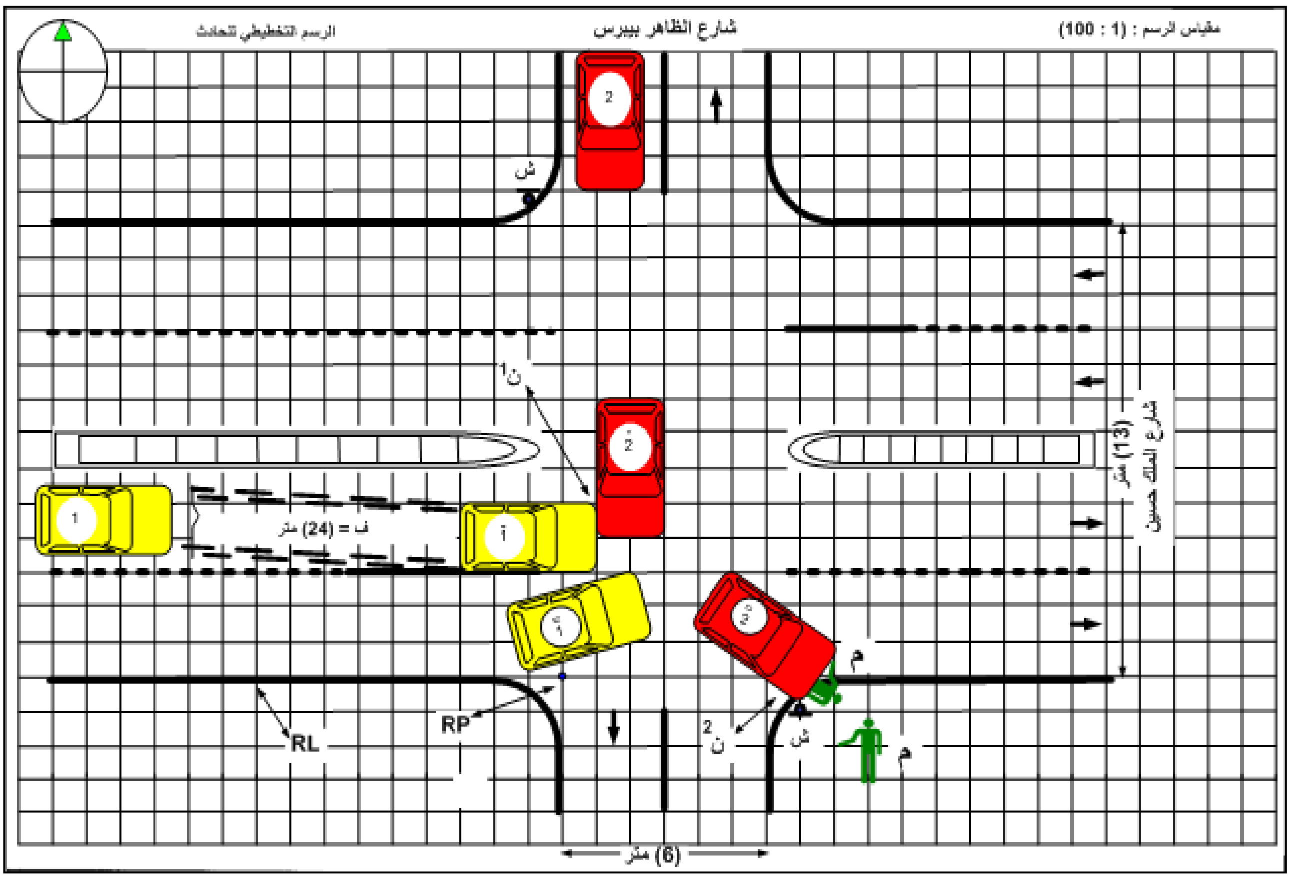
المملكـة الأردنيـة الهاشـمية

مـديريـة الأمـن العـام

مديرية التدريب

المعهد المروري الأردني

إعادة بناء الحادث المروري



بسم الله الرحمن الرحيم

مـديريـة الأمـن العـام

مديرية التدريب

المعهد المروري الأردنـي

منهاج دورة إعادة بناء الحادث المروري

٢٠٢٣م

الإشراف

العقيد/عبد الله عودة الجبور

أعضاء لجنة تطوير المنهـــاج:

١. المقدم المهندس مأمون الصباح.
٢. المقدم المهندس فيصل فريحات.
٣. الرائد المهندس موفق السمردلي
٤. النقيب المهـندس دعـــاء سامي.
٥. النقيب المهندس محمد الرشدان.
٦. النقيـــب مالك الخلايلــــــه.
٧. الملازم٢ حيدر الشوابكـــــــة.

حضرة صاحب الجلالة الهاشمية الملك عبد الله الثاني بن الحسين المعظم

حضرة صاحب الجلالة الهاشمية الملك عبد الله الثاني بن الحسين المعظم

صاحب السمو الملكي الأمير حسين بن عبدالله الثاني ولي العهد المعظم حفظه الله ورعاه

فهرس المحتويات

المقدمة

إن عملية إعادة بناء الحادث المروري عبارة عن الجهد المبذول لاستخدام الطرق والمعلومات المتاحة لتحديد كيفية وقوع الحادث المروري ودراسة جميع الظروف المحيطة بالحادث، وإن عملية التحقيق في الحوادث المرورية تضم خمسة مستويات هي (تقرير الحادث، المعلومات الإضافية التي جمعت من موقع الحادث، المتابعة الفنية، إعادة بناء الحادث الفنية، تحليل الأسباب).

حيث يعتبر المستوى الأول والثاني (تنظيم تقرير الحادث وجمع المعلومات من موقع الحادث) من الأمور الاعتيادية (روتينية) في عملية التحقيق المروري في حين تعتبر المتابعة الفنية وإعادة بناء الحادث عملية تحليلية وأقل روتينية والغاية والهدف منها هو معرفة المراحل التي مرت بها المركبات قبل وأثناء وبعد التصادم لتحديد المتسبب في وقوع الحادث المروري.

الهدف العام:

تأهيل المشاركين في الدورة ليصبحواخبراء في تحليل الحوادث.

الأهداف التدريبية:

1. تحليل الحوادث المرورية لا سيما تلك التي تكون السرعة مسبباً لها وذلك من خلال الاستفادة من تطبيقات علوم الفيزياء مثل قوانين نيوتن والميكانيك والطاقة وقانون حفظ الحركة وغيرها.

مقدمة في إعادة بناء الحادث المروري

أهداف إعادة بناء الحادث المروري (Reconstruction Goals)

أهداف إعادة بناء الحادث المروري (Reconstruction Goals):

١. وصف الأحداث:

لابد من معرفة التفاصيل المتعلقة بوقت ومكان وقوع الحادث ونقطة التصادم الأولى وشكل الضرر الناتج ومخلفات المركبات على الطريق من مواد صلبة وسائلة، ووصف العناصر الأساسية المكونة للحادث المروري لكل من المركبة أو المشتركين بالحادث مع الأخذ بعين الاعتبار الأمور التالية:

أ. نقطة الصدم الأولى على الطريق

ب. اتجاه التصادم على المركبات

ج. سرعة المركبات عند التصادم

د. اتجاه حركة المركبات قبل وبعد التصادم

ه. الزيادة آو النقصان في سرعة المركبات (التسارع آو التباطؤ)

و. الدوران.

٢. تحديد إستراتيجية القيادة والمناورة:

يمكن أن تظهر إستراتيجية القيادة والمناورة في إعادة بناء الحادث المروري في وصف موقع وحركة المركبات قبل وأثناء التصادم حيث يتم ربط موقع وسرعة المركبات مع بعضها البعض أو مع العديد من المعالم المحيطة بموقع الحادث مثل العوائق، السياج، المنعطفات، ووسائل الضبط المروري.

٣. تحديدمخالفة قانون السير:

تكون مخالفة قانون السير مرتبطة بإستراتيجية القيادة للسائق مثل موقع المركبة على الطريق، السرعة أو إعطاء الإشارة للاتجاه الذي ينوي الذهاب إليه أو الانعطاف أو الوقوف، ويبين القانون ماذا يجب على السائق أو المشاة أن يفعل أو لا يفعل عند استخدامهم للطرق ولذلك عندما ينوي شخص ما القيام بإعادة بناء الحادث فإنه يوضح كيف تم استخدام الطريق من قبل السائق أو المشاة وفيما إذا كان ذلك الاستخدام للطريق قد خالف أحد القوانين المتبعة أم لا والذي غالبا مايكون أمرا حاسما في تحديد إستراتيجية القيادة والمناورة.

٤. تحديد من الذي كان يقود المركبة:

إن معرفة الشخص الذي كان يقود المركبة تعتبر مشكلة في إعادة بناء الحادث حيث أنه في بعض الأحيان يكون السؤال (أي شخص من الذين كانوا داخل المركبة كان يقود المركبة عند وقوع الحادث؟) ويمكن الاستدلال على سائق المركبة من خلال الشهود أو تحليل حالة الجرحى ومواقع أجسام الجرحى داخل المركبة أو حتى من خلال أضرار المركبات.

٥. وصف كيفية وقوع الإصابات:

يعتبر وصف كيفية تكون الإصابات للجرحى في الحادث المروري نموذج لإعادة بناء الحادث وتساعدنا في هذا الوصف وسائل السلامة الموجودة في المركبة (حزام الأمان، كيس الهواء (airbag) في لحظة التصادم.

٦. تحديد الأسباب المؤدية إلى وقوع الحادث:

تحاول عمليه إعادة بناء الحادث شرح ووصف لماذا وقع الحادث وهو تحليل لسبب أو أكثر من الأسباب التي ساهمت بوقوع الحادث المروري.

نتائج إعادة بناء الحادث (Results of Reconstruction)

إن الآراء والأفكار التي يتم التوصل إليها هي نتائج البحث والتدقيق بناء على المعطيات والملاحظات المتوفرة والموثوق بها وفي حال عدم وجود شهود عيان للحادث أو وجود تضارب في أقوال الشهود كون الشاهد يعبر عن وجهة نظره وتوقعه فإنه يمكن أن تستند نتائج إعادة بناء الحادث في بعض الأحيان على النتائج المفيدة من العلامات الأرضية (الدهانات) والآثار الموجودة على الطريق أو الأضرار التي لحقت بالمركبات.

إن بعض التقارير عادة تعبر عن الآراء التي تم تشكيل إعادة بناء الحادث منها ونوع التقارير يعتمد على من يريد الرأي ولأي غاية أعد التقرير، وفي بعض الأحيان يكون التقرير بسيط جداً يتضمن إجابة بسيطة نعم أو لا من خلال الهاتف وفقاًإلى أسئلة محددة وفي بعض الأحيان يكون التقرير شهادة في المحكمة وفقاًإلى سلسلة أسئلة يتم طرحها من قبل القضاة أو المدعين العامين وعادة يكون التقرير مكتوب على شكل رسالة مفصلة أو على شكل تقرير هندسي يلخص النتائج ويحمل البيانات التي من خلالها تم استخلاص النتائج موضحاً أية طريقة علمية اشتملت عليها إعادة بناء الحادث المروري وتصف على أقل الطرق المستخدمة في إعادة بناء الحادث، ولجعل النتائج أكثر دقة وموثوقية فإنه يفضل أن تتضمن التقارير خرائط ورسومات وتصوير فوتوغرافي لمكان الحادث والمركبات أو محاكاة للحادث من خلال الكمبيوتر أو الرسوم المتحركة لجلب الانتباه ولتوضيح الحقائق المتوفرة .

محددات عمليات إعادة بناء الحادث (Limitations)

لاتفكر لثانية واحدة إن كل حادث يمكن القيام بإعادة بنائه، لأنه يوجد قيود معروفة في إعادة بناء الحادث ويوجد أربعة أنواع من تلك القيود:

١. كمية ونوعية المعلومات المتوفرة.
٢. قدرة الأشخاص القائمين على إعادة بناء الحادث.
٣. ما مدى الحاجة إلى إعادة بناء الحادث.
٤. الوقت والمال المتوفران.

