المجال : ميكانيك

الوحدة الأولى : القوى و الحركات المستقيمة

1

1- مدخل تاريخي حول الحركات و القوى :

1-1- ظهور التصوّر الميكانيكي :

إن طريقة " الاستدلال المبنية على الحدس" كانت غير صائبة ، ما جعلها تؤدي إلى تصورات خاطئة عن مفهوم الحركة ؛ ومع ذلك دامت عدة قرون . ولربّما سمعة ومكانة آرسطو آنذاك في كامل أوروبا كانت السبب الرئيسي في التمسك بالفكرة الحدسية في تفسير الظواهر الطبيعية . ففي قراءات "الميكانيك" المسندة لآرستو نجد :" إن الجسم المتحرك يتوقف عندما تتوقف القوة المؤثرة عليه عن دفعه "

إن اكتشاف وتوظيف الاستدلال العلمي من طرف غاليلي في تفسير الحركات ، يعدّ من أكبر المكتسبات في تاريخ الفكر الإنساني ويمثل منطلقا حقيقيا للفيزياء . لقد بيّن لنا هذا الاكتشاف بأنه لا يمكن أن نثق في الاستنتاجات الحدسية المؤسّسة على الملاحظة الآنية لأنها تؤدي أحيانا إلى مسالك مضلّلة .

ولكن كيف يكون الحدس مضلّلا ؟ هل من الخطأ القول بأنّ عربة مجرورة بواسطة أربعة أحصنة تسير بسرعة أكبر من سرعة عربة مجرورة بحصانين فقط ؟

لنتفحّص بدقة الوقائع الأساسية للحركة انطلاقا من تجارب يومية مألوفة للإنسانية منذ بداية الحضارة ومكتسبة خلال الكفاح الصعب من أجل الحياة .

لنعتبر رجلا يدفع على طريق أملس عربة ثمّ يكفّ فجأة عن الدفع ستواصل العربة حركتها على مسافة معيّنة قبل التوقف ، لنتساءل :

-كيف يمكن تمديد هذه المسافة ؟ يمكن الحصول على ذلك بعدة طرق منها تشحيم العجلات مثلا ، أو جعل الطريق أملسا أكثر .

كلّما دارت العجلات بسهولة وكلّما كان الطريق أملسا أكثر ، كلّما واصلت العربة حركتها .

- ماذا أنتجنا بالتشحيم وبالتمليس؟ بكلّ بساطة : لقد نقصت التأثيرات الخارجية. لقد قلّص من تأثير ما يسمّى بالاحتكاكات على مستوى العجلات والطريق ؛ ويُعدّ هذا تفسيرا نظريا لفعل واقعي لكنه في الحقيقة ما هو إلاّ تفسير اعتباطي . تخيّل الآن طريقا أملسا بصفة مثالية وعجلات بدون أي احتكاك ، ففي هذه الحالة لا يوجد أيّ عائق لحركة العربة التي لن تتوقف . لقد تحصّلنا على هذه النتيجة فقط بتخيّل تجربة في ظروف مثالية والتي في الواقع يستحيل تجسيدها لأنه من غير الممكن إزالة كل التأثيرات الخارجية .

إن التجربة المثالية تبرز بوضوح نقائص الفكرة الأساسية التي كانت معتمدة في ميكانيك الحركة.

عند مقارنة الطريقتين للإحاطة بالمشكل ، يمكن القول إن التصوّر الحدسي يّعلمنا بأن كلما كان الفعل (التأثير) كبيرا ، كلما ازدادت السرعة . هكذا السرعة هي التي تُعلم بأن قوى خارجية تؤثّر أو لا على جسم .

إن المؤشّر الجديد الذي أتى به غاليلي هو: إذا لم يكن جسم مدفوعا أو مجرورا أو خاضعا لأي تأثير، وباختصار، إذا لم تؤثّر أي قوة خارجية على جسم، سيتحرك بصفة منتظمة، أي بالسرعة نفسها على طول خط مستقيم . يتضح إذن بأن السرعة لا تبيّن إن كان هناك قوى خارجية أم لا تؤثر على الجسم . إنّ هذه النتيجة الصحيحة التي توصّل إليها غاليلي، صيغت بعد فترة ، من طرف العالم نيوتن على شكل " مبدأ العطالة "

* بتصرف عن كتاب " تطوّر الأفكار في الفيزياء" – ألبير أينشتين و ليوبولد إنفلد

1-2- مبدأ العطالة (القانون الأول لنيوتن) :

في معلم سطح الأرض يحافظ كل جسم على سكونه أو حركته المستقيمة المنتظمة إذا لم تتدخل قوة لتغيير حالته الحركية و عليه :

- كل جسم ساكن أو يتحرك بحركة مستقيمة منتظمة لا يخضع لقوى - كل جسم يتحرك بحركة مستقيمة غير منتظمة يخضع حتما لقوة

2- دراسة حركة :

2-1- نسبية الحركة : نقول عن جسم أنه متحرك إذا تغير موضعه خلال الزمن بالنسبة لجسم أخر نختاره كمرجع . (ت 1 ص 198)

2-2- النقطة المتحركة : لدراسة حركة جسم ما نختار نقطة منه نسميها النقطة المتحركة . (ت 3 ص 198)

2-3- مميزات الحركة :

2-3-1- المسار : هو مجموعة الأوضاع المتتالية التي يشغلها المتحرك خلال حركته . تسمح معرفة المسار بتصنيف الحركات إذا كان :

