

## ٥ - دفع وكبح متحرك

رأينا كيف أن كل جسم يحافظ على سكونه أو حركته المستقيمة المنتظمة إذا لم تتدخل قوة لتغيير حالته الحركية (القانون الأول لنيوتن).  
وكيف أن للقوة  $\bar{F}$  بعض مميزات التغير في شعاع السرعة  $\Delta\bar{v}$  (المقاربة الأولى للقانون الثاني لنيوتن). غير أن هذا لا يكفي لتفسير بعض الوضعيات مثل تسريع وكبح سيارة. لذا نحتاج إلى القانون الثالث لنيوتن.

### ٤ - ١ انطلاق سيارة

٤ - ١ - ١ الحالة الأولى: التلامس غير الزلج (السيارة على طريق معبد).

#### النشاط ١:

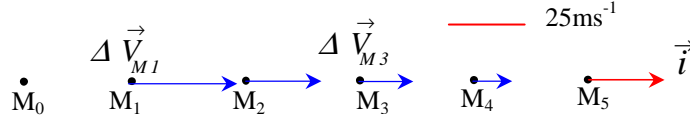


تنطلق سيارة متحركة ذاتيا على طريق أفقية بحركة متسارعة (سرعته متزايدة).  
يمثل الجدول المرفق المواضع المتتالية التي تشغلها نقطة M من الضوء الخلفي للسيارة وسرعتها.

١٠٠	٩٠	٨٠٠	٧٠٠	٦٠٠	٥٠٠	٤٠٠	٣٠	٢٠	١٠٠	(m) x
٠	٠						٠	٠		
١٥١	١٥	١٤٧	١٤٥	١٤٠	١٣٤	١٢٧	١١	١٠	٨٠	(m.s <sup>-1</sup> )V
							٦	٢		

— نلاحظ أن سرعة النقطة M من السيارة متزايدة ( للنقطة M سرعة السيارة).

يمكن تمثيل التغير في شعاع السرعة للنقطة M:



– نلاحظ أن التغير في شعاع السرعة له جهة الحركة.

– كيف تفسر هذه الحركة المتسارعة للسيارة ؟

يمكن تفسير الحركة المتسارعة للسيارة بوجود قوة أفقية موجهة نحو الأمام لها مميزات التغير في شعاع السرعة .(القانون الثاني لنيوتن : للقوة  $\vec{F}$  بعض مميزات  $(\Delta\vec{v})$  .

– ما هي الجمل المؤثرة على السيارة خلال مرحلة الإقلاع ؟

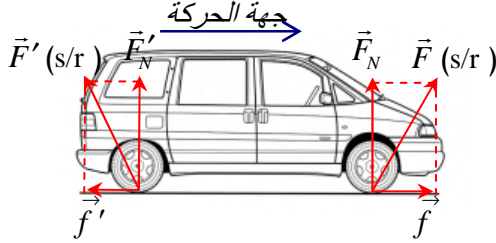
باعتبار الجملة المدروسة هي السيارة ، يمكن حصر الأفعال المتبادلة بينها وبين الجمل الأخرى في ثلاث أفعال متبادلة :

السيارة - الطريق	السيارة - الهواء	السيارة - الأرض	الأفعال المتبادلة
رد فعل الطريق	مقاومة الهواء	الثقل	القوى المطبقة على السيارة

## النشاط ٢

أثناء الإقلاع، في أي اتجاه وفي أية جهة يؤثر الطريق على السيارة عندما يدوس السائق على دواسة التسارع؟

- يجر المحرك العجلات الأمامية للسيارة ( ينتمي المحرك للجملعة المدروسة ) ، وكل عجلة أمامية تؤثر بدورها على أرضية الطريق بقوة  $\vec{F} (r/s)$  ، موجهة عكس جهة الحركة ( نحو الخلف ) . ( الأرضية ( sole ) : s . العجلة ( roué ) : r ) .  
– وحسب مبدأ الأفعال المتبادلة ، تؤثر الطريق على كل عجلة أمامية بقوة  $\vec{F} (s/r)$  لها مركبة أفقية  $\vec{f}$  موجهة في جهة الحركة ( إلى الأمام ) .