١. كمية ونوعية المعلومات المتوفرة:

إن كمية ونوعية المعلومات المتوفرة هي عنصر مهم في إعادة بناء الحادث حيث انه بالمعلومات الجيدة الكافية فإن الحقائق تتكلم بنفسها ولا تحتاج إلا لتأثير قليل لإثباتها وعلى العكس من ذلك ربما تكون المعلومات غير دقيقة أو غير موثوقه للوصول إلى حقائق مجردة من أجل بناء النتائج على أساسها مما يستدعي أن يتحول إعادة بناء الحادث إلى التخمين، أما إذا كان هنالك فقدان لبعض المعلومات أو أن المعلومة غير ملائمة فلن يستطيع أحد تجميع أجزاء الحادث لإعطاء صورة جيدة لما حدث بالضبط.

٢. قدرة الأشخاص:

إن قدرة الأشخاص على بناء الحادث هي القيد التالي فهنالك أشخاص يستطيعون أن يشكلوا أراء كاملة معقولة وموثوقه عن كيفية وقوع الحادث أكثر من أشخاص آخرين إذا تم إعطائهم نفس المعلومات عن الحادث لذلك فإنه ليس سهلاً تقييم الاختلاف في القدرات الشخصية حيث يوجد ثلاثة عناصر رئيسية لذلك:

أ. القابلية لتذكر النتائج المتعلقة بالحادث مثل العلامات الأرضية على الطريق وأضرار المركبة في مكان الحادث أو في الصور الفوتوغرافية.

ب. المعرفة العملية على أساس علمي وخصوصاً في بعض العناصر الفيزيائية، الديناميكية، السيكولوجية، البصرية أو الرياضية.

ج. الاختلاف المهم بين الحقيقة والرأي في تفكر المحقق وأيضاً بما يقول الآخرين.

ويواجه الشخص الذي يحاول إعادة بناء الحادث أسئلة ضرورية لا يوجد لها إجابة لذا عليه أن يبحث عن مساعدة شخص ما تكون لديه المعرفة والمهارة إذا لم يجد لديه القدرة، وبناء على ذلك فإن بعض محاولات إعادة بناء الحادث تتطلب فريقاً من الخبراء كل واحد منهم متخصص بالقيام بجزء من العمل فإذا لم تكن مؤهلاً لا تحاول أن تقوم بالعمل فإنه عاجلاً أو أجلاً سيقود إلى نقص في مصداقيتك.

٣. ما مدى الحاجة إلى إعادة بناء الحادث:

تكون عملية إعادة بناء الحادث في بعض الأحيان ضرورية لغايات الدعاوي القضائية وبالتالي فإنه من المهم تحديد من الشخص الذي كان يقود المركبة من الركاب ومن السائق الذي تجاوز خط منتصف الطريق ومن السائق الذي كان يقود متجاوزاً حدود السرعة المقررة وبالتالي فإن الوصف الكامل للحادث ضروري ومهم جداً لتحديد فيما إذا تم وقوع مخالفة قانونية أم لا، وأغلب ما يطلب عند إعادة بناء الحادث من الخبير أو فريق البحث هو البحث عن أدلة لأسباب وقوع الحادث.

٤. الوقت والمال المتوفران:

إن تحديد الكلفة قبل البدء بعملية إعادة بناء الحادث من الأمور المهمة والتي يجب أخذها بعين الاعتبار وهذه الكلفة تكون قليلة الأهمية إذا كان المطلوب هو فحص ضوء مركبة لمعرفة إذا كان يعمل أم لا قبل التصادم ولكن إذا اشتملت المشكلة على فحوصات خاصة للطريق أو تفكيك للمركبة أو رسم شامل وحسابات فإن تقدير الكلفة من الأمور المهمة.

إجراءات عامة (General Procedures)

من المفيد قبل مناقشة أي أساليب معينة في إعادة بناء الحوادث الأخذ بعين الاعتبار ولو للحظة عن أي نوع من الأعمال يجب استخدامه في محاولة توضيح أهمية العناصر الداخلة في أي حادث مروري.

١. التفكير(Thinking):

يحتاج الأشخاص الفنيون اللذين يحاولون إعادة بناء الحادث غالباًإلى المعلومات المتوفرة وإلى الذهاب لمكان الحادث لأخذ القياسات ويبحثون في بعض الأحيان عن المعلومات المنشورة في الكتب أو حتى يبحثون عن أشخاص يخبرونهم ما يريدون معرفته من معلومات ومن الممكن أن تأتي معلومات إعادة بناء الحادث عن طريق فحوصات خاصة ولكن في الحقيقة يجب على فنيي إعادة بناء الحادث أن يحصلوا على معلومات إضافية ليس شرطاً أن تكون قد تم جمعها عن طريق إعادة بناء الحادث أو تكون لها صلة بالحادث.

إن التفكير الدائم أمر ضروري ومفيد لدراسة المعلومات المتوفرة ويبقى دائماً في الذهن فكرتين مختلفتين:

أ. المواضيع التي بحاجة لدراسة وإيجاد حلول.

ب. المبادئ الملائمة للأساس العلمي.

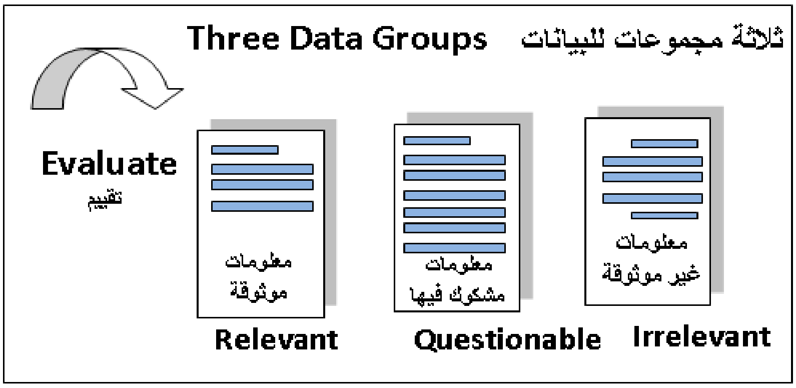
٢.طرق تحليل المشكلة (Approaches to the Problem)

أ. تحديد المشكلة أو المشاكل:

حدد ما هي القضايا التي تنوي أن تحللها وهذا يبين حدود العمل الذي يجب أن تفعله.

ب. مراجعة المعلومات المتوفرة:

ضع جانباً المعلومات التي ترى بأنها غير مترابطة مثل أوصاف الجرحى عندما تكون القضية هي أي مركبة كانت على الجانب الخاطئ من الطريق ثم راجع الخطوات التي تبين المعلومات التي يجب أن تستمر بها وهذا يسهل فرز المعلومات التي قد تكون مفيدة من تلك المعلومات الأخرى غير المفيدة ويمكن أن تقسم المعلومات إلى ثلاثة مجموعات كما في الشكل التالي:



ج. أدرس الحاجة للحصول على معلومات أكثر:

من خلال فحص المعلومات التي بحوزتك فإنه ربما يظهر مواد مفيدة إضافية متوفرة مثل صور فوتوغرافية معينة، إفادات أشخاص أو قياسات أو إنه من الضروري أن تحصل على معلومات إضافية مثل أوزان المركبات أو معلومات إضافية من الشهود أو عن موقع وسائل الضبط المروري وفي بعض الأحيان الحاجة إلى معلومات إضافية تتضمن فحوصات أو تجارب مثل فحوصات الإنزلاق لقياس احتكاك سطح الطريق أو تجارب تثبيت الرؤيا في موقع الحادث فإذا كانت المعلومات ضرورية وإعادة بناء الحادث حاجة ملحة قم بتوجيه كل الجهود للحصول على تلك المعلومات ولكن بطريقة أخرى خطط للحصول على معلومات بينما تقوم بالعمل الأخر.

د. قم بإعداد خريطة رسم ما بعد الحادث:

إن إعداد خريطة رسم ما بعد الحادث (الرسم التخطيطي للحادث) يكون ضرورياً في الحوادث التي ينتج عنها إصابات أو قتلى وفي بعض الأحيان تكون الخريطة غير ضرورية مثالاً عندما تكون القضية هي معرفة هل الأضواء الخلفية للمركبة تعمل أم لا لحظه وقوع الحادث ولكن بعض الأحيان تكون ضرورية عندما تكون القضية الرئيسية موقع المركبات على الطريق أو في حالات التصادمات التي تحدث للمركبات القادمة من الاتجاه المعاكس أو أي قضية أخرى تماثلها.

ه. إعادة العمل (work Back):

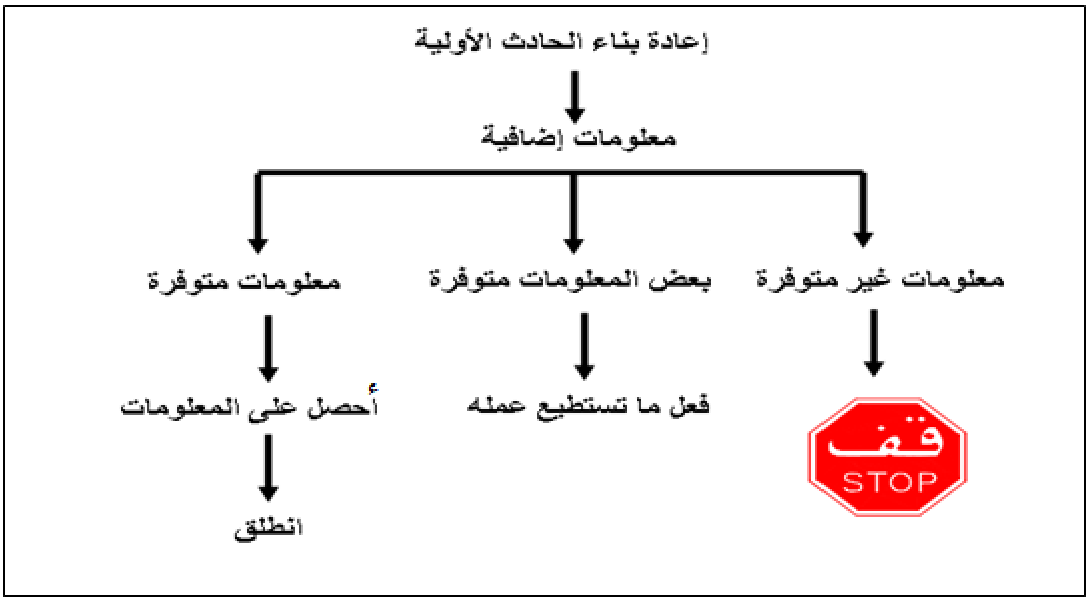
بعد أن ترسخ القضية في الذاكرة وبعد فرز المعلومات المتوفرة حاول أن تعيد العمل الذي قمت به بالاعتماد على نتائج الحادث، وذلك لربط هذه النتائج مع بعضها البعض، مثل الربط بين العلامات الموجودة على الطريق وأضرار المركبات أو المواقع النهائية للمركبات والجثث وجروح الأشخاص ثم قم بسؤال نفسك ماذا حصلت على نتيجة من كل تقرير من هذه التقارير، وهذا يعني عادة ربط أضرار المركبة الأولى بالمركبة الأخرى لتعلم كيف ارتبطت المركبات مع بعضها أثناء التصادم ومن ثم اربط العلامات الموجودة على الطريق بنماذج الإطارات أو الكشط على المركبات لتعلم موقع المركبة على الطريق في نقطه معينه، وإن حساب السرعة من علامات إنزلاق الفرامل أو علامات الانحراف هو نموذج لإعادة العمل لمثل هذه الحالات.

و. فحص النظريات (Testing Theories):

إن فحص النظريات يكون ملائماً لحل القضايا إذا لم تعطي عملية إعادة العمل حلول مرضية للمشاكل، فإذا ظهرت النتائج المشاهدة فإن الافتراضات التي عملت في النظرية تدعم وإذا لم تحدث النتائج المشاهدة فإن الافتراضات ترفض.