** مستقيما نقول أن الحركة مستقيمة . ** دائريا نقول أن الحركة دائرية . ** منحنيا نقول أن الحركة منحنية .

2-3-2- السرعة : و هي نوعان

أ- السرعة المتوسطة : $v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{d}{t_2 - t_1}$ وحدتها (m/s) بحيث d : المسافة المقطوعة (m) ، Δt : الزمن المستغرق (s)

ب- السرعة اللحظية : و هي سرعة المتحرك في كل لحظة ، تسمح بتحديد طبيعة حركته فإذا كانت :

** ثابتة نقول أن الحركة منتظمة . ** متزايدة نقول أن الحركة متسارعة . ** متناقصة نقول أن الحركة متباطئة .

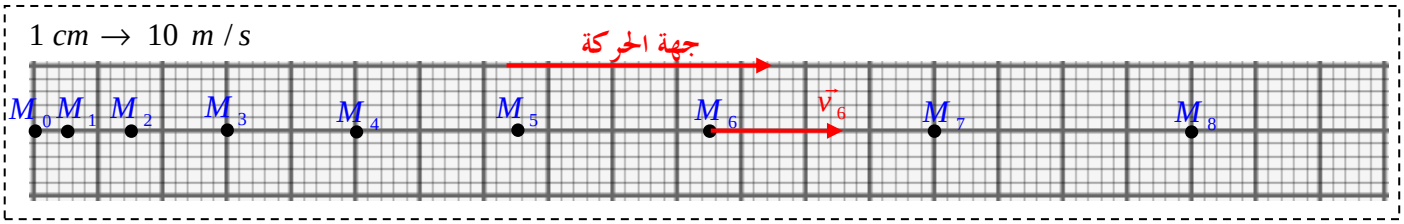
ج- شعاع السرعة اللحظية : يميزه مايلي .

- بدايته : موضع المتحرك في اللحظة المعتبرة . - حامله الخط المماسي للمسار في هذا الموضع .
- جهته : جهة الحركة في اللحظة المعتبرة . - طويلته : هي قيمة السرعة اللحظية في تلك اللحظة .

د- كيفية تمثيل شعاع السرعة اللحظية $\vec{v}$:

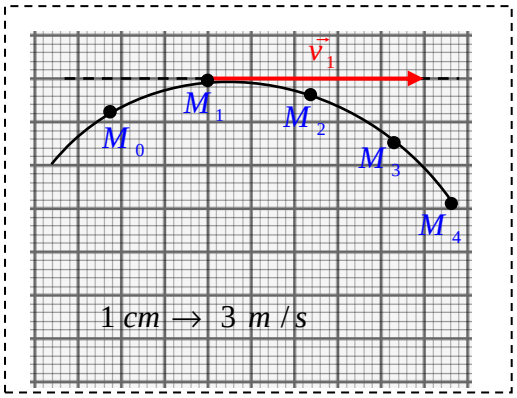
**** في الحركة المستقيمة :**

يمثل شعاع السرعة بسهم منطبق على المسار مبدأه النقطة المدروسة و جهته جهة الحركة و طوله يكون باختيار سلم لتمثيل السرعات :



مثلا شعاع السرعة عند M_6 كما هو موضح باختيار السلم

$1\ cm \rightarrow 10\ m/s$ و منه $\vec{v}$ يساوي $v_6 = 20\ m/s$.



**** في الحركة المنحنية :** نتبع مايلي :

نرسم بخط متقطع المماس للمسار عند النقطة المعتبرة .

نمثل السرعة اللحظية بسهم منطبق على خط المماس مبدأه النقطة المدروسة و جهته جهة الحركة و طوله حسب السلم المختار .

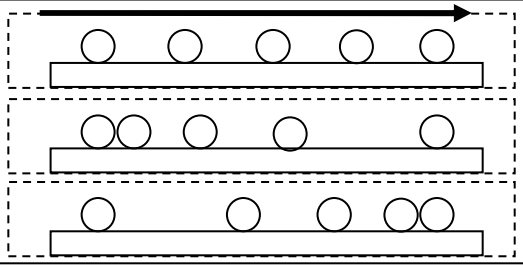
في هذا المثال $3\ m/s \rightarrow 1\ cm$ و طوله $5\ cm$

في الرسم و منه $v = 15\ m/s$.

2-4- كيفية دراسة الحركة :

2-4-1- تسجيل الحركة : تعتمد على طريقتين

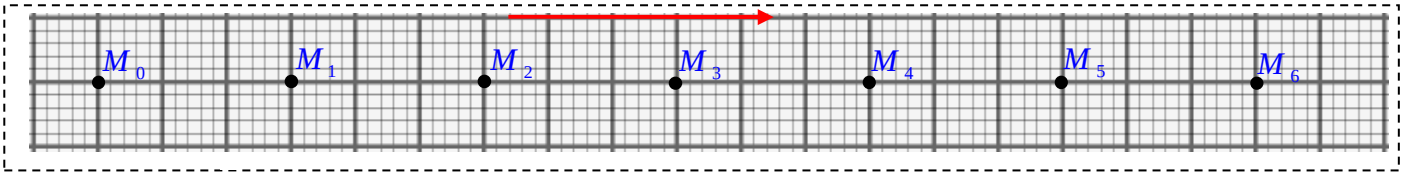
- التصوير المتعاقب .
- شريط الفيديو .



