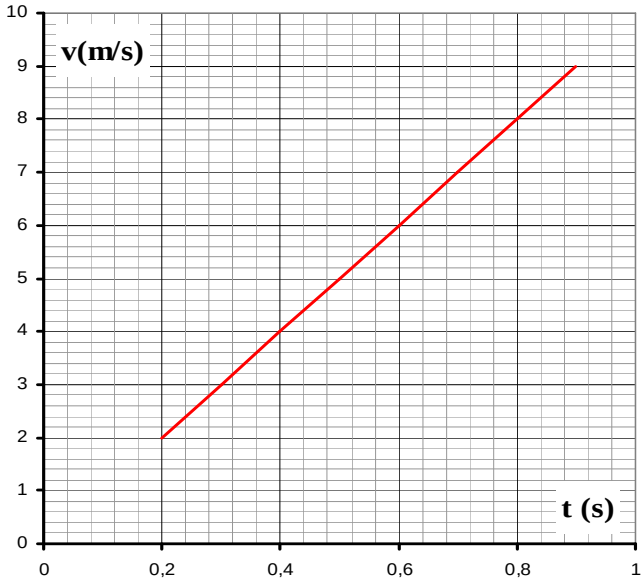
باعتبار M_i هو الموضع الذي نريد حساب عنده السرعة v_i ، و ليكن $M_{(i+1)}$ ، $M_{(i-1)}$ هما الموضعين المجاورين لهذا الموضع ، يكون :

$$v_i = \frac{d}{2\tau} = \frac{x_{(i+1)} + x_{(i-1)}}{t_{(i+1)} - t_{(i-1)}}$$

و على هذا الأساس و مع الأخذ بعين الاعتبار $\tau = 0.1$ (من الجدول) يكون :

t (s)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
x (m)	0.05	0.20	0.45	0.80	1.25	1.80	2.45	3.20	4.05	5.00
v (m/s)		2	3	4	5	6	7	8	9	

2- المنحنى v = f(t) :



3- طبيعة الحركة :

المنحنى v = f(t) هو مستقيم معادلته من الشكل v = at + b و السرعة متزايدة ، إذن طبيعة الحركة مستقيمة متسارعة بانتظام .

4- خضوع الجسم إلى قوة :

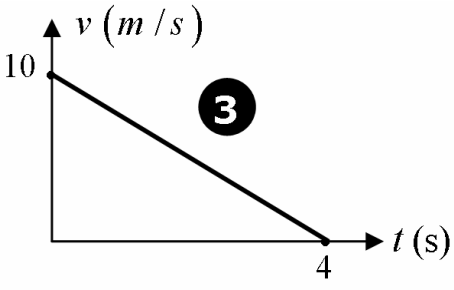
الحركة ليست مستقيمة منتظمة ، فحسب مبدأ العطالة ، الجسم يخضع إلى قوة $\vec{F}$ و كون أن الحركة مستقيمة متسارعة بانتظام ، تكون القوة $\vec{F}$ ثابتة (في المنحى و الجهة و الطويلة) و جهتها في جهة الحركة .

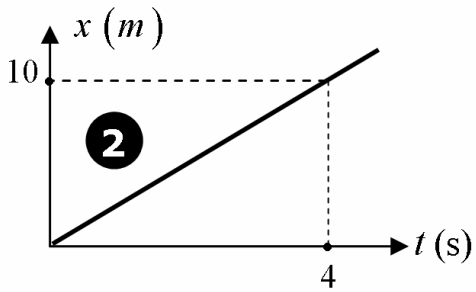
التمرين (12) : (التمرين : 013 في بنك التمارين على الموقع) (**)

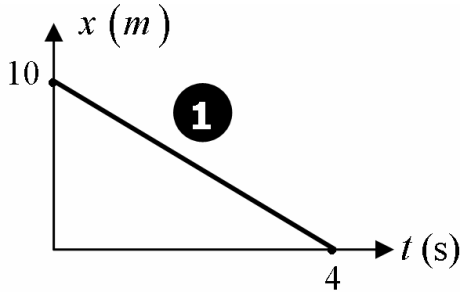
لدينا ثلاثة أجسام (A) ، (B) ، (C) تتحرك على محور موجه (ox) كما مبين في الجدول التالي :

طبيعة الحركة	الجسم
حركة مستقيمة منتظمة في الإتجاه الموجب للمحور (ox)	(A)
حركة مستقيمة منتظمة في الإتجاه السالب للمحور (ox)	(B)
حركة مستقيمة متباطئة بانتظام	(C)

المخططات البيانية (1) ، (2) ، (3) توافق حركة هذه الأجسام (A) ، (B) ، (C) من غير ترتيب :







1- أرفق كل جسم بمخططه البياني . مع التعليل .
2- اعتمادا على المخططات البيانية أحسب المسافة المقطوعة من طرف كل جسم بين اللحظتين $t_1 = 0$ ، $t_2 = 4\ s$.