ز. التأكد من المعلومات والنتائج:

يمكن التوصل لنفس المعلومة بطريقتين مختلفتين فعلى سبيل المثال إذا تم التوصل لرأي عن موقع الحادث لمركبتين في موقع تصادم وحسب علامات الفرامل على الأرض حاول التوصل لرأي عن موقع المركبتين بالاعتماد على الضرر الحاصل للمركبة بدون الرجوع للعلامات على الطريق فإذا حصلت على نفس المعلومات من خلال هاتين الطريقتين المختلفتين فإنهما تؤكدان نفس المعلومة، وكذلك الحال إذا تم أخذ رأي شخصين منفصلين فإن ذلك يؤدي إلى التأكيد على هذا الرأي، وفي حال أن الحقائق قليلة والمعلومات غير صادقة ربما يكون هناك أكثر من تفسير لما حصل، وبالتالي عليك أن لا تكون راضياً بأول رأي يخطر على بالك ولكن حاول الوصول لتفاسير أخرى حيث سيكون واحد من عدة احتمالات سبباً مقنعاً ومعقولاً أكثر من الآراء الأخرى وبعض هذه الاحتمالات قد يتم فحصها ميدانيا كالافتراضات المتعلقة بعلامة الإنزلاق على الطريق، أولا يجب أن تتذكر كيف حصلت تلك العلامة ثم يجب أن تبين طول علامة الإنزلاق أو قصرها ثم يجب أن تقدر مقاومة السطح للإنزلاق (معامل الاحتكاك) وأخيراً تطبيق الآلية اللازمة لتحديد مقدار السرعة التي تتطلبها المركبة لتنزلق لكي تقف تلك المسافة.



أخطاء إعادة بناء الحادث (Why Reconstruction go Wrong)

لتلافي الأخطاء في جمع المعلومات أو الوصول إلى نتائج صحيحة يفضل أخذ الملاحظات التالية بعين الاعتبار:

١. إن القفز إلى النتائج هو أسلوب يقودك لأخذ انطباعاً خاطئاً عند إعادة بناء الحوادث فالمحقق يبدأ أحيانا بالحلول المقنعة للمشكلة وإن أخذ إفادات المشتركين بالحادث لا يعني بالضرورة تبني آرائهم من قبل المحقق وهذا ما يسمى ب (القبول بالنظريات الجاهزة).

٢. بعد الحصول على المعلومات من قبل المحقق يبدأ بطرح الأسئلة عن ماذا حدث ويبحث عن التفسيرات المنطقية لها.

٣. يكون المحقق قد التقط بعض الحقائق التي سيبنى عليها تحقيقه على سبيل المثال يعتقد المحقق أن الضغط على الفرامل يترك آثار على الشارع وبعض هذه الحقائق قد يكون صحيحاً ولكن الخطر ألا تكون دائماً هذه الحقائق صحيحة.

٤. إن الانحياز لأمر ما قد يقود إلى نتائج خاطئة على سبيل المثال قد ينحاز المحقق للأطفال أو النساء. وفي ذهن المحقق قد يكون أحدهم مسؤولاً عن الحادث.

مقدمة في الفيزياء الأساسية

Laws of Motion:قوانين الحركة

المقدمة:

سيتم خلال هذا الفصل دراسة قوانين الفيزياء الأساسية والتي تحكم حركة وسلوك جميع الأجسام المتحركة بما فيها المركبات وحل العديد من الأمثلة التي تتعلق بسلوك المركبات من خلال دراسة قوانين نيوتن في الحركة ومفهوم الوزن ومفهوم الاحتكاك والحركة الدائرية المنتظمة والطاقة وغيرها من المواضيع.

قوانين الحركة:Laws of Motion

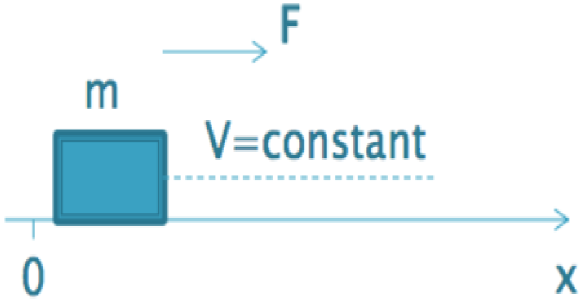
١. قانون نيوتن الأول:Newton`s First Law:

ينص قانون نيوتن الأول على أن الجزء الساكن يبقى ساكناً ما لم تؤثر فيه قوة تحركه، والجسم المتحرك في خط مستقيم وبسرعة ثابتة يبقى كذلك ما لم تؤثر فيه قوة تغير اتجاه سرعته أو مقدارها أو الاثنين معاً حيث يصف هذا القانون فكرة القصور (Inertia)فإذا كنت تركب في سيارة ويجب أن تقف فجأة فإن قصور أجسامنا يميل إلى مقاومة ذلك الوقوف المفاجئ ونشعر بأننا ننزلق للأمام باتجاه أحزمة الأمان، وسنرى كيف يمكن أن تساعدنا فكرة القصور في فهم القوى الدافعة (الزخم) والقوى التي تنتج عندما تغير القوى الدافعة للجسم.

الجسم الثابت

$$\sum \vec{F} = 0, \ \vec{a} = 0$$

الجسم المتحرك بسرعة ثابتة وبخط مستقيم



٢. قانون نيوتن الثاني *Newton*`s Second Law :

ينص قانون نيوتن الثاني على أنه إذا أثرت قوة محصلة في جسم، وأكسبته تسارعاً فإن مقدار هذا التسارع يتناسب طردياً مع القوة المحصلة ويكون باتجاهها.

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m} \rightarrow \sum \vec{F} = m\vec{a}$$

وقبل أن نناقش تطبيق هذا القانون فإننا نحتاج إلى تعريف بعض المصطلحات من أجل البدء بها:

أ. الكتلة: هي مقدار المادة التي يحتويها الجسم.

ب. الوزن: هو قياس جذب الأرض بشدة لكتلة الجسم فإذا أخذنا الجسم (قطعة حديد) إلى القمر فإن وزن كتلة الحديد ينقص أكثر مما عليه على الأرض بسبب أن الجاذبية أقل وعلى أية حال فإن كتلة قطعة الحديد نفسها على القمر كما على الأرض بسبب أن قطعة الحديد ما زالت تحتوي على نفس مقدار المادة وهذا الفرق سيصبح مهماً لنا في المناقشات اللاحقة.

ج. التسارع: معدل التغير في السرعة في فترة زمنية وبكلمة أخرى التسارع هو قياس كيف تتغير سرعة الجسم وهذا التغير يمكن أن يكون إيجابياً أو سلبياً فإذا كان التسارع إيجابياًفإن سرعة الجسم تزداد، وإذا كان التسارع سلبياًفإن سرعة الجسم تتباطأ أما إذا كانت السرعة ثابتة فإن التسارع في هذه الحالة يساوي صفراً.

د. القوة: مؤثر يؤثر على الأجسام فيسبب تغييراً في حالة الجسم أو اتجاهه أو موضعه أو حركته وهي كميّة فيزيائيّة لها مقدار واتجاه، وتقاس بوحدة النيوتن.

ه. السرعة: هيالمسافةالتييقطعهاالجسم خلال وحدةالزمن.

سنتحدث عن الاختلاف عن السرعة المتجه (Velocity) والسرعة غير المتجهة (Speed)، ماذا يعني هذا؟ الكمية المتجهة هي أية كمية توصف بكل من الاتجاه والمقدار، بينما الكمية غير المتجهة توصف ببساطة بواسطة المقدار وفي حالة المركبة يجب تحديد السرعة مع اتجاهها أكثر من تحديد مقدارها فقط مثل تسير المركبة بسرعة (٥٥) كم/ ساعة باتجاه الشمال.

الآن سوف نتحدث عن مصطلحات التناسب الطردي والتناسب العكسي لنفترض أن (y) تتناسب طرداً مع (x) فإن الزيادة في (x) سينتج عنها زيادة في (y).

$$\mathbf{x} \propto \mathbf{y}$$

وحسب نص قانون نيوتن الثاني فإننا إذا قمنا بزيادة القوى المحصلة على الجسم فإن تسارع الجسم سيزداد.

وعلى العكس من ذلك إذا كان هناك شيء يدعى (k) ويتناسب عكسيا مع شيء يدعى (n) فإن الزيادة في(n) سينتج عنها نقصان في (k).

$$\mathbf{n} \propto \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{k}}$$

وبالرجوع إلى قانون نيوتن الثاني فإننا نجد أن تسارع الجسم يتناسب تناسباً عكسياً مع كتلة الجسم لذلك إذا قمنا بزيادة كتلة الجسم مع ثبات مقدار القوة المحصلة فإن التسارع سوف يقل.

a:التسارع بوحدة م/ ث٢

$$a = \frac{F}{m}$$

F: القوه بوحدة النيوتن

M :كتلة للجسم بوحدة (كغم)

ويمكن أن توضع المعادلة في الصيغة التالية

$$F = \mathrm{m}a$$

حيث أننا نرى إذا كانت (F) كبيرة وكذلك ستكون (a) إذا بقيت قيمة (m) ثابتة، وهذا تناسب طردي بين المتغيرين، أما إذا كانت (m) كبيرة فإن (a) تكون صغيرة إذا بقيت (F) ثابتة وهذا تناسب عكسي.

و. مفهوم الوزن:The Concept of Weight:

إن قانون نيوتن الثاني يساعد بفهم أكثر لمفهوم الوزن حيث تم سابقاً تعريف الوزن بأنه قياس شدة جذب الأرض إلى كتلة جسم معين وعلى ضوء ذلك يرى الوزن على أنه قوة حيث أنه يمكن وضع الوزن في معادلتنا لقانون نيوتن الثاني.

W = Ma

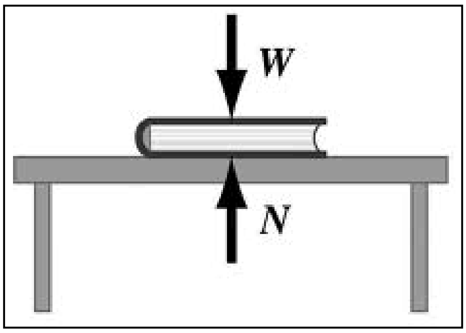
حيث أن:

W = الوزن بالنيوتن.

لا يختلف وزن الجسم لأي كتلة من مكان إلى آخر على سطح الأرض وأيضاً إننا نعلم بأن كتلة الجسم لا تتغير أينما كان سبب وجود نفس كمية المادة ولذلك فإن (a)في المعادلة تعني تسارع محدد، حيث أن التسارع يحدث بسبب قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة على أي كتلة وهذا التسارع الذي دائماًيبين بحرف (g) له قيمه تقريبية (٩,٨١) م/ ث٢ ويمكن إعادة كتابة المعادلة السابقة بوضع (g) بدلاً من (a) لتصبح كما يلي:

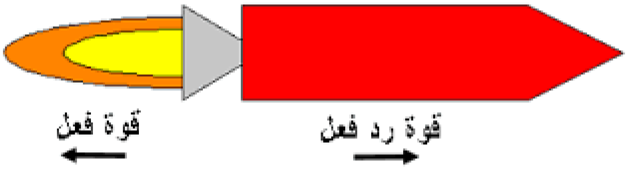
$$W = Mg$$

٣. قانون نيوتن الثالث: Newton`s Third Law:



يبين قانون نيوتن الثالث العلاقة بين قوة الفعل ورد الفعل، حيث ينص على أن لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه.

دعنا نفكر ماذا يعني هذا النص ودعنا نقول بأن جسم يزن خمسة كيلوغرامات على طاولة، حيث أن الوزن يدفع الطاولة للأسفل بقوة خمسة كغم وبالمقابل فإن الطاولة تدفع الوزن للأعلى بقوة خمسة كغم.