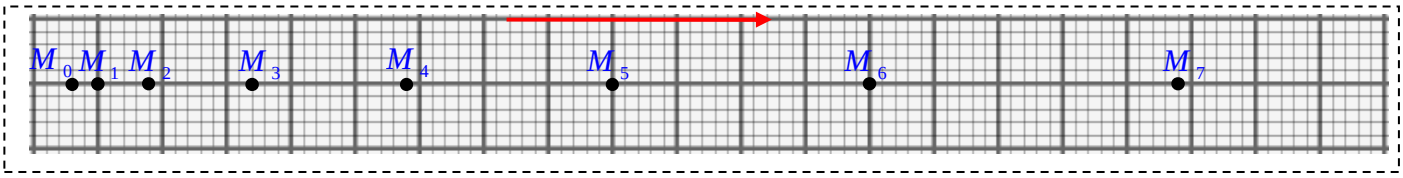
2-4-2- تحليل التسجيلات (الحركات المستقيمة) :

أ- تحليل أولي : بما أن الصور أخذت في مجالات زمنية متساوية و اعتمادا على تعريف السرعة المتوسطة $v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ فإن ثبوت السرعة أو تغيرها لمتحرك يعتمد على المسافة d و منه يمكن تصنيف أولي للحركة إلى حركة منتظمة متسارعة أو متباطئة .

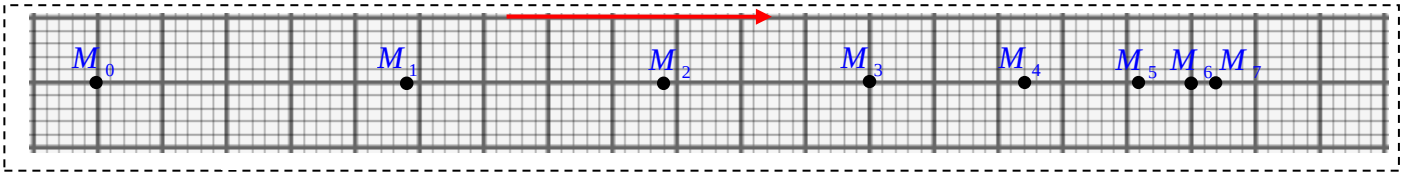
بحيث : $\tau = 0,02\ s$ و $1\ cm \rightarrow 10\ cm$.



- حركة مستقيمة منتظمة -

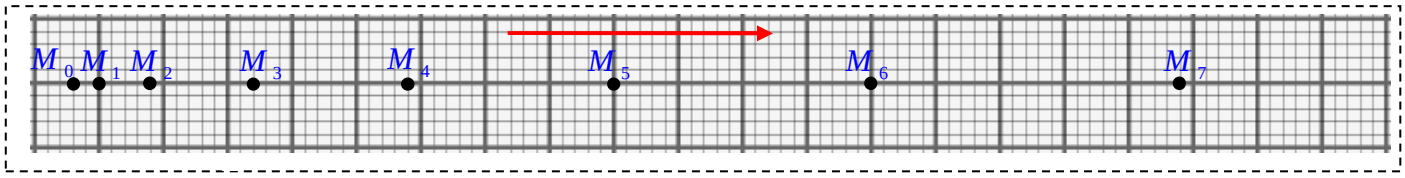


- حركة مستقيمة متسارعة -



- حركة مستقيمة متباطئة -

ب- حساب السرعة اللحظية : من الرسم المعطى نأخذ المثال التالي (حساب السرعة اللحظية عند M_2) $1\ cm \rightarrow 10\ cm$



نأخذ الموضعين المجاورين لـ M_2 و هما M_3 و M_1 . نقيس المسافة M_1M_3 . و منه $M_1M_3 = 24\ cm$.

باعتبار السلم $1\ cm \rightarrow 10\ cm$ نجد : $M_1M_3 = 24\ cm = 0,24\ m$.

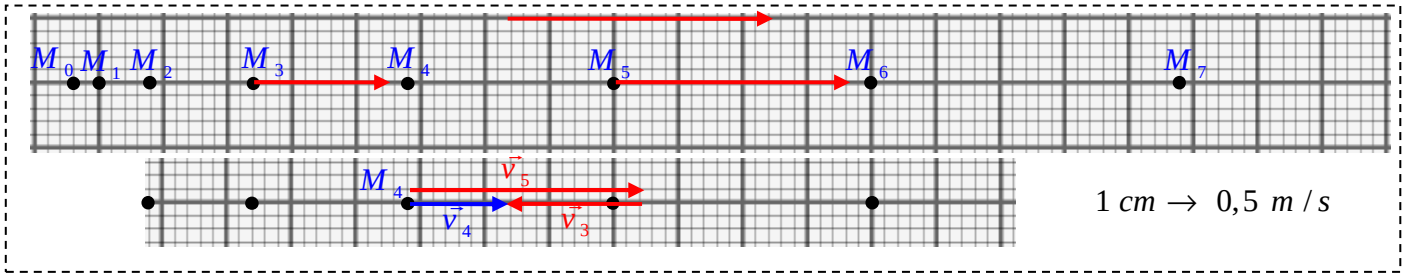
المجال الزمني بين M_1 و M_3 هو $\Delta t = 2\tau = 0,04\ s$.