تترجم هذه القوة التصاق العجلات بأرضية الطريق .

- تؤثر الطريق على كل عجلة خلفية بقوة  $\vec{F}' (s/r)$  لها مركبة أفقية  $\vec{f}'$  موجهة نحو الخلف، وهذه القوة هي التي تسبب دوران العجلة الخلفية و تسند السيارة .

نتيجة :

بفضل فرك العجلات المطاطية على الأرضية المعبدة والجافة، تؤثر السيارة أفقياً على الطريق نحو الخلف .  
تنتقل حركة المحرك إلى السيارة، بفضل احتكاك العجلات الجارة بأرضية الطريق .

من الدراسة السابقة، ومن المقاربة الأولى للقانون الثاني لنيوتن (للقوة  $\vec{F}$  بعض مميزات  $\Delta \vec{v}$ )، نلاحظ أنه لا يمكننا تفسير حركة السيارة والإجابة على السؤال المطروح. لذا نحتاج إلى قانون آخر هو القانون الثالث لنيوتن .

القانون الثالث لنيوتن (مبدأ الأفعال المتبادلة):

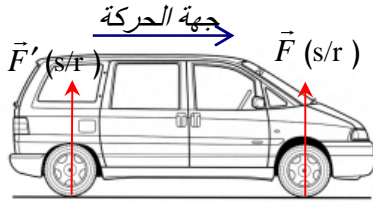
إذا أثرت الجملة (A) على الجملة (B)، فإن الجملة (B) تؤثر أيضا وبصفة آنية على الجملة (A). القوتان الموافقتان متعاكستان مباشرة وتحققان بالتالي

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

هذا المبدأ محقق دوما مهما كانت حالة الحركة أو حالة السكون للجمل.

أي أنه يمكن تفسير الحركة المتسارعة للسيارة بالتأثير المتبادل بين سطح التلامس والسيارة. فالقوة المسؤولة على الحركة هي القوة التي تؤثر بها الأرضية على السيارة.

٤ - ١ - ٢ الحالة الثانية: التلامس الزلج (السيارة على طريق مغطاة بطبقة من الجليد).



في هذه الحالة ، تؤثر الطريق على كل عجلة أمامية بقوة  $\vec{F} (s/r)$  عمودية على الطريق مركبتها الأفقية  $\vec{f}$  معدومة تقريبا. وبالتالي ! يمكن أن تتقدم السيارة ، حيث يلاحظ أن العجـد التقدم نحو الأمام.

## ٤ - ٢ دراسة أمثلة أخرى

### ٤ - ٢ - ١ اجتياز منعطف

سيارة تسير بسرعة ثابتة ، على طريق أفقي مستقيم ، ثم تصادف منعطفا دائريا على شكل نصف دائرة مركزها O ونصف قطرها R . كيف تفسر حركة السيارة على المسار الدائري ؟  
الحالة الأولى: الطريق معبد.

الحالة الثانية: الطريق مغطى بطبقة من الجليد.

— أثناء انتقال السيارة على الجزء المستقيم من الطريق ، تكون حركتها مستقيمة منتظمة: شعاع السرعة ثابت، والمجموع الشعاعي للقوى المطبقة على السيارة معدوم (مبدأ العطالة).

$$\vec{V} = \text{ثابت} \Leftrightarrow \Sigma \vec{F} = \vec{0}$$

— أثناء اجتياز المنعطف، يتغير منحى شعاع السرعة، حيث يبقى مماسا للمسار الدائري:

تغير شعاع السرعة ، والمجموع الشعاعي للقوى المطبقة على السيارة غير معدوم.

$$\Delta \vec{V} \neq \vec{0} \Leftrightarrow \Sigma \vec{F} \neq \vec{0}$$

– إذا كان الطريق مغطى بطبقة من الجليد، فإن السيارة لا يمكنها اجتياز المنعطف، حيث ستتحرف عن الطريق: انعدام قوة الاحتكاك.