الأجوبة :

1- المنحنى الموافق لكل حركة :
- البيان (1) الذي يمثل مخطط المسافة هو مستقيم معادلته من الشكل $x = at + b$ هذا يعني أن طبيعة الحركة مستقيمة منتظمة و كون أن ميل هذا المستقيم سالب أي قيم x تتناقص بتزايد الزمن هذا يعني أن المتحرك يتحرك في الاتجاه السالب للمحور ox (عكس جهة المحور ox) ، إذن يوافق البيان (1) حركة الجسم B .
- البيان (2) الذي يمثل مخطط المسافة هو مستقيم معادلته من الشكل $x = at + b$ هذا يعني أن طبيعة الحركة مستقيمة منتظمة و كون أن ميل هذا المستقيم موجب أي قيم x تتزايد بتزايد الزمن هذا يعني أن المتحرك يتحرك في الاتجاه الموجب للمحور ox (في جهة المحور ox) ، إذن يوافق البيان (2) حركة الجسم A .
- البيان (3) الذي يمثل مخطط السرعة هو مستقيم معادلته من الشكل $v = at + b$ و السرعة متناقصة هذا يعني أن الحركة مستقيمة متباطئة بانتظام ، إذن يوافق البيان (3) حركة الجسم C .

2- المسافة المقطوعة بين اللحظتين $t_1 = 0$ ، $t_2 = 4\ s$:

الجسم A (البيان-2) :

تمثل المسافة المقطوعة بين اللحظتين $t_1 = 0$ ، $t_2 = 4\ s$ اعتمادا على البيان-2 الفرق بين الفاصلتين الموافقتين لهاتين اللحظتين ، أي :

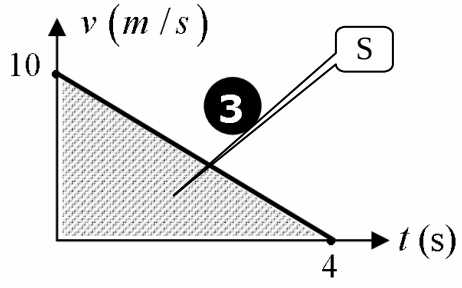
$$d_1 = |\Delta x| = |x_2 - x_1|$$
$$t_1 = 0 \rightarrow x_1 = 0$$
$$t_2 = 4\ s \rightarrow x_2 = 10 \rightarrow d_1 = |10 - 0| = 10\ m$$

الجسم B (البيان-1) :

تمثل المسافة المقطوعة بين اللحظتين $t_1 = 0$ ، $t_2 = 4\ s$ اعتمادا على البيان-1 الفرق بين الفاصلتين الموافقتين ، أي :

$$d_2 = |\Delta x| = |x_2 - x_1|$$
$$t_1 = 0 \rightarrow x_1 = 10\ m$$
$$t_2 = 4\ s \rightarrow x_2 = 0 \rightarrow d_2 = |0 - 10| = 10\ m$$

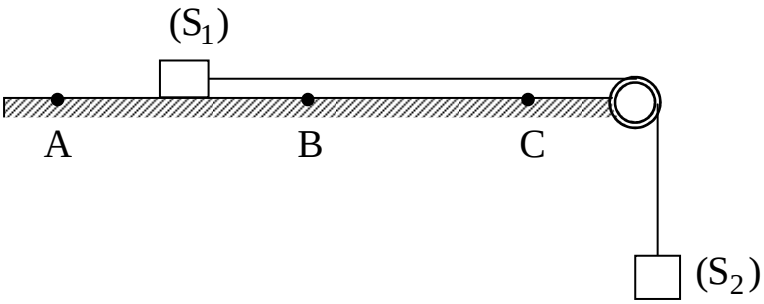
الجسم C (البيان-3) :



تمثل المسافة المقطوعة بين اللحظتين $t_1 = 0$ ، $t_2 = 4\ s$ اعتمادا على البيان-3 مساحة السطح المحصور بين المنحنى v(t) و محور الأزمنة و المستقيمين العموديين على t_1 ، t_2 أي :
و يكون :

$$d_3 = \frac{\text{ق كـ} + \text{ق ص}}{2} \text{ إ} \rightarrow d_3 = \frac{(10-0)(4-0)}{2} = 20\ m$$

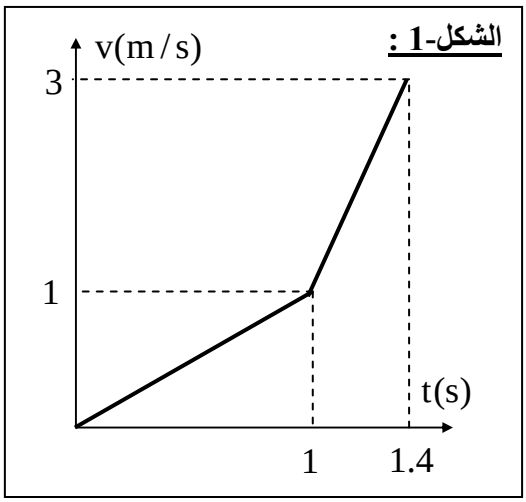
التمرين (13) : (التمرين : 014 في بنك التمارين على الموقع) (**)