و منه : $v_m = v_{13} = \frac{M_1M_3}{2\tau}$ ت ع : $v_{13} = \frac{0,24}{0,04}$ و منه $\boxed{v_{13} = 6\ m/s}$

نعتبر أن السرعة المتوسطة لـ v_{13} تساوي v_2 و نكتب : $\boxed{v_2 = v_{13} = 6\ m/s}$

ج- كيفية تحديد و تمثيل شعاع تغير السرعة في موضع معين :

- كيفية تحديد الشعاع $\overrightarrow{\Delta v}$: مثلا نحدد $\overrightarrow{\Delta v}$ في الموضع M_4 كما هو موضح في الشكل :



- نمثل شعاع السرعة اللحظية $\vec{v}_3$ و $\vec{v}_5$ في الموضعين M_5 ، M_3 المجاورين للموضع M_4 .

- نعتبر أن شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ في الموضع M_4 يساوي الفرق بين الشعاعين $\vec{v}_5$ و $\vec{v}_3$ و نكتب $\overrightarrow{\Delta v} = \vec{v}_5 - \vec{v}_3$.

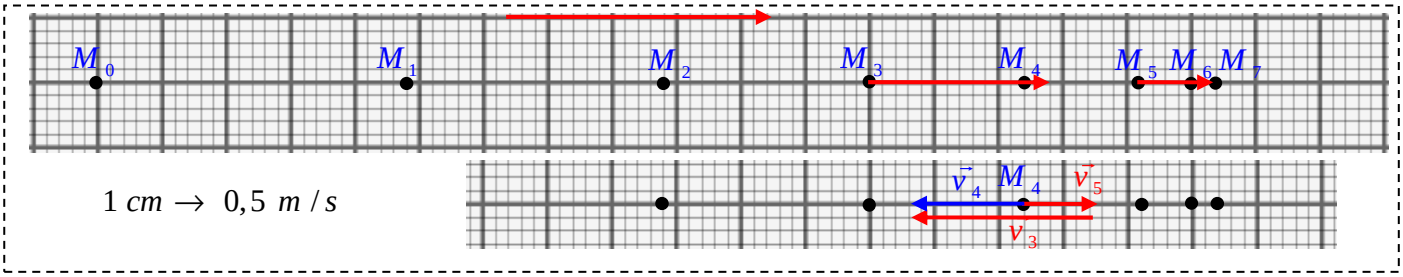
- كيفية تمثيل الشعاع $\overrightarrow{\Delta v}$:

أ- في حالة تزايد السرعة : نأخذ المثال السابق (الشكل السابق) بحيث $\vec{v}_5 \succ \vec{v}_3$ فنجد خصائص $\overrightarrow{\Delta v_4}$.

** بدايته : الموضع M_4 . ** حامله : منطبق على المسار .

** جهته : جهة الحركة . ** طويلته : هي الفرق بين طويلتي $\vec{v}_5$ و $\vec{v}_3$.

ب- في حالة تناقص السرعة : نأخذ المثال الثاني بحيث $\vec{v}_5 \prec \vec{v}_3$.



فنجد الخصائص $\overrightarrow{\Delta v_4}$:

** بدايته : الموضع M_4 . ** حامله : منطبق على المسار ** جهته : عكس جهة الحركة .

** طويلته : هي الفرق بين طويلتي $\vec{v}_3$ و $\vec{v}_5$.

ملاحظة هامة : في الحركة المستقيمة أو في الحالتين السابقتين نلاحظ أن :

** لكل الأشعة $\vec{v}$ و نفس الحامل المنطبق على المسار .

** لأشعة تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ أيضا حاملا منطبق على المسار .

** جهة أشعة تغير $\overrightarrow{\Delta v}$ تكون :

- في جهة الحركة إذا كانت السرعة متزايدة (حركة متسارعة)

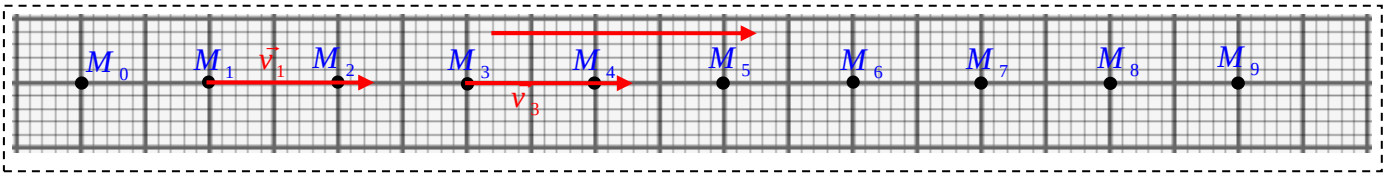
- عكس جهة الحركة إذا كانت السرعة متناقصة (حركة متباطئة)

** في حالة ثبات السرعة خلال الحركة المستقيمة يكون شعاع السرعة معدوما .

3- القوة و الحركات المستقيمة : العلاقة بين القوة $\vec{F}$ و شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$

3-1- في حالة حركة مستقيمة منتظمة :

أ- التجربة : نقذف متحرك على طاولة هوائية أفقية تترك إحدى نقاطه الأثار المبينة في التسجيل التالي و التي تمثل مساره خلال مجالات زمنية متعاقبة و متساوية $\tau = 0,04\ s$. $1\ cm \rightarrow 0,25\ m$



نلاحظ أن مختلف النقاط تقع على استقامة واحدة و متساوية الأبعاد فيما بينها ، فالحركة مستقيمة منتظمة .