التفسير: تتوقف حركة السيارة على القوى الأربعة التالية:

الثقل  $\vec{P}$  ، ردي فعل الطريق على العجلات  $\vec{F}(s/r)$  و  $\vec{F}'(s/r)$  ، مقاومة الهواء  $\vec{R}$ .

$$\Sigma \vec{F} = \vec{P} + \vec{F}(s/r) + \vec{F}'(s/r) + \vec{R}$$

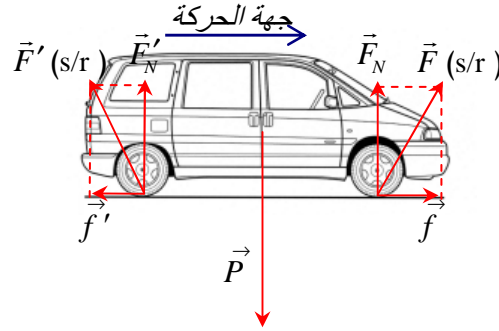
$$\Sigma \vec{F} = \vec{P} + \vec{F}(s/r) + \vec{F}'(s/r) \quad \text{بإهمال مقاومة الهواء:}$$

إذا كان الطريق مغطى بطبقة من الجليد ، فإن ردي فعل الطريق على العجلات

$\vec{F}(s/r)$  و  $\vec{F}'(s/r)$  يكونا عموديين على الطريق. (انعدام المركبتين

الأفقيتين  $f$  و  $f'$  التي تمثل قوة الاحتكاك).

$$\Sigma \vec{F} = \vec{P} + \vec{F}(s/r) + \vec{F}'(s/r) = \vec{0}$$



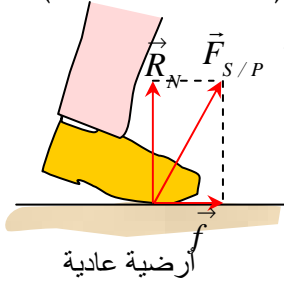
٤ – ٢ – ٢ انطلاق عداء في سباق

عداء في حالة تأهب وهو يضغط على جهاز الـ (starting- block)، للانطلاق في سباق السرعة.

يمكن حصر الأفعال المتبادلة بين العداء وبين الجمل الأخرى في أربعة أفعال متبادلة :

الأفعال المتبادلة	عداء- أرض	عداء- هواء	عداء- أرضية	عداء- جهاز
القوى المطبقة على العداء	التنقل $\vec{P}$	مقاومة الهواء $\vec{R}$	رد فعل الأرضية على اليدين $\vec{F}_1, \vec{F}_1'$	رد فعل الجهاز على الرجلين $\vec{F}_2, \vec{F}_2'$

• أثناء العدو، تؤثر رجل العداء على الأرضية بقوة  $\vec{F}_{P/S}$ : (Sol: S ، Pied: P).



وفي نفس الوقت، وحسب مبدأ الأفعال المتبادلة، تؤثر الأرضية

على رجل العداء بقوة  $\vec{F}_{S/P}$  كما هو مبين في الشكل.

• تمثل القوة  $\vec{F}_{S/P}$  رد فعل الأرضية ( الطريق )

على رجل العداء ، ويمكن تحليلها إلى مركبتين:

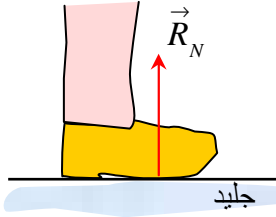
أ - المركبة الناعمة على الطريق :  $\vec{R}_N$

ب - المركبة المماسية :  $\vec{f}$  والتي تمثل قوة الاحتكاك.

يكون انتقال العداء في جهة قوة الاحتكاك.

في غياب قوة الاحتكاك ( أرضية مغطاة بطبقة من الجليد)،

لا يمكن التقدم أو الانتقال.