وتوجد قوة الفعل ورد الفعل عندما تنزلق المركبة لتقف في مجال التحقيق بالحوادث، حيث أن الإطارات تبذل قوة على الطريق بينما يبذل الطريق قوة على الإطارات مساو بالمقدار ولكن معاكسة بالاتجاه.

٤. مفهوم الاحتكاك The Concept of Friction:

لم تكتمل أي مناقشة بالفيزياء الأساسية بدون ذكر الاحتكاك وتأثيره على الجسم بالرغم من أن الاحتكاك ليس أحد قوانين الحركة ولكن يجب البحث فيه قبل الانتقال إلى أي جزء أخر.

الاحتكاك: هوأحد تلك الأشياء التي قد ترغب بها أو لا ترغب فإذا كنت تقود مركبتك واضطررت للوقوف بسرعة فإنك تحتاج بقدر الإمكان للاحتكاك وبالمقابل إذا أردت الحصول على توفير في الوقود في مركبتك فإنك تزيد من قوة دوران احتكاك الإطارات على سطح الطريق فهذا الاحتكاك مرغوب فيه في حين إنك لا ترغب أن يكون الاحتكاك داخل المحرك كبيرا لأنه يعني زيادة في استهلاك الوقود وبالتالي زيادة في استهلاك النقود.

ما هو الاحتكاك؟

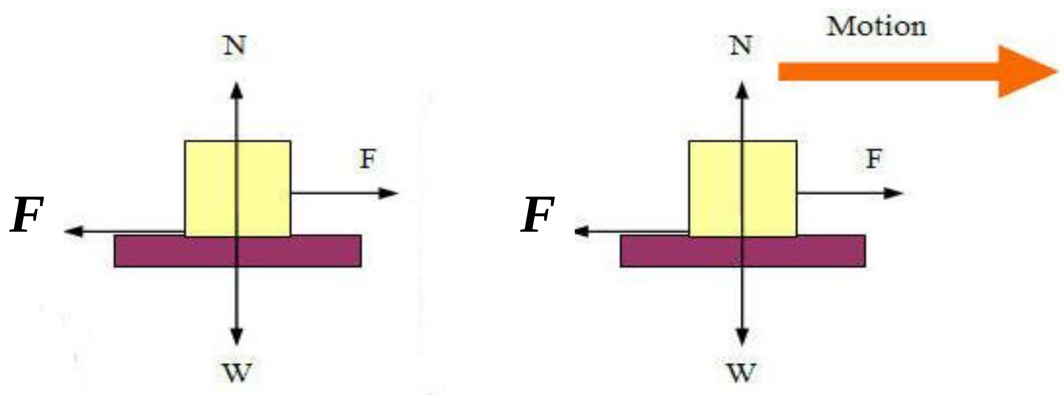
إن أول تعريف للاحتكاك هو قوة المقاومة التي يجب أن يتغلب عليها إذا تحرك جسم بالنسبة لجسم آخر عند تلامسها.

ويمكن أن يحدث الاحتكاك بسبب مقاومة الهواء أو الدورات أو إنزلاق سطح فوق سطح آخر أو الاحتكاك بين سطحين فوق بعضهما.

قوة الاحتكاكForce of friction: القوة التي تقاوم الحركة بسبب تلامس سطح الجسم المراد تحريكه مع أسطح أخرى.

أ. قوة الاحتكاك الساكن (Static friction) : (FS) تمثل أقل قوة لتحريك الجسم الساكن وترتبط بالقوة العمودية على سطح الاحتكاك N بالعلاقة:$(_S= N\ \mu F_S)$ حيث يعرف ثابت التناسب (μ) (ميو) باسم معامل الاحتكاك الساكن (Coefficient of Static)

ب. قوة الاحتكاك الحركي (Kinetic friction) وتعرف قوة الاحتكاك بين سطحين لجسمين متحركين (F_K) وترتبط بالقوة العمودية على سطح الاحتكاك N بالعلاقة $(= N\ \mu_K F_K)$ حيث يعرف (μ_K) بمعامل الاحتكاك الحركي (Coefficient of kinetic)



وهناك مشاهدة أخرى تتعلق بالاحتكاك هي أن قوة الاحتكاك لجسم ينزلق فوق جسم آخر بسرعة ثابتة تكون أقل من القوة اللازمة لتحريك جسم ساكن بمعنى أن الاحتكاك المتحرك أقل من الاحتكاك الساكن.

على ماذا تعتمد قوة الاحتكاك ؟

تعتمد قوة الاحتكاك بشكل أساسي على المواد التي تتكون منها السطوح (فقوة الاحتكاك تكون عالية كلما كان السطح خشناً, وتكون قليلة كلما كان السطح أملسا)

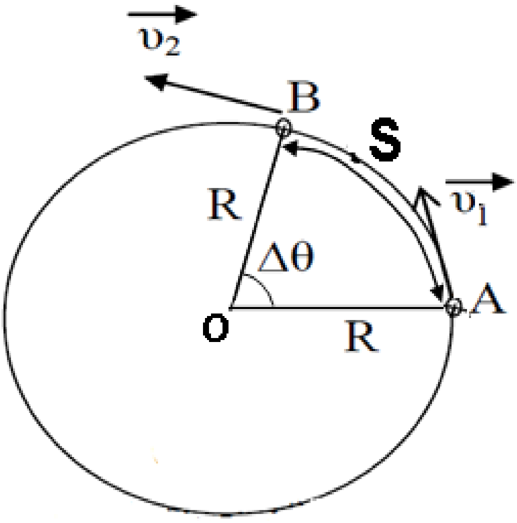
مثال: قوة الاحتكاك بين نعل حذائك والاسمنت تكون أكبر منها بين نعل الحذاء والسطح الجليدي.

هل تعتمد قوة الاحتكاك على مساحة سطح الجسمين المتلامسين أو سرعة حركتهما ؟

لا، فقد أثبتت التجارب أن قوة الاحتكاك بين سطحين لا علاقة لها بكل من مساحة السطح وسرعة الحركة، بل المهم هي القوة العمودية بين الجسمين.

٥. الحركة الدائرية المنتظمة Uniform Circular Motion

أن الحركة الدائرية المنتظمة هي لاشيء أكثر من حركة جسم في مسار دائري (نصف قطر ثابت) بسرعة ثابتة أما في التحقيق بالحوادث فإن الحركة الدائرية المنتظمة فهي مهمة عندما تترك المركبة الطريق في حالة سرعة حرجة (حالة الانحراف).



يمثل الشكل المجاور جسما يتحرك في دائرة نصف قطرها (R) بسرعة منتظمة. عندما ينتقل الجسم من الموضع(A) إلى الموضع (B) تتغير السرعة المماسة من (v_1) إلى (v_2)، حيث أن هذه السرعة هي سرعة متجهة أي لها اتجاه أيضا وليس مقدار فقط.

كما يتضح من الشكل المجاور أنالسرعةتغيرتفيالاتجاهوليستفيالمقدار ،أيأنمقدارالسرعةالمماسةبالرغممنتغييراتجاهالسرعةثابت

$$V = |V_1| = |V_2|$$

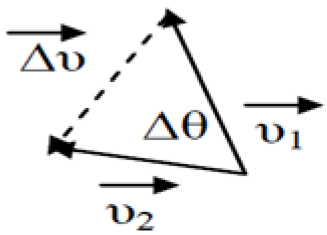
حيث (v) هيمقدارالسرعةالمماسه وبناءاًعلىذلكفإنتسارعالجذبالمركزيالذيتسببفيتغييراتجاهالسرعةسيكون:

$$a_c = \Delta V / \Delta t$$

وبماأنالمسافةالتيقطعهاالجسـمعلىمحيطالدائرةخلالالفترةالزمنية (Δt) هـي (S) وبالتاليعندالتعويضـعن (Δt) فيالمعادلةالسابقة نجدأن:

$$\mathbf{a_c = \frac{V\,\Delta V}{S}}$$

وتلاحظأنكلاًمنالمثلث (OAB) فيالدائرةالموضحةفيالشكل أعلاه ومثلثالسرعات الموضح فيالشكل أدناه (مثلث متجاهـــــات الســـــرعة) يحتويانعلىضلعينمتساويينيحصـــــــران بينهمازاويةمقـــــدارها □□□□□ لذلكفإنهذينالمثلثينمتشابهان،ونستنتجمنتشابهماأن:



مثلث متجاهات السرعة

$$\frac{\Delta V}{R} = \frac{AB}{V}$$

حيث أن:

(AB) هو طولالخطالمستقيمبين (A وB)

وإذاكانتالفترةالزمنيـــة□ t□□صـــغيرةجداًفإنالنقطة (B) ســتكونقريبيهجداًمنالنقطة(A) وســيكونطولالقوس (S)مساوياًتقريباًلطولالخطالمستقيم (AB) والمعادلة السابقة ستؤول عند □0□ t□إلى المعادلة التالية:

$$\frac{\Delta V}{R} = \frac{S}{V}$$

أو إلى المعادلة التالية:

$$\Delta V = \frac{RS}{V}$$

وبالتعويضفيالمعادلة عنقيمة □v□□ نحصلعلى:

$$a_c = \frac{V^2}{R}$$

وهذا هو شكل المعادلة الذي نبحث عنه بسبب أنها تربط تسارع الجسم بنصف قطر المسار والسرعة المربعة للجسم، ويدعى التسارع بالتسارع الجاذب إلىالمركز (Centripetal Acceleration) وتتجه نحو مركز مسار الدائرة الذي يتبعه الجسم ويوجد قوة بهذا التسارع تدعى قوة الجذب إلى المركز وهي القوى التي تمسك الجسم في مساره.

ويوجد أيضاً تسارع وقوة مرتبطة بهذا المفهوم تدعى قوة الطرد المركز (Centrifugal Force)تؤثر على الجسم ويكون لقوة الطرد من المركز نفس المقدار من قوة الجذب إلى المركز ولكن لها اتجاه معاكس.

إن قوة الطرد المركزي هي القوة التي تجعل المركبة تنزلق خارج الطريق وهي رد فعل لقوة الجذب إلى المركز، ربما يسأل بعضنا في هذه النقطة كيف نستطيع أن نقول بأن المركبة تسير في مسار دائري عندما ذهبت خارج الطريق، والجواب إنه إذا تركت المركبة المسار بسرعة حرجة فإننا نعرف بأن فراملها لم تعلم على الأرض بسبب أن الإطارات كانت تدور وتنزلق وإن القوة المؤثرة تحاول تقليل حركة المركبة الأمامية قليلاً وإن سرعة المركبة الثانية تتناقص شيئاً فشيئاً، تذكر بأن المعادلة التي قمنا بتطويرها تتعلق بالسرعة الثابتة بسبب إنه لا يوجد قوى أخرى تؤثر على تغير اتجاه المركبة لذلك فإنها يجب أن تتبع مسار نصف قطر ثابت وهذا هو الأساس العلمي الرياضي لإيجاد سرعة مركبة تسير في قطاع دائري.

الشغل والطاقة ***Energy* and Work**

ويشمل دراسة هذا الموضوع البحث في الأمور التالية:

١. الطاقة الحركية.
٢. أشكال الطاقة الأخرى.

١. الطاقة الحركية (Kinetic Energy):

تكتسب الطاقة الحركية بواسطة أي جسم أثناء الحركة وتقسم إلى قسمين الطاقة الحركية الانتقالية (Translational K.E) وهي جزء من الطاقة الحركية ترتبط بسرعة على طول المسار وانتقاله من مكان إلى أخر والطاقة الحركية الدورانية (Rotational K.E)وهي تلك الطاقة التي يمتلكها الجسم بسبب دورانه حول مركز كتلته.

وتضيف الطاقة الحركية الدورانية شيئاً قليلاًإلى معدل الطاقة التي تمتلكها المركبة حتى في حالة الدوران بسرعة (spin)حيث أن معادلة الطاقة الحركية الدورانية هي:

$$\text{Ke} = \frac{١}{٢} I W^{٢}$$

حيث أن:

(I)**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.** كتلة عزم القصور الذاتي.