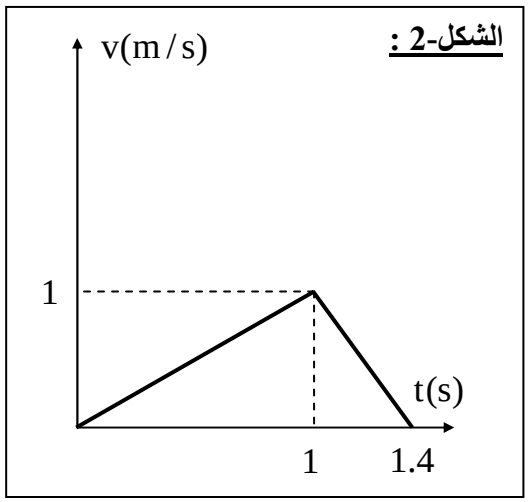
يتصل جسمان (S_1) و (S_2) كتلتاهما m_1 ، m_2 بواسطة خيط عديم الامتطاط و مهمل الكتلة يمر على محز بكرة مهملة الكتلة و قابلة للدوران حول محورها الأفقي الثابت بدون احتكاك (الشكل) ، عند اللحظة $t = 0$ تحرر الجملة فينتقل الجسم (S_1) على المستوي الأفقي انطلاقا من الموضع A و عند بلوغه الموضع B ينقطع الخيط ، فيواصل الجسم A حركته حتى يتوقف عند الموضع C .

يمثل الشكلين (1) ، (2) مخططي السرعة $v(t)$ لكل من الجسمين (S_1) ، (S_2) من دون ترتيب .

الشكل-1 :



الشكل-2 :



1- أي المخططين (1) ، (2) يوافق حركة (S_1) و أيهما يمثل حركة (S_2) . 2- اعتمادا على المخططين أوجد :

أ- لحظة انقطاع الخيط .

ب- المسافة AB التي قطعها الجسم (S_1) قبل انقطاع الخيط و المسافة BC التي قطعها بعد انقطاع الخيط .

د- طبيعة حركة الجسم (S_2) بعد انقطاع الخيط .

الأجوبة :

1 - المخطط الموافق لكل جسم :
الجسم (S_1) بعد انقطاع الخيط تتناقص سرعته نتيجة وجود قوة الاحتكاك ، وهذا **يتوافق** مع المخطط (2) ، في حين أن الجسم (S_2) يواصل حركته المستقيمة المتسارعة تحت تأثير قوة ثقله **و هذا يتوافق مع المخطط (2)**

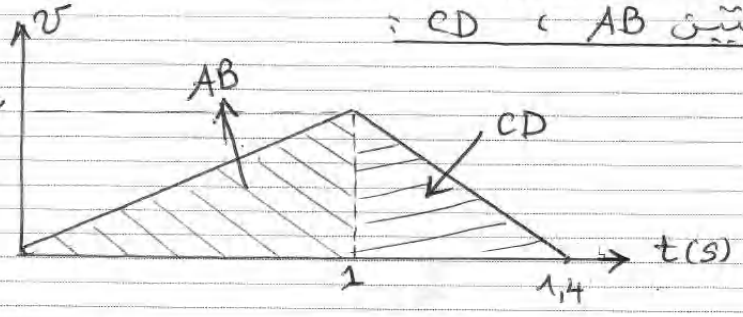
إذن :

المخطط (1) ← (S_2)
المخطط (2) ← (S_1)

2- لحظة انقطاع الخيط:

عند انقطاع الخيط تتغير حركة الجسمين (S_1) ، (S_2) ومن المخططين ، نستنتج أن لحظة انقطاع الخيط هي $t=5s$

ب- المسافتين AB ، CD :



- $AB = \frac{1 \cdot 1}{2} = 0,5m$
- $CD = \frac{1(1,4-1)}{2} = 0,2m$.

د- طبيعة حركة (S_2) بعد انقطاع الخيط:

من منحنى المخطط (1) ، في الطور الثاني ، المنحنى $v(t)$ عبارة عن مستقيم معادلته من الشكل $v=at+b$ وكون أن السرعة متزايدة فالحركة مستقيمة متسارعة بانتظام .

** الأستاذ : فرقاني فارس **
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخروب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr

نرجو إبلاغنا عن طريق البريد الإلكتروني بأي خلل في الدروس أو التمارين و حلولها .
وشكرا مسبقا

لتحميل نسخة من هذا الملف و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ :

www.sites.google.com/site/faresfergani