## علماء المسلمين اكتشفوا

### قوانين الحركة قبل نيوتن وجاليليو

علم الحركة يقوم على ثلاثة قوانين رئيسية تنسب حالياً الى إسحق نيوتن المتوفي سنة ١٧٢٧ م عندما نشرها في كتابه الشهير (الأصول الرياضية للفلسفة الطبيعية) . كانت هذه هي الحقيقة المعروفة في العالم كله وفي جميع المراجع العلمية حتى مطلع القرن العشرين، إلي أن تصدى للبحث جماعة من علماء الطبيعة المعاصرين، وفي مقدمتهم الدكتور (١) مصطفى نظيف أستاذ الفيزياء. والدكتور (٢) جلال شوقي أستاذ الهندسة الميكانيكية والدكتور (٣) على عبد الله الدفاع أستاذ الرياضيات. فتوفروا على دراسة ما جاء في المخطوطات الإسلام؛ في هذا المجال. فاكتشفوا أن الفضل الحقيقي في هذه القوانين يرجع إلى، علماء المسلمين بحيث اعتبروا أن فضل نيوتن في هذه القوانين هو تجميع المعلومات القديمة وصياغتها وتحديدها لها في قالب الرياضيات، وهذا سرد مبسط لكل واحد من هذه القوانين وما كتبه علماء المسلمين في المخطوطات العربية قبل نيوتن بسبعة قرون .

القانون الأول للحركة :

وينص على أن الجسم يبقى في حالة سكون أو في حالة حركة منتظمة في خط مستقيم ما لم تجبره قوى خارجية على تغيير هذه الحالة، جاء هذا المعنى في أقوال اخوان الصفا وابن سينا وفخر الدين الرازي ونصير الدين الطوسي ،ففي الرسالة الرابعة والعشرين (٨) يقول اخوان الصفا، "الأجسام الكليات كل واحد له موضع مخصوص ويكون واقفاً فيهما لا يخرج إلا بقسر قاسر" ويقول ابن سينا المتوفي سنة ١٠٣٧ في كتابه الإشارات والتنبهات .

"إنك لتعلم أن الجسم إذا خلى وطباعه ولم يعرض له من الخارج تأثير غريب لم يكن له بد من موضع معين وشكل معين فإن من طباعه مبدأ استيجاب ذلك ."



ثم يقول ابن سينا :

"إذا كان شيء ما يحرك جسماً ولا ممانعة في ذلك الجسم كان قبوله الأكبر للتحريك مثل قبوله الأصغر، ولا يكون أحدهما أعصى والآخر أطوع حيث لا معاوذة أصلاً".

ثم يأتي بعد ابن سينا علماء مسلمون على مر العصور يشرحون قانونه ويجرون عليه التجارب العملية، وفي ذلك يقول فخر الدين الرازي المتوفي سنة ٢٠٩ م في شرحه "إنكم تقولون: طبيعة كل عنصر

تقتضي الحركة بشرط الخروج عن الحيز الطبيعي والسكون بشرط الحصول على الحيز الطبيعي".

ويقول أيضاً في كتابه "المباحث الشرفية في علم الإلهيات والطبيعات" وقد بينا أن تجدد مراتب السرعة والبطء بحسب تجدد مراتب المعاوقات الخارجية والداخلية.

كل هذه اشارات واضحة إلى خاصية مدافعة الجسم عن استمراره في البقاء على حاله من السكون أو الحركة، وهذا يؤكد أن ابن سينا أول من اكتشف، هذا القانون قبل جاليليو ونيوتن بعدة قرون.

القانون الثاني للحركة :

ويتعلق بدراسة الأجسام المتحركة، وهو ينص على أن تسارع جسم ما أثناء حركته، يتناسب مع القوة التي تؤثر عليه، وفي تطبيق هذا القانون على تساقط الأجسام تحت تأثير جاذبية الأرض تكون النتيجة أنه إذا سقط جسمان من نفس الارتفاع فإنهما يصلان إلى سطح الأرض في نفس اللحظة بصرف النظر عن وزنهما ولو كان أحدهما كتلة حديد والآخر ريشة، ولكن الذي يحدث من اختلاف السرعة مرده إلى اختلاف مقاومة الهواء لهما في حين أن قوة تسارعهما واحدة.