(W) السرعة الزاوية (rad\s).

يجب أن نعرف بأن الطاقة الحركية الدورانية موجودة ولكن بسبب أنها دائماً قليله فإننا لا نحتاج لمناقشتها بشكل مفصل، قبل أن نتقدم بالشرح يجب أن نعرف مفهوم الشغل (Work)حيث يعرف الشغل الميكانيكي ببساطة بالقوة المؤثرة على جسم ما (الطاقة – الشغل) خلال مسافة معينة فعلى سبيل المثال إذا قمنا بدفع جسم ما بقوة (١٠) نيوتن لمسافة (١٠) متر فإننا قمنا بدفع ((١٠) نيوتن) × ((١٠) متر) وهي (١٠٠) نيوتن. م من الشغل..

هناك تعريف آخر للطاقة يعتمد على القدرة للقيام بالشغل، إذا امتلكت مركبة كمية معينة من الطاقة الحركية يجب القيام بالشغل لتلك المركبة لكي تعطينا تلك الطاقة، والعكس صحيح أيضاًفإنه لكي تقف المركبة يتطلب القيام بالشغل لتلك المركبة لتجعلها تقف، وسنستعمل تلك الأفكار لاحقاً لمساعدتنا في اشتقاق المعادلة التي تربط مسافة الوقوف بالسرعة.

والآن دعنا نفكر كيف يمكن أن نطور معادلة لتوضيح الطاقة الحركية ويجب أن نتذكر أن قانون نيوتن الثاني الذي وضحناه كما يلي ((F=M(a)) وأيضاً التسارع (a) الذي يعبر عنه بالسرعة المتجهه مقسمة على الوقت

أو(V/t) وأيضاً الشغل الذي عرفناه على إنه ($W_k=F(d)$) حيث أن (W_k) هو الشغل و (F)هو القوة المؤثرة و (d) المسافة التي تؤثر عليها القوة.

إن مقدار الشغل هنا نفس المقدار كما في الطاقة الحركية للجسم وأيضاً يمكننا القول بأن:

($W_k= ke$)

وهذه هي (نظرية الطاقة – الشغل) أي أن الطاقة التي يبذلها الجسم خلال مسيرة بسرعة ثابتة هي نفس الشغل التي تحتاجه القوة لتحرك الجسم لمسافة معينة، لنبدأ بقانون نيوتن الثاني الآن سنعوض($\frac{v}{t}$) بدلاً من (a)في المعادلة ويعطينا($F = M\frac{v}{t}$) وفي هذه النقطة فإننا لا نتفق بعض الشيء لأننا نعلم بأن($W_k = F(d)$) لذا فإننا نحتاج لربط (d) مع التسارع (a) أو الربط بالمسافة، لذلك فإننا نقول أن ($d=v(t)$) حيث أن (V) معدل السرعة المتجهة وإنه أيضاً مهما لنا أن نعنى بمسار السرعة المتجهة المتمثل بـ (V) في المعادلات هل هو معدل السرعة أو السرعة النهائية والآن دعنا نفكر بالجسم الذي بدأ الحركة من الاستقرار حيث أن هذا الجسم يتسارع في معدل ثابت ويجب أن نتذكر بأن التسارع هو معدل وقت التغير المتجهة ($V = a(t)$)، حيث أن: (V)هي السرعة المتجهة النهائية.

كم المسافة التي يسير بها الجسم في زمن محدد؟ لنجد المسافة يجب علينا أن نجد معدل السرعة المتجهة والمعادلة

$$V_{av} = \frac{V_0 + V_f}{2}$$

حيث أن:

(V_{av}): هي معدل السرعة المتجهة.

(V_o): هي السرعة المتجهة الابتدائية.

(V_f): هي السرعة المتجهة النهائية.

وبسبب أن السرعة المتجهة الابتدائية هي (صفر) لجسم ابتدأ من السكون يمكن ان نبسط المعادلة إلى:

$$V_{av} = \frac{V_f}{2}$$

الآن تذكر بأن الجسم له معدل تسارع (a) للوقت (t) ليعطي السرعة المتجهة النهائية (V_f) ويمكن أن نعوض (t)بـ (V_f) لتصبح :

$$V_{av} = \frac{a(t)}{2}$$

لنتذكر المعادلة ($d = V(t)$) ونعيد صياغة المعادلة بحيث أن (V) في هذه الحالة هي نفس (V_{av}) ثم نعوض ($a/2$) بدل (V) لتصبح المعادلة هي:

$$d = = \frac{a(t)}{٢}(t) \text{ أو } d = \frac{a(t^{٢})}{٢}$$

تذكر بأن السرعة المتجهة ترمز بهذه المعادلة إلى معادلة السرعة ولاحظ بأننا نستطيع إعادة كتابة المعادلة $V = a(t)$ لتصبح (V/t) = a حيث أن (V) السرعة المتجهة النهائية (V_f) وأننا نستطيع أن نستبدل (V/t) بـ a في أخر المعادلة:

$$d = \frac{١}{٢}a(t^{٢}) \Rightarrow \frac{١}{٢}\left(\frac{v}{t}\right)(t^{٢})$$

حيث أن ($V = V_f$) وبذلك فإن المسافة المقطوعة هي:

$$d = \frac{١}{٢}v(t\quad)$$

الآن دعنا نبين بأن الشغل يساوي الطاقة الحركية يساوي القوة مضروبا بالمسافة:

$$W = k_e = F(d)$$

وأيضا نعيد الكتابة:

$$F = m\frac{v}{t}$$

فإننا نستطيع أن نعوض $m(V/t)$ بدلا من (F)و ($(١/٢)V\ t$) بدلا من (d)لتصبح

$$K_e = m\,\frac{v}{t}\left(\frac{١}{٢}v(t)\right)$$

ويمكن أن نبسط هذه المعادلة لتصبح

$$K_e = \frac{١}{٢}m(v^{٢})$$

وهذا يعطينا المعادلة التي نبحث عنها، أعنى المعادلة التي تقول كم الطاقة الحركية لكتلة جسم معين تتحرك في سرعة محددة.

الآن نستطيع أن نقدر مقدار الطاقة الحركية وذلك بواسطة تحديد مقدار شغل معين للمركبة المتحركة حتى تقف وقوفاً تاماً فإذا استطعنا أن نبين الشغل المطلوب لإيقاف المركبة وإذا كنا نعرف كتلة المركبة فإننا نستطيع أن نبين السرعة التي انطلقت بها المركبة.

٢. أشكال الطاقة الأخرى Others Forms of Energy:

عندما تنزلق المركبة لنقف فإن بعض الطاقة الحركية التي تمتلكها تلك المركبة تتحول إلى طاقة حرارية بسبب الاحتكاك بين الإطارات والطريق فإذا صدمت مركبة بمركبة أخرى أو جسم آخر فإن الطاقة هي التي تسبب الضرر للمركبة والركاب داخل المركبة ويمكننا أن نفكر بمواقع أخرى قد تذهب طاقة المركبة إليها وأننا لا نستطيع جمعها وعلى أية حال يجب أن نعرف أن هناك أشكال عديدة موجودة للطاقة الضائعة.

إن الفكرة من أشكال الطاقة الأخرى هو مهم لنا لذلك فإننا سنقوم بمناقشة فكرة حفظ الطاقة في نظام تفاعل الأجسام فربما نتفق على أن الطاقة دائماً تحفظ وعلى أي حال وربما أنها لا تحفظ في نفس الشكل كما كانت أصلاً فإذا تصادمت مركبتان على أية سرعة وكانت إحدى المركبات دفعت الأخرى في اتجاه معين فإننا نستطيع أن نحسب كم مقدار الطاقة الحركية التي تستقبلها المركبة من الأخرى المرتطم هبها ويمكن حساب سرعه المركبة المرتطمة من ذلك وهذا يكون صحيحاً إذا ما بقيت كل الطاقة على شكل طاقة حركيه ولسوء الحظ فهذه الحالة لا تبقي كذلك بل اغلب الطاقة الحركية تتحول إلى تشكيل الضرر إلى المركبات الأخرى وإلى الحرارة ويكون من الصعب أن نقوم بحساب طاقة الضرر مباشرة وبدقة حيث أن هذا يتطلب توضيحها من خلال القيام بتجارب وسوف يتم مناقشة فكرة تشتت الطاقة الحركية عند حساب سرعه المركبة في الفصل الذي يتعلق بمعادلة السرعة المترابطة والطاقة الحركية.

الأجسام الساقطة وحركات الدفع المنتظمة

Falling Bodies and Uniform Projectile Motion

فكر للحظة بوضعية اندفاع مركبة من على مستوى جسر حيث أنها تطير بالهواء ومن ثم ترتطم بالأرض بالأسفل وإن المركبة هي مثال سقوط الجسم الذي يكون له سرعة أفقية ابتدائية وهي السرعة التي سارت بها المركبة عندما اندفعت من على الجسر، سنقوم بحساب هذه السرعة بدقة إذا عرفنا كلاً من المسافة الأفقية التي سارت بها المركبة خلال سقوطها والمسافة العمودية التي سقطها المركبة (وتقاس كل المسافات إلى مركز كتلة المركبة).

دعنا الآن نفحص بعض العلاقات الرياضية المهمة لنا، نحن نعرف بأن المسافة التي يسيرها جسم أفقيا بسرعة ثابتة تحسب في العلاقات التالية: $d = V(t)$

حيث أن:

(d)هي المسافة الأفقية المقطوعة.

(v) هي معدل السرعة المتجه للجسم.

(t) هي الوقت.

ويوجد أيضاً علاقة رياضية أخرى يمكن استخدامها، حيث أننا سنتذكر في نقاشنا السابق معادلة المسافة المقطوعة بواسطة جسم متسارع وهذه المعادلة هي:

$$d = \frac{١}{٢} a(t^{٢})$$

حيث أن:

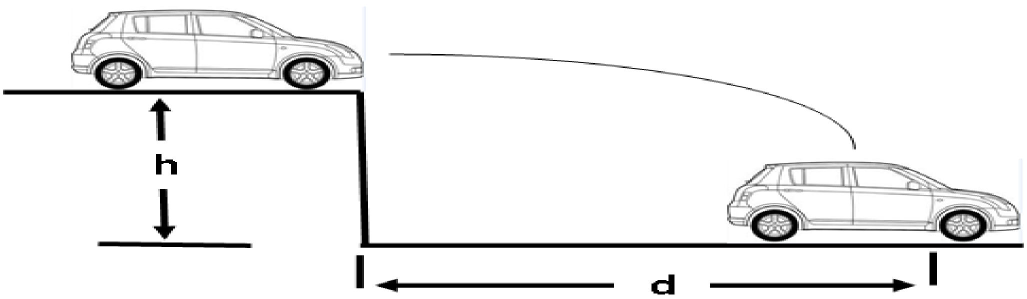
(d) المسافة المقطوعة.

(a) التسارع.

(t) الوقت.

بسبب أننا ننوي التعامل مع الجسم السقط لذا سنقوم بتعديل الرموز للمسافة والتسارع حيث يصبح التسارع تسارع الجاذبية لذا سنغير الرمز (a) إلى الرمز(g)بالمعادلة والمسافة تصبح مسافة الجسم الساقط لذا ستغير الرمز(d)إلى الرمز (h)وستكون المعادلة على النحو التالي:

$$(١) \;.......... \; h = \frac{١}{٢}(g)(t)^{٢}$$



دعنا نفكر لثواني بالوقت الذي تحتاجه المركبة التي تهبط (تسقط) لتقطع المسافة العمودية بالنسبة إلى مسافتها الأفقية حيث أن الوقت متماثل لكلا المسافتين، وبما أن الوقت المطلوب للجسم ليسقط بالضرورة هو نفسه الوقت المتاح له لقطع المسافة من مكان انطلاقها إلى مكان استقرارها ويمكننا توضيح الوقت بواسطة الاشتقاق على النحو التالي:

$$d = v.t \rightarrow t = \frac{d}{v}$$

وبالتعويض قيمة (t) في المعادلة رقم (١) تصبح:

$$h = \frac{١}{٢}(g)\left(\frac{d}{v}\right)^{٢}$$

حيث أن:

(h)الارتفاع الذي يتم السقوط منه.