** $v_1 = \dfrac{M_0M_2}{2\tau}$ ت ع : $v_1 = \dfrac{1}{0,08}$ و منه $\boxed{v_1 = 12,5\ m/s}$

** $v_3 = \dfrac{M_2M_4}{2\tau}$ ت ع : $v_3 = \dfrac{1}{0,08}$ و منه $\boxed{v_3 = 12,5\ m/s}$

- نلاحظ أن شعاع السرعة ثابت و شعاع تغير السرعة معدوم ، بحيث $1\ cm \rightarrow 5\ m/s$

- يحافظ كل جسم على سكونه أو حركته المستقيمة المنتظمة إذا لم تتدخل أي قوة تغير من حركته .

ب– النتيجة : الحركة المستقيمة المنتظمة هي حركة تتميز بمسار مستقيم يقطع فيها المتحرك مسافات متساوية خلال أزمنة متساوية تظل قيمة السرعة ثابتة خلالها .

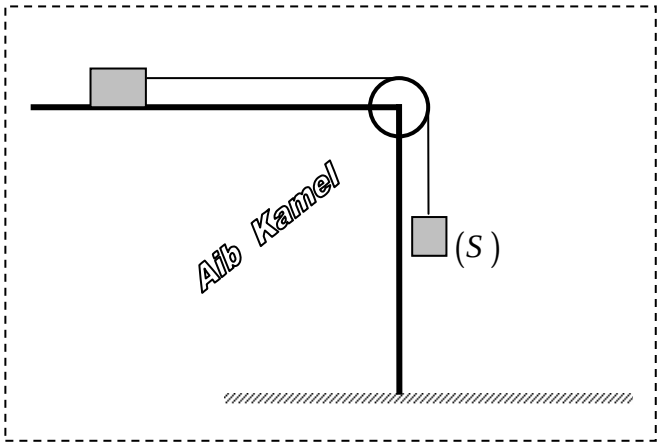
3-2– في حالة حركة مستقيمة متسارعة :

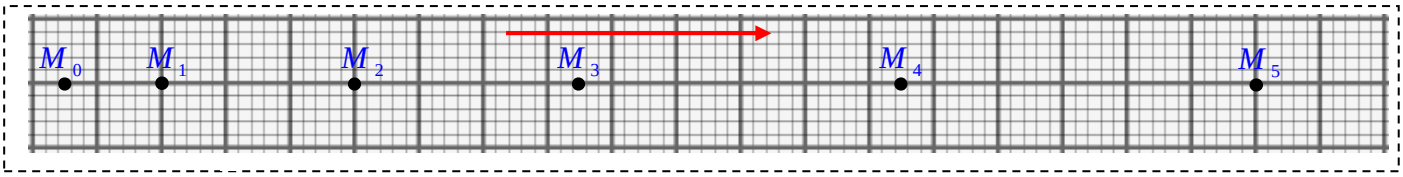
أ– تجربة : نحقق التركيب المبين في الشكل بحيث تتحرك الجملة لذاتها دون سرعة ابتدائية .

أثناء حركة الجسم (S) تترك إحدى نقاطه الأثار المبينة في التسجيل

المرفق : $1\ cm \rightarrow 1\ m$

سندرس التغير في السرعة للجسم (S) أثناء هذه الحركة في المجالات الزمنية $\tau = 0,04\ s$





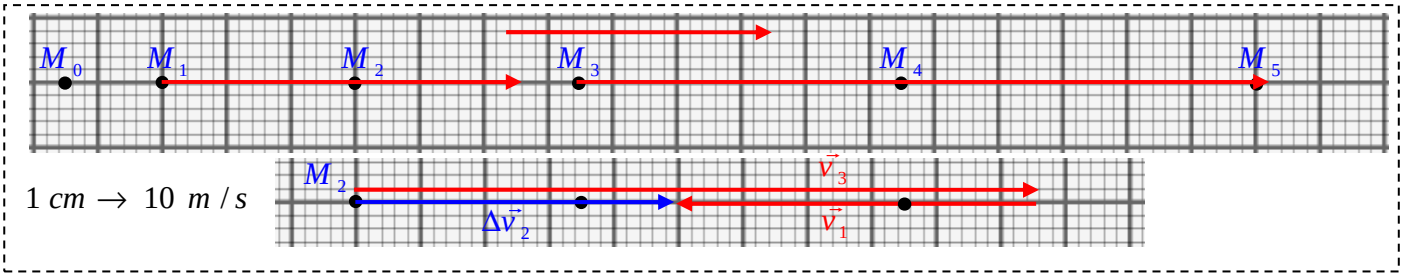
– حساب v في كل موقع :

** $v_1 = \dfrac{M_0M_2}{2\tau}$: ت ع $v_1 = \dfrac{4,5}{0,08}$ و منه $\boxed{v_1 = 56,25\ m/s}$

** $v_2 = \dfrac{M_1M_3}{2\tau}$: ت ع $v_2 = \dfrac{6,5}{0,08}$ و منه $\boxed{v_2 = 81,25\ m/s}$

** $v_3 = \dfrac{M_2M_4}{2\tau}$: ت ع $v_3 = \dfrac{8,5}{0,08}$ و منه $\boxed{v_3 = 106,25\ m/s}$

** $v_4 = \dfrac{M_3M_5}{2\tau}$: ت ع $v_4 = \dfrac{10,5}{0,08}$ و منه $\boxed{v_4 = 131,25\ m/s}$



– حساب التغير في السرعة $\Delta\vec{v}$:

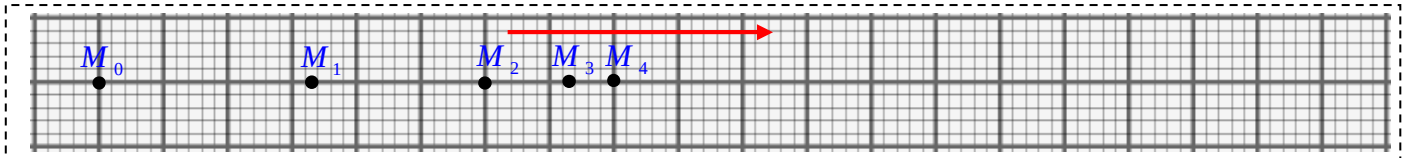
$\overrightarrow{\Delta v_2} = \vec{v}_3 - \vec{v}_1$ أي $\Delta v_2 = v_3 - v_1$ ت ع : $\Delta v_2 = 106,25 - 56,25$ ومنه $\boxed{\Delta v_2 = 50\ m/s}$

$\overrightarrow{\Delta v_3} = \vec{v}_4 - \vec{v}_2$ أي $\Delta v_3 = v_4 - v_2$ ت ع : $\Delta v_3 = 106,25 - 56,25$ ومنه $\boxed{\Delta v_3 = 50\ m/s}$

ب– نتيجة : للحصول على سرعة متزايدة للجسم يجب التأثير عليه بقوة تبقى منطبقة أو مماسية لمسار حركته و لها نفس جهة الحركة .

3-3– حالة حركة مستقيمة متباطئة :

أ– تجربة : نقذف جسما محمولا ذاتيا على طاولة هوائية ، تترك إحدى نقاطه الأثار المبينة في التسجيل المرفق خلال مجالات زمنية $\tau = 0,02\ s$ ، $1\ cm \rightarrow 1\ m$

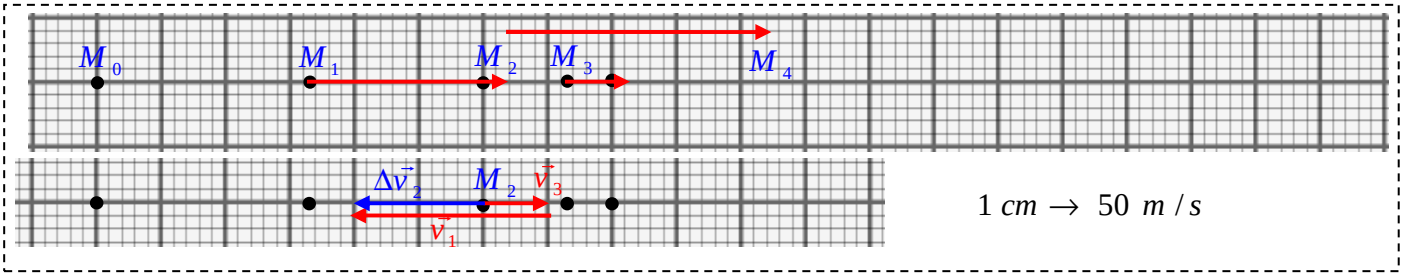


– حساب v في كل موقع :

** $v_1=\dfrac{M_0M_2}{2\tau}$: ت ع $v_1=\dfrac{6}{0,04}$ و منه $\boxed{v_1=150\ m/s}$

** $v_2=\dfrac{M_1M_3}{2\tau}$: ت ع $v_2=\dfrac{4}{0,04}$ و منه $\boxed{v_2=100\ m/s}$

** $v_3=\dfrac{M_2M_4}{2\tau}$: ت ع $v_3=\dfrac{2}{0,04}$ و منه $\boxed{v_3=50\ m/s}$

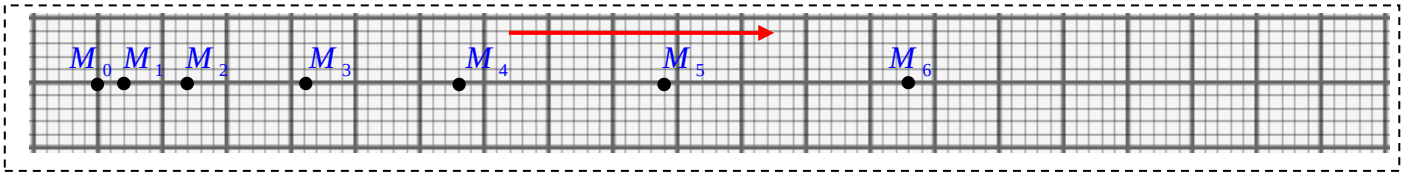


– حساب التغير $\Delta\vec{v}$: $\overrightarrow{\Delta v_2}=\vec{v}_3-\vec{v}_1$ أي $\Delta v_2=v_3-v_1$ ت ع : $\Delta v_2=50-150$ ومنه $\boxed{\Delta v_2=-100\ m/s}$

ب– نتيجة : للحصول على سرعة متناقصة للجسم يجب التأثير عليه بقوة تبقى منطبقة أو مماسية لمسار حركته جهتها عكس جهة الحركة

3–4– الحركة المستقيمة الثابتة :

أ– الدراسة الشعاعية : يمثل الشكل تسجيل لحركة مستقيمة لنقطة متحركة خلال مجالات زمنية $\tau=0,08\ s$ ، $1\ cm\rightarrow 0,1\ m$