وقد تصدى لهذه القضية العديد من علماء الميكانيكا والطبيعات المسلمين فيقول الإمام فخر الدين

الرازي في كتابه "المباحث المشرقية: (11)"

"فإن الجسمين لو اختلفا في قبول الحركة لم يكن ذلك الاختلاف بسبب المتحرك، بل بسبب اختلاف حال القوة المحركة، فإن القوة في الجسم الأكبر، أكثر مما في الأصغر الذي هو جزؤه لأن ما في الأصغر فهو

موجود في الأكبر مع زيادة"، ثم يفسر اختلاف مقاومة الوسط الخارجي كالهواء للأجسام الساقطة فيقول:

"وأما القوة القسرية فإنها يختلف تحريكها للجسم العظيم والصغير لا لاختلاف المحرك بل لاختلاف حال

المتحرك فإن المعاوق في الكبير أكثر منه في الصغير، وهكذا نجد أن المسلمين قد اقتربوا إلى حد بعيد

جداً إلى معرفة القانون الثاني".

القانون الثالث للحركة :

وينص على أن لكل فعل رد فعل مساوي له في المقدار ومضاد له في الاتجاه، هذا المعنى بنصه في

كتاب (المعبر في الحكمة) (١٢) لأبي البركات هبة الله البغدادي المتوفي سنة ١٦٥ م إذ يقول "إن

الحلقة المتجاذبة بين المصارعين لكل واحد من المتجاذبين في جذبها قوة مقاومة لقوة الآخر. وليس إذا غلب أحدهما فجذبها نحوه تكون قد خلت من قوة جذب الآخر، بل تلك القوة موجودة مقهورة، ولولاها لما احتاج الآخر الى كل ذلك الجذب"، ويقول الإمام فخر الدين الرازي في كتابه "المباحث المشرقية" (١٣): "الحلقة التي يجذبها جاذبان متساويان حتى وقفت في الوسط لا شك أن كل واحد منهما فعل فيها فعلاً معوقاً بفعل الآخر".

وبهذا نستطيع أن نقول إن المسلمين قد توصلوا إلي أصول القانونين الأول والثالث للحركة واقتربوا كثيراً من القانون الثاني. وجدير بنا أن ننسب القانون الأول لابن سينا والثالث للبغدادى لا نيوتن. أهمية هذه القوانين وفضلها على الحضارة المعاصرة :

هذه القوانين الثلاثة للاستقرار والحركة ورد الفعل هي القوانين الأساسية التي تركز عليها كل علوم الآلات المتحركة.. ابتداء من السيارة والقطار والطائرة إلي صواريخ الفضاء والعبارة للقارات.. وهي نفسها التي هبط بها الإنسان على سطح القمر.. وسيره في الفضاء الخارجي. وهي أيضاً أساس جميع العلوم الفيزيائية التي تقوم على الحركة، فالكهرباء هي حركة الالكترونات. والبصريات هي حركة الضوء والصوت هو حركة الموجات الضوئية الخ.. وجدير بنا أن نفخر بفضل علمائنا الأولين كلما ذكر اسم نيوتن وغيره.

(1)الدكتور مصطفى نظيف: كتاب ( الحسن بن الهيثم) .

(2)الدكتور جلال شوقي: "تراث العرب في الميكانيكا".

(3) الدكتور على عبد الله الدفاع: أعلام الفيزياء في الإسلام .

(4) رسائل إخوان الصفا وخلان الوفا: تحقيق الزركلى. المكتبة التجارية القاهرة .

(5)ابن سينا الإشارات والتنبيهات) شرح نصر الدين الطوسي- دار المعارف فصل ٦ ص ٤٦٨ .

(6) شرح" الإشارات" للامام فخر الدين الرازي المطبعة الخيرية-القاهرة .

(7) "المباحث المشرقية في علم الالهبات والطبيعات " للامام فخر الدين الرازي اص ٧٠٦ .

(8)المعتبر في الحكمة (حـ ٢ فصل ٢٤ ص ١٩٤).

(١١) تاريخ العلوم عندالعرب عمرفروخ دارالعلم للملايين بيروت

(١٢)العرب في حضارتهم وثقافتهم عمرفروخ دارالعلم للملايين بيروت

(١٣) العلوم العملية في العصورالاسلامية عممرضا كحالة