(g)تسارعالجاذبية (٩,٨١)متر / ث٢.

(d) المسافة المقطوعة أفقيا.

في هذه المعادلة يوجد شيئين يمكننا قياسهما في موقع الحادث هما (d) و(h) وبما أننا نعرف قيمة (g)فإننا نستطيع حساب (V) .

مركز الكتلة Center of Mass

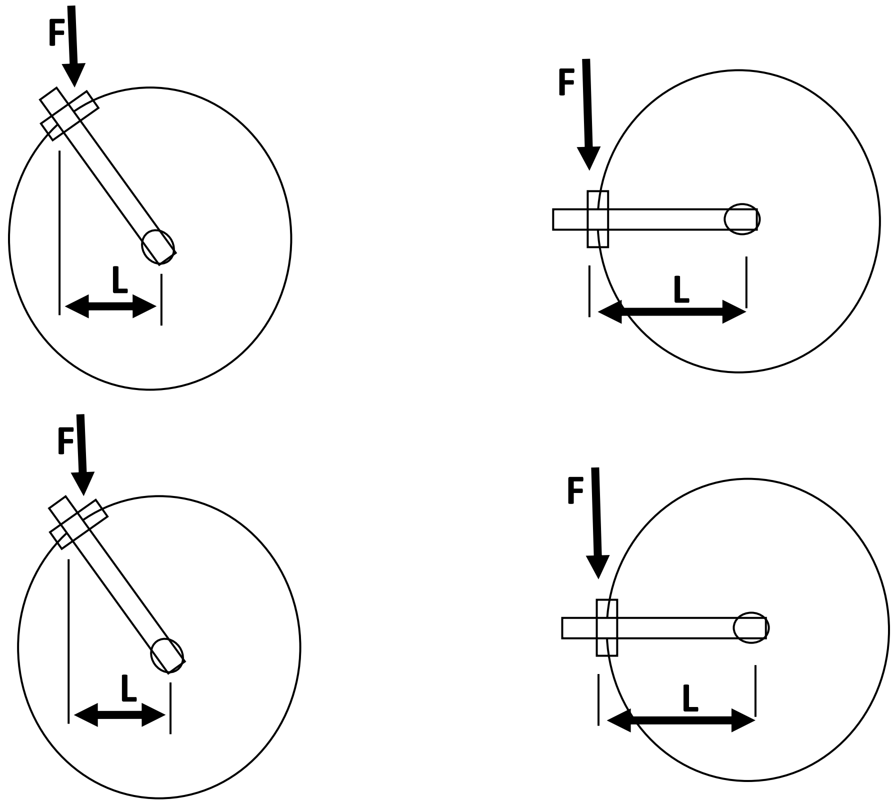
يعرف مركز كتلة الجسم بالنقطة التي يظهر وزن الجسم الكلي متركزاً فيها ويمكن أن يرمز لها بالقوة المفردة بغض النظر إلى الزاوية التي يدور بها الجسم وسنهتم كمحققين بالحوادث بمسار مركز الكتلة.

إذا وجدت آثار علامات الإطارات للمركبة في موقع الحادث فيجب أن نصف علامات الإطارات لهذه المركبة ثم لنعمل لنجد مسار مركز كتلة المركبة وإن موقع مركز الكتلة يصبح ضرورياً لأنه يعطينا فكرة لأي درجة تم نقل الوزن ومدى تأثيره.

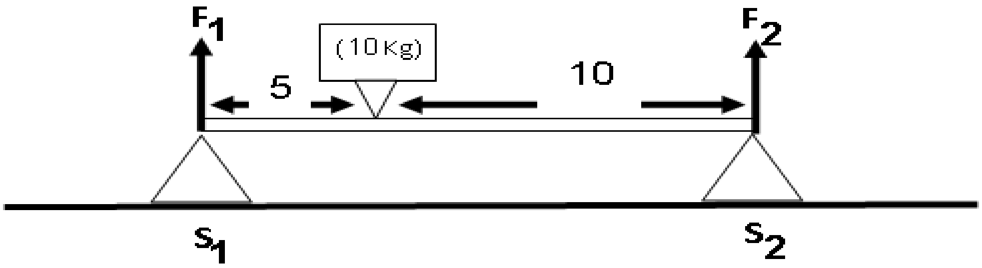
ويوجد شيئاً أخر يجب ذكره ألا وهو أن مركز كتلة المركبة سيتحرك في خط مستقيم حتى لو أثر على المركبة بقوة خارجية وهذا ما يشير إليه قانون نيوتن الأول.

Torque and the Summing of Forces عزم الدوران ومحصلة القوى

أن عزم الدوران هو الجهد الالتوائي وينتج عزم التدوير بواسطة قوتين تؤثران لتدوير الجسم ويمكن أن يعرف عزم التدوير بأنه القوة مضروبة بطول الذراع الرافعة بعكس القوة المؤثرة، مثال: إذا كنا نركب دراجة فإننا يجب أن ندفع البدالة لجعل الدراجة تتحرك وإذا دفعنا البدالة للأمام والأسفل فإننا ننتج عزم تدوير على عامود الكرنك للدراجة وإن مقدار هذا العزم سيكون مختلفاً حتى لو دفعنا البدالة بقوة ثابتة وهذا طبعاً بسبب تغير طول ذراع الرافعة مع دوران عامود الكرنك وسيكون عزم التدوير بأقصى مقدار عندما يكون الجهد المبذول بواسطة أقدامنا (الأرجل) بشكل عامودي على ذراع الكرنك، والان دعنا ننظر إلى الرسوم التالية :



في الأشكال السابقة حيث أن (F)القوة الثابتة المستخدمة وعامود التدوير (الكرنك) له طول ثابت وإن الذي يتغير هو طول ذراع الرافعة (L) عندما يدور الكرنك ويجب أن نبين إن طول ذراع الرافعة يكون عمودياً على خط تأثير القوة، ولكي تحسب بدقة قوة التدوير المؤثرة على عمود الكرنك، يتطلب القيام بنفس الإجراء لحساب القوى المؤثرة على الجسر الذي لا يكون محمولاً على المركز ودعنا ننظر إلى الرسم التالي للجسر المرتكز على دعامتان (S1) و(S2) والتي حملت بوزن بعيد عن المركز يزن (١٠) كغم.



حيث أن:

(F_1) هي القوة الصاعدة المبذولة من الدعامة رقم (١).

(F_2) هي القوة الصاعدة المبذولة من الدعامة رقم (٢)

(L_1) هي طـــول الذراع مـــن الـــوزن إلىS_1

(L_2) هي طـــول الذراع مـــن الـــوزن إلىS_2

وهنا نريد أن نجد القوى (F_1) و (F_2) المبذولة من قبل الدعامتين (S_1) و(S_2) حيث أن الجسر الحديدي لا يتحرك وهذا يعني بأن جميع القوى وعزم التدوير المؤثر على الجسر في حال توازن وإن القوة الساقطة بوزن (١٠٠ N)التي تشترك بالدعامتين هي متوازنة مع القوة الصاعدة بوزن (١٠٠ N)بسبب أن الجسر الحديدي لا يتحرك للأعلى أو للأسفل ويمكننا أن نبين هذا القوة الصاعدة بالمعادلة التالية:

$(F_1 + F_2 = 100)$

وكذلك يجب أن يكون عزم التدوير متوازناً بسبب أن الجسر الحديدي لا يدور ولكي نجعل حساباتنا سهلة دعنا نبين نقطة الارتكاز لذراع الرافعة لتصبح النقطة على الجسر الحديدي الذي تؤثر فيها قوة الوزن (١٠٠ N)حيث يمكننا القول أن:

$\boldsymbol{F_1}\ (L_1) = F_2\ (L_2)$

$F_1\ (5) = F_2\ (10)$

حيث أن كل جانب يرمز إلى عزم التدوير الناتج بواسطة قوى رد الفعل:

(عزم التدوير =القوة Xطول ذراع الرافعة)

سنعيد كتابة المعادلة الأولى لـ (F_1)وهذا يعطينا المعادلة التالية:

$F_1 = 100 - F_2$

ثم سنقوم باستبدال $(١٠٠-F_2)$ بدلاً من (F_1) في المعادلة الثانية:

$(١٠٠ - F_2)\ (٥) = F_2\ (10)$

ثم نقوم بحل(F_1) تصبح المعادلة:

$$500 - 5(F_2) = F_2(10)$$

$$500 = 10(F_2) + 5(F_2)$$

$$F_2 = 33.3500 = 15(F_2)$$

والآن أصبح الأمر بسيطاً باستبدال قيمة (F_2) معادلة لتحديد قيمة (F_1)

$$F_1 + F_2 = 100 \quad F_1 + 33.3 = 100 \quad F_1 = 66.7$$

حيث أن (F_1) و (F_2) هم قوى مبذولة بواسطة الدعامتين (١) و (٢) على التوالي لجعل الجسر متوازنا. فإذا اعتبرنا أن وزن الجسر نفسه(٢٠)نيوتن ولكي تحصل على (٢٠)نيوتن موزعة بانتظام على طول الذراع فيجب أن تبذل كل دعامة (١٠)نيوتن إضافية ليبقى الجسر الحديدي في حالة اتزان.

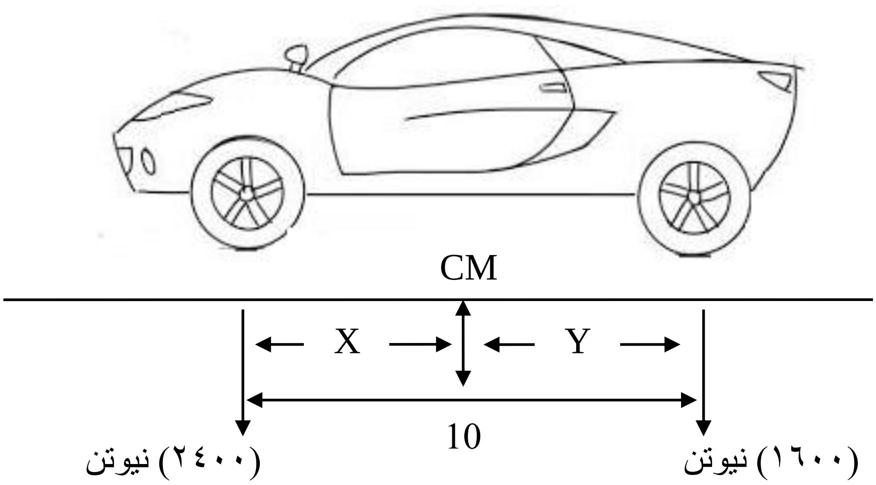
وفي مثال أخر دعنا نفترض بأن مركبة وزنها (N ٤٠٠٠) موزعة بنسبة (٦٠٪) على العجلات الأمامية و(٤٠%) على العجلات الخلفية حيث أن القوة المبذولة على الطريق بواسطة العجلات الأمامية ستكون:

(٤٠٠٠) × (٠,٦) =٢٤٠٠ N

والقوة المبذولة على الطريق بواسطة العجلات الخلفية:

(٤٠٠٠) × (٠,٤) =١٦٠٠ N

ويمكننا أن نستخدم هذه المعلومات لنجد مركز الكتلة للمركبة وفقا إلى المسافة بين العجلات (المحاور).