– حساب v في كل موقع :

** $v_1=\dfrac{M_0M_2}{2\tau}$: ت ع $v_1=\dfrac{1,4\times0,1}{2\times0,08}$ و منه $\boxed{v_1=0,88\ m/s}$

** $v_2=\dfrac{M_1M_3}{2\tau}$: ت ع $v_2=\dfrac{2,8\times0,1}{2\times0,08}$ و منه $\boxed{v_2=1,75\ m/s}$

** $v_3=\dfrac{M_2M_4}{2\tau}$: ت ع $v_3=\dfrac{4,2\times0,1}{2\times0,08}$ و منه $\boxed{v_3=2,63\ m/s}$

** $v_4=\dfrac{M_3M_5}{2\tau}$: ت ع $v_4=\dfrac{5,6\times0,1}{2\times0,08}$ و منه $\boxed{v_4=3,50\ m/s}$

** $v_5=\dfrac{M_4M_6}{2\tau}$: ت ع $v_5=\dfrac{7\times0,1}{2\times0,08}$ و منه $\boxed{v_5=4,4\ m/s}$

– نلاحظ أن السرعة متزايدة : بحيث

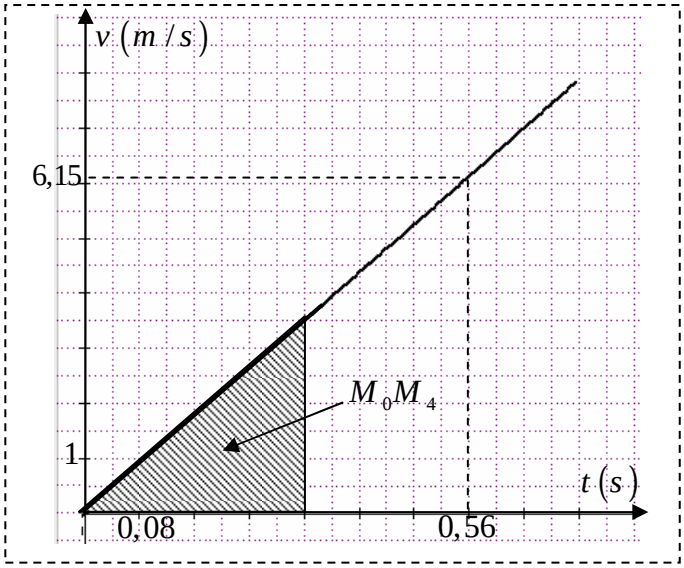
** $\Delta v_1=1,75\ m/s$ ** $\Delta v_2=1,75\ m/s$

** $\Delta v_3=1,75\ m/s$ ** $\Delta v_4=1,75\ m/s$

– نلاحظ أن قيم تغير شعاع السرعة تبقى ثابتة .

ب– الدراسة البيانية : بالإعتماد على القيم السابقة نتحصل على بيان $v=f(t)$ عبارة عن خط مستقيم يمر من المبدأ معادلته من الشكل $v=a\cdot t$.

** نحسب بيانيا سرعة المتحرك عند الموضع M_7 أي في اللحظة $t=0,56\ s$ فنجد $\boxed{v_7=6,15\ m/s}$.



– بيانيا نحسب المسافة بين M_0 و M_4 : $d = M_0M_4 = \dfrac{0,32\times 3,5}{2}$ و منه $\boxed{d = 0,56\ m}$.

– بيانيا $M_0M_4 = S$ هي مساحة المثلث المظلل .

** يعتبر هذا المنحنى مميز للحركة المستقيمة المتسارعة بانتظام .

** نتيجة عامة :

نلاحظ من التجارب أن خصائص تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ متطابقة مع خصائص القوة $\vec{F}$:

** $\overrightarrow{\Delta v}$ و $\vec{F}$: لهما نفس الحامل .

** لما تكون F متزايدة تكون Δv متزايدة .

** لما تكون F ثابتة تكون Δv ثابتة .

** لما تكون F متناقصة تكون Δv متناقصة .

** التمرين 4 ص 200 :

1– تحديد أطوار الحركة : نميز طورين للحركة

** s $[0\ ,\ 1,2]$: حركة مستقيمة متسارعة .

** s $[1,2\ ,\ 2,4]$: حركة مستقيمة منتظمة .

2–3– استنتاج قيمة السرعة و قيمة تغير السرعة

4– طبيعة الحركة و القوى المطبقة :

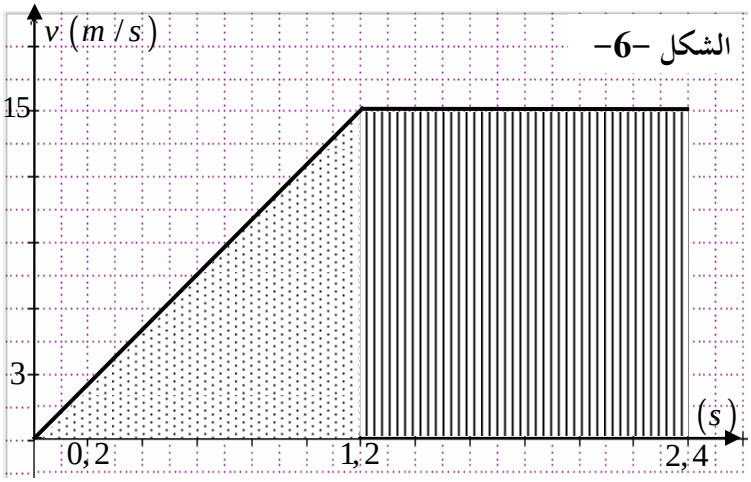
** الطور الأول : حركة مستقيمة متسارعة .