وسنقوم بوضع مركز الكتلة (CM) للمركبة في نقطة مابين المحور الأمامي والخلفي حيث أن الحرف (X)هو المسافة من المحور الأمامي إلى مركز الكتلة و(Y) هي المسافة من المحور الخلفي إلى مركز الكتلة ويمكننا كتابة العلاقة على النحو التالي:

$$X + Y = 10$$

$$2400\, X = 1600\, Y$$

والآن سنقوم بحل (X) في المعادلة الثانية:

$$X = (1600\backslash 2400)\, Y$$

$$X = 0.667\, Y$$

وسنستبدل قيمة (X)في العادلة الأولى لإيجاد قيمة (Y)

$$0.667\, Y + Y = 10$$

$$1.667\, Y = 10$$

$$Y = 6$$

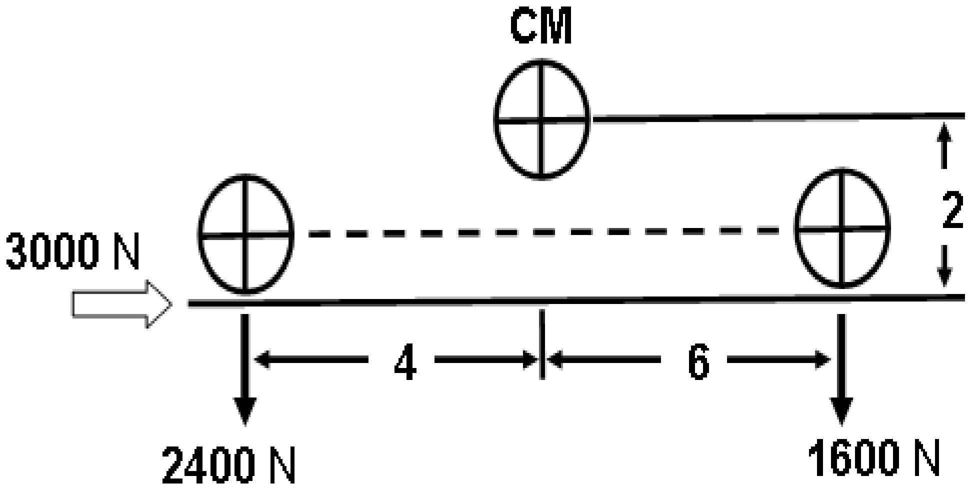
والآن سنقوم باستبدال قيمة (Y)لنجد قيمة (X):

$$X + 6 = 10$$

$$X = 4$$

دعنا الآن نحاول استخدام هذه المعلومات مع بعض الأفكار التي طورناها لنرى إذا استطعنا حساب الوزن الذي نقل العجلات الأمامية خلال وقوف المركبة والذي يتضمن تسارع ثابت وقبل عمل ذلك يجب أن نعين ارتفاع مركز الكتلة فوق الأرض ولهذه النقطة فإننا لم نطور طريقة لحساب ارتفاع مركز الكتلة أنها عملية حسابية بسيطة الاستعمال وعلى أية حال فإننا سنفترض بأن مركز الكتلة أعلى بمترين من سطح الأرض وإن معامل الاحتكاك هو (٠,٧٥)وفقاًإلى معادلة الوقوف:

فإن قوة المقاومة على المركبة ستكون (F = f W) ٣٠٠٠ = ٤٠٠٠ X 0.75) نيوتن ويمكن تبسيط الرسم كما يلي:



تؤثر قوة المقاومة (٣٠٠٠) نيوتن على مركبة يرتفع مركز الكتلة فيها (٢) متر عن سطح الطريق فإن هذا سيعطي عزم دوراني يساوي (٣٠٠٠) نيوتن X(٢) متر ويساوي (٦٠٠٠) نيوتن. م على المركبة علماًبأن مركز الكتلة يبعد أربعة أمتار عن العجلات الأمامية وعلية فإن عزم التدوير (٦٠٠٠) هي التي أثرت على وزن المركبة الأمامي الذي سيزداد بمقدار (٦٠٠٠) / (٤) = (١٥٠٠) نيوتن والوزن الخلفي سينخفض بمقدار (٦٠٠٠) / (٦) = (١٠٠٠) نيوتن.

تطبيقات

معادلات السرعة

معادلات السرعة الرئيسية

المقدمة

عند تحليلنا لحوادث المرور تطرح العديد من الأسئلة باستمرار مثل أين كانت المركبة الأولى عندما بدأت المركبة الثانية بالإنزلاق؟ أو أين كان موقع المشاة قبل أن تبدأ المركبة الثانية بالإنزلاق؟ أو هل توقفت المركبة الأولى عند شاخصة قف؟ والعديد من هذه الأسئلة....

إن هذه الأسئلة وأسئلة أخرى تسأل حول حوادث المرور وهنالك بعض من المصطلحات المهمة المستخدمة في إعادة بناء الحادث المروري، لذلك علينا أن نقوم بمراجعة بعض هذه المصطلحات.

١. المسافة (Distance): هي مقدار الفصل بين نقطتين أو جسمين ودائماً تقاس بأقصر مسار بينهما حيث أن المسافة هي كمية غير متجهة لها مقدار فقط.
٢. الإزاحة (Displacement): هي مشابهه للمسافة ماعدا أننا يجب أن نعين الاتجاه للمسافة، ويتم التعامل مع الإزاحة في مسائل كمية التحرك الخطية لأنها تحدد المقدار والاتجاه، لذلك فإن الإزاحة هي كمية متجهة.
٣. السرعة (Speed): هي معدل تغير المسافة بالنسبة للوقت وهي كمية غير متجهة.
٤. السرعة المتجهة(Velocity): هي معدل التغير في الإزاحة بالنسبة للوقت وغالباً نستعمل وحدات المتر لكل ثانية لقياس السرعة المتجهة في عمليات التحقيق بالحوادث، وهي كمية متجهة ذات مقدار واتجاه ونقوم باستخدامها في مسائل كمية التحرك الخطية لذا فإننا نهتم في كل من المقدار والاتجاه في نفس الوقت.
٥. التسارع: هو معدل التغير في السرعة المتجهة بالنسبة للوقت وهذا التغيرللسرعة المتجهة ربما يكون بالمقدار أو بالاتجاه، فإذا كان التغيير بالمقدار فيجب أن نبين هل هو تسارع أو تباطؤ بالإضافة إلى تحديد الاتجاه، وحدات التسارع هي بالمتر لكل ثانية تربيع.

إن اغلب الأسئلة التي يتم طرحها من قبل المحققين هي أي معادلة يجب ان استعمل أو كيف أبدأ؟
هذا السؤال ليس صعب الإجابة، أولاً يجب أن نسأل أنفسنا ما هو المطلوب هل هو حساب السرعة، حساب الوقت، حساب التسارع/ معامل السحب، وما هي المسافة أو أي شيء أخر، ثم نبدأ بالبحث عن المعادلة المطلوبة التي تفيدنا في حل المطلوب باستخدام المعلومات المتوفرة والمعروفة لدينا ثم نبدأ بحل المعادلات لنجد الإجابات، ببساطة حدد المعادلة المطلوبة ثم حدد الكمية المجهولة والكميات المعلومة ثم حل المعادلة.

معادلات السرعة الرئيسية(speed equation):

تعتبر المعادلات التالية هي المعادلات الرئيسية لحساب السرعة:

١. $v_f^2 = v_i^2 \pm 2ad$

٢. $v_f = v_i \pm at$

٣. $d = v_i t \pm \frac{1}{2} a t^2$

٤. $d = vt$

٥. $a = fg$

ولاستخدام هذه المعادلات لا بد من معرفة ما يلي:

١. $\Delta v = v_f - v_i$

٢. $\mathbf{s = 3.6v}$

٣. $S_o = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2}$

حيث أن:

d: المسافة وتقاس بـ (المتر).

t: الزمن ويقاس بـ (الثانية).

v_f: السرعة النهائية وتقاس بـ (متر/ثانية)

v_i: السرعة الأبتدائية وتقاس بـ (متر/ثانية)

a: التسارع حيث يكون (+) في حال زيادة التسارع و(-) في حالة التباطؤ ويقاس بـ (متر/ثانية^٢)

f:معامل الإحتكاك/السحب

g: معدل تسارع الجاذبية الأرضية ومقداره (٩,٨١) ويقاس بـ (متر/ثانية^٢).

S : السرعة وتقاس بوحدة (كم / ساعة)

تطبيق معادلات السرعة في حساب السرعة والوقت والمسافة والتسارع/معامل السحب

١. تطبيق معادلات السرعة في حساب السرعة:

تستعمل المعادلة التالية عند حساب السرعة المتجهة حيث نقول بأن الجسم لـه معدل سرعة متجهة معين إذا تحرك الجسم مسافة معينة مقسومة على وقت معين وهو يسير بسرعة ثابتة.

$$v = \frac{d}{t}$$

حيث أن:

v:السرعة المتجهة بالمتر لكل ثانية.

d : المسافة بالمتر.

t : الزمن بالثواني.

مثال (١):

قطعت مركبة مسافة مقدارها (٢١٠) متر في زمن وقدره (٥,٥) ثانية ما هو معدل السرعة المتجهة؟

الحل:

$$V = \frac{d}{t} \Longleftarrow V = \frac{210 \text{ متر}}{5.5 \text{ ثانية}} \Longleftarrow \mathbf{V = 38.2\ m/sec}$$

مثال (٢):

تسارعت مركبة لمدة (٣,٥) ثانية بمعامل سحب قدره (٠,١٣) ، أحسب معدل التغير في سرعة المركبة؟

الحل: بما أن $\Delta v = a.t\&=fga$

$$\Delta v = f.g.t$$

$$\Delta v = ٩.٨١\ (f)(t)$$

$$= (9.81)(0.13)(3.5)\boldsymbol{\Delta v}$$

$$\Delta v = ٤.٤٦\ m/s$$

وهذا يبين بأنها حصلت على معدل سرعة بغض النظر عن مقدار السرعة الابتدائية.

مثال (٣):

إنزلقت مركبة لتقف وقوفاً تاماً على سطح حيث أن معامل الاحتكاك لها (٠,٧) وبزمن مقداره (٢,١) ثانية ما هي السرعة المتجهة الابتدائية للمركبة؟

الحل : بما أن $v_f = v_i \pm at$ وأن المركبة إنزلقت لتقف فهذا يعني أن التسارع يتناقص (-) وأن $v_f = 0$

$$v_f = v_i - at$$

$$٠ = v_i - g.f.t$$

$$v_i = g.f.t$$

$$v_i = ٩.٨١ * ٠.٧ * ٢.١ = ١٤.٤٢\ m/s$$

مثال (٤):

تتسارع مركبه من السكون بمعامل سحب مقداره (٠,١٥)لمدة (٩) ثواني ما هي السرعة التي تكتسبها المركبة عند ذلك؟

الحل: بما أن المركبة تتسارع من السكون مما يعني ان التسارع يتزايد (+) وأن $v_i = ٠$

$$v_f = v_i + at$$

$$v_f = ٠ + f.g.t$$

$$v_f = ٠ + ٠.١٥ * ٩.٨١ * ٩$$

$$v_f = ١٣.٢\ m/s$$

مثال (٥):

تباطأت مركبة لها معامل سحب مقداره (f=0.86) لمدة ثانيتين ما هو مقدار التغير في السرعة عند ذلك؟

الحل: بما أن المركبة تتباطأ مما يعني أن التسارع يتناقص (-)

$$v_f = v_i - at$$

$$v_f - v_i = -at$$

$$\Delta v = -(f.g)t$$

$$\Delta v = -(٠.٨٦ * ٩.٨١)٢$$

$$\Delta v = -١٦.٨٧\ m/s$$

مثال (٦):

سائق يقود مركبته بسرعة (١٢٨) كم/ ساعة إذا قام بالضغط على الفرامل ما هي سرعته بعد (٣) ثواني علماً بأن معامل السحب هو (٠,٦٥)؟