– قوة ثابتة في جهة الحركة .

** الطور الثاني : حركة مستقيمة منتظمة .

– لا توجد قوة مطبقة .

الشكل –6–



$t\ (s)$	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
$v\ (m/s)$	0	05	10	15	15	15	15
$\lvert\Delta v\rvert\ (m/s)$	0	0	0	5	5	5	

5– المسافة المقطوعة :

** الطور الأول : $d_1 = \dfrac{1,2\times 15}{2}$ فيكون $\boxed{d_1 = 9\ m}$

** الطور الثاني : $d_2 = 1,2\times 15$ فيكون $\boxed{d_2 = 18\ m}$

– المسافة الكلية المقطوعة : $d = d_1 + d_2$

و منه $\boxed{d = 27\ m}$

** الشكل –7– :

1– نميز طورين للحركة :

** s $[0\ ,\ 1,2]$: حركة مستقيمة منتظمة .

** s $[1,2\ ,\ 2,4]$: حركة مستقيمة متباطئة .

2–3 حساب السرعة و تغير السرعة :

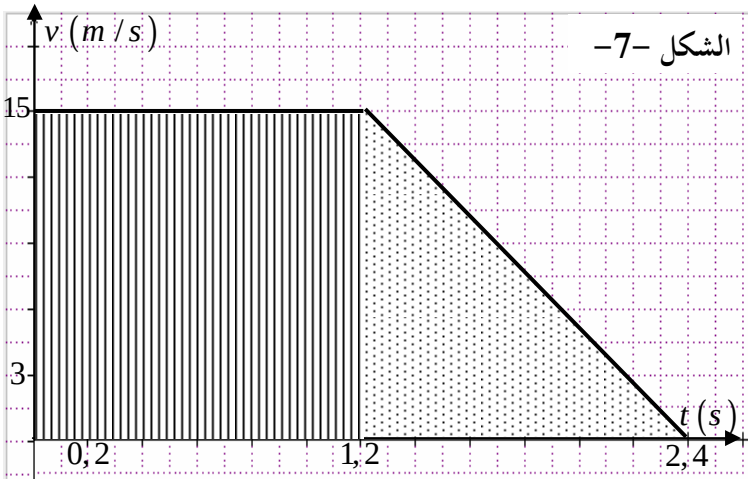
4– القوى المطبقة :

** الطور الأول : لا توجد قوة مطبقة .

** الطور الثاني : قوة ثابتة جهتها عكس جهة الحركة .

بنفس الطريقة : $\boxed{d = 27\ m}$

الشكل –7–



$t\ (s)$	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
$v\ (m/s)$	15	15	15	15	10	05	0
$\lvert\Delta v\rvert\ (m/s)$	0	0	0	5	5	5	

4- التقـــــــــــويم

**** التمرين 1 ص 198 :**

	نقطة ملائمة	نقطة غير ملائمة
معرفة حركة الدراجة بالنسبة للطريق .	C	$A-B-C$
معرفة كيفية دوران العجلة .	$A-B$	$C-D$
معرفة سرعة دوران الدواسة .	D	$A-B-C$

**** التمرين 3 ص 198 :**

– إختيار نقطة من السيارة تسمح بمعرفة المسار و لكنها غير ملائمة لمعرفة حجم الخسائر و الأضرار على هيكل كل السيارة .

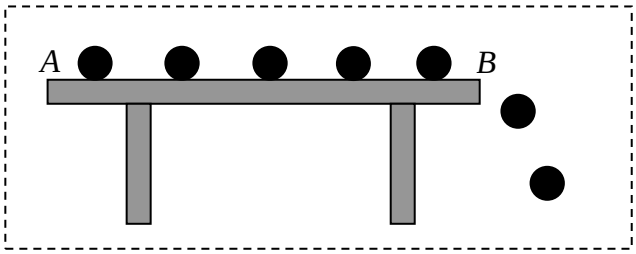
**** التمرين 6 ص 198 :**

	ص	خ
إذا كان في حالة حركة فإنه يستمر في حركته بسرعة ثابتة .	×	
إذا كان في حالة حركة فإن سرعته تتناقص .		×
إذا كان في حالة سكون فإنه يمكن أن يتحرك من تلقاء نفسه .		×
إذا كان في حالة سكون فإنه يبقى ساكنا .	×	

**** التمرين 7 ص 198 :**

$v = 6\ km/h = 6\times10^{3} m/h$ أي $v = \dfrac{6\times10^{3}}{3600}$ فنجد : $\boxed{v = 1,66\ m/s}$

**** التمرين 10 ص 199 :**



1– طبيعة الحركة : الحركة مستقيمة منتظمة .

2– القوى المطبقة من A إلى A هي :

– قوة الثقل (قوة جذب الأرض)

– قوة رد فعل الطاولة .

3– بتطبيق مبدأ العطالة نقول أن محصلة هذه القوى معدومة .

4– القوة المطبقة على النقطة B هي قوة الثقل (جذب الأرض) .

5– تصبح الحركة حركة مستقيمة متسارعة لأنها تخضع لقوة واحدة .