الحل: بما أن السائق قام بالضغط على الفرامل فهذا يدل على المركبة تتباطأ أي أن التسارع يتناقص (-):

$$v_i = \frac{s}{3.6} = \frac{128}{3.6} = 35.5\ m/s$$

$$v_f = v_i - at$$

$$v_f = v_i - (f.g)t$$

$$v_f = 35.5 - (0.65 * 9.81)3$$

$$v_f = 16.4\ \square/s$$

$$v_f = 16.4 * 3.6 = 59\ \square\square/h$$

مثال (٧):

إنزلقت مركبة على سطح حيث أن معامل الاحتكاك لها (٠,٥١) ومسافة الإنزلاق هي (١٣٠) متر، وسرعتها المتجهة الابتدائية للمركبة هي (٤٠) متر/ثانية، ما هي السرعة المتجهة في نهاية الإنزلاق؟

الحل: بما أن المركبة تنزلق فهذا يدل على أن المركبة تتباطأ وباستخدام المعادلة:

$$v_f^2 = v_i^2 - 2ad$$

$$v_f^2 = v_i^2 - 2(f.g)d$$

$$v_f^2 = 40^2 - 2(0.51 . 9.81)130$$

$$v_f = 17.3\ m/s$$

مثال (٨):

مركبة سرعتها المتجهة الابتدائية (٢٠) متر/ الثانية وتسارعت لمسافة (٢٠٠) متر بمعدل (٦,٧) متر / ث² ما هي سرعتها النهائية؟

الحل:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad$$

$$v_f^2 = 20^2 + 2 * 6.7 * 200$$

$$v_f = 55.5\ m/s$$

مثال (٩):

إنزلقت مركبة مسافة (٣٥) متر على سطح طريق له معامل سحب (٠,٤٥) ثم إنزلقت على سطح آخر مسافة (٢٥) متر ومعامل (٠,٧٥) وبعد ذلك اصطدمت المركبة بسرعة (٦٥) كم/ الساعة مع مركبة أخرى، أحسب السرعة الابتدائية، كم يتطلب من الوقت للمركبة من أجل الإنزلاق على مسافة الـ (٢٥) متر الأولى؟

الحل:

نحتاج إلى استعمال معادلة السرعة المشتركة (*Combined Speed Formula*) حيث أن لدينا هنا العديد من الخيارات أي واحد سوف يعطينا الجواب الصحيح؟

$$S_o = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2}$$

من أجل استعمال معادلة السرعة أولاً نستعمل $S = \sqrt{254.fd}$ لإيجاد السرعة على سطحينمختلفين لهما معامل سحب مختلف عن بعضهما البعض وان السرعة S_3 ستكون هي سرعة الصدم.

$$S_o = \sqrt{254(f_1 d1) + 254(f_2 d2) + s_3^2}$$

$$S_o = \sqrt{254(0.45\square 35) + 254(0.75\square 25) + (4225)}$$

$$S_o = 113.8\square\square/h$$

لدينا الآن سرعة المركبة عند بداية الإنزلاق ونريد أن نحسب الوقت المستغرق عندما قطعت المركبة مسافة (٣٥) متر.

$$t = \frac{V_f - V_i}{a}$$

نأخذ السرعة الابتدائية عند بداية الإنزلاق S=(١١٣) كم/ ساعة = (٣١,٦) متر/ ثانية ونأخذ معامل السحب(f) =(٠,٤٥) كونه لم تنزلق المركبة على السطح الثاني ضمن مسافة (٢٥) متر ثم نحسب السرعة النهائية للمركبة حتى نستطيع أن نعوضها في المعادلة السابقة

$$v_f = \sqrt{v_i^2 - 2\square\square}$$

$$v_f = \sqrt{31.6^2 - (2 * 9.81)(fd)}$$

$$v_f = \sqrt{(٣١.٦)^٢ - ١٩.٦\ (٠.٤٥)(٣٥)}$$

$$v_f = \sqrt{٩٩٨.٥ - ٣٠٨.٧}$$

$$v_f = ٢٦.٣\square/s$$

الآن نستطيع أن نحسب الوقت وكون المركبة تتباطئ نعوض قيمة التسارع سالبة:

$$t = \frac{V_f - V_i}{a}$$

$$\frac{٢٦.٣ - ٣١.٦}{٩.٨١\ (٠.٤٥)} = \frac{-٥.٣}{-٤.٤١}$$

$$t = ١.٢\square\square\square$$

وهو الوقت المطلوب للمركبة خلال مسافة الإنزلاق لـ (٣٥) متر الأولى.

مثال (١٠):

تنزلق مركبة محاولة التوقف من سرعة (١٠٤) كم/ ساعة كم ستكون سرعتها النهائية علماً بأنها قطعت مسافة قدرها (٤٥) متر علماًبأن معامل السحب (٠,٧٧)؟

الحل: بما أن المركبة تنزلق مما يدل على سرعتها بتباطؤ والتسارع يتناقص (-)

$$\text{i} = \frac{s}{٣.٦}v = \frac{١٠٤}{٣.٦} = m/s28.٨٨$$

$$v_f = \sqrt{v_i^٢ - ٢\square\square}$$

$$v_f = \sqrt{v_i^٢ - ٢(f.g)d}$$

$$v_f = \sqrt{٢٨.٨٨^٢ - ٢(٠.٧٧ * ٩.٨١)٤٥}$$

$$v_f = ١٢.٤\square/s$$

$$s_f = ٤٤.٧٥\square\square/h$$

٢. تطبيق معادلات السرعة في حساب الوقت:

مثال (١):

تتسارع مركبة من السكون وبمعامل سحب مقداره ($f = 0.22$) ما هي المدة التي تستغرقها المركبة لتقطع مسافة قدرها (٤١) متر؟

الحل: بما أن المركبة تتسارع من السكون فهذا يعني أن $v_i = 0$ وان التسارع (+)

$$d = v_i t + \frac{١}{٢} a t^{٢}$$

$$d = v_i t + \frac{١}{٢} (f . g) t^{٢}$$

$$٤١ = (٠ \times t) + \frac{١}{٢} \times (٠.٢٢ * ٩.٨١) t^{٢}$$

$$t^{٢} = \frac{٤١}{١.٠٨}$$

$$t = ٦.١٥ \square$$

مثال (٢):

قطعت مركبة مسافة مقدارها (٦٠٠) متر وبسرعة (٢٠) متر/ ثانية أحسب الزمن المستغرق خلال هذه المسافة؟

الحل:

$$t = \frac{d}{v}$$

$$t = \frac{٦٠٠}{٢٠}$$

$$t = ٣٠ \square$$

مثال(٣):

قطعت مركبة مسافة مقدارها (٢٨٠) متر بسرعة (١٥) كم/ ساعة، ما هو الزمن المستغرق بالثواني؟

الحل:

$$= \frac{s}{٣.٦} v = \frac{١٥}{٣.٦} = m/s4.١٧$$

$$t = \frac{٢٨٠}{٤.١٧}$$

$$t = ٦٧.١٥$$

ملاحظة (١):

إذا كانت وحدة السرعة (كم/ ساعة) فإنه:

$$\mathbf{v = a.tt = \frac{v}{a} t = \frac{s}{3.6\ a} \& = \frac{s}{3.6} v}$$

مثال (٤):

إنزلقت مركبة بسرعة (٣٥) كم/ ساعة على سطح طريق له معامل سحب قدرة (٠,٤٦) ما مقدار الوقت الذي تستغرقه المركبة لإتمام هذه العملية؟

الحل:

$$\boldsymbol{t = \frac{s}{3.6a}}$$

$$\boldsymbol{t = \frac{s}{3.6f.g}}$$

$$\boldsymbol{t = \frac{35}{3.6 * 0.46 * 9.81}}$$

$$\boldsymbol{t = 2.15s}$$

مثال (٥):

تسارعت مركبة بمعدل (٢,١) متر/ث^{٢} وكانت سرعتها (٢٠) كم/ ساعة، ما مقدار الوقت الذي استغرقته المركبة للتسارع؟

الحل:

$$\boldsymbol{t = \frac{s}{3.6a}}$$

$$\boldsymbol{t = \frac{20}{3.6 * 2.1}}$$

$$\boldsymbol{t = 2.64s}$$

مثال (٦):

تنزلق مركبة بسرعة (١٠٠) متر/ ثانية إلى سرعة (٣٥) متر/ ثانية على سطح معامل احتكاكه (٠,٧١)،ما مقدار الوقت الذي ستستغرقه المركبة؟

الحل:

$$t = \frac{V_f - V_i}{a}$$

$$t = \frac{V_f - V_i}{f.g}$$

$$t = \frac{٣٥ - ١٠٠}{٠.٧١ * -٩.٨١}$$

$$\boldsymbol{t = 9.33s}$$

مثال (٧):

خفضت مركبة سرعتها لتقف بعد مسافة قدرها (٤٠) متر على سطح معامل السحب له (٠٫٩) ما هو الزمن اللازم لإتمام هذه العملية؟

الحل: بما أن المركبة قد توقفت فهذا يعني أن $_f = \mathbf{0}$ وأن المركبة في حالة تباطؤ (-):

$$v_f = \sqrt{v_i^{٢} - ٢□□}$$

$$٠ = \sqrt{v_i^{٢} - ٢□□}$$

$$٠ = v_i^{٢} - ٢□□$$

$$v_i = \sqrt{٢.f.g.d}$$

$$v_i = \sqrt{٢ * ٠.٩ * ٩.٨١ * ٤٠}$$

$$v_i = ٢٦.٥□/s$$

$$v = \mathrm{a.t}$$

$$v = f.g.t$$

$$t = \frac{v}{f.g}$$

$$t = \frac{٢٦.٥}{٠.٩ * ٩.٨١}$$

$$t = ٣□$$

مثال (٨):

تنزلق مركبة من سرعة ابتدائية (٥٢) كم/ ساعة إلى سرعة صدم (٣١) كم/ ساعة ومعامل الاحتكاك على السطح هو (٠,٦٤)، ما مقدار الوقت المستغرق لتخفيف السرعة؟

الحل: $\boldsymbol{v_f = \frac{s_f}{3.6} = \frac{31}{3.6} = 8.6 m/s \& v_i = \frac{i}{3.6} = \frac{52}{3.6} = 14.4 m/s}$

$$t = \frac{v_f - v_i}{a}$$

$$t = \frac{v_f - v_i}{-f \cdot g}$$

$$t = \frac{٨.٦ - ١٤.٤}{-٠.٦٤ * ٩.٨١}$$

$$t = ٠.٩٢ □$$

ملاحظة (٢):

يستخدم الشكل التالي للمعادلة لتفسير الوقتالمطلوبللمركبةأوالجسمعندتباطؤهاحتىتقفأوتتسارعمننقطةوقوفإذاكانعا ملالتسارعوالمسافةمعروفإن

$$\boldsymbol{t} = ٠.٤٥ \sqrt{\frac{d}{f}}$$

مثال (٩):

بالاشتقاق وضح كيف تم الحصول على المعادلة الواردة في الملاحظة السابقة؟

الحل: بما أن المعادلة تستخدم لتفسير الوقت المطلوب للمركبة أو الجسم عند تباطؤها حتى تقف أو تتسارع من نقطة وقوف إذا كان معامل التسارع والمسافة معروفإن مما يدل على أن $v_i v_f$ أو= ٠ مما يؤدي إلى أن:

$$v = \sqrt{2gfd}$$

$$a = fg$$

$$t = \frac{v}{a} = \frac{\sqrt{2gfd}}{fg}$$

$$t = \frac{v}{a} = \frac{\sqrt{2gfd}}{fg}$$

$$t = \frac{\sqrt{fg}\sqrt{2d}}{\sqrt{fg}\sqrt{fg}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2}{g}}\sqrt{\frac{d}{f}}$$

$$t = 0.45\sqrt{\frac{d}{f}}$$

مثال (١٠):

تنزلق مركبة لتقف على سطح بعامل السحب (٠,٦٩) حيث أن مسافة الإنزلاق هي (١٣٠) متر، ما مقدار الوقت المستغرق؟

الحل:

$$t = 0.45\sqrt{\frac{d}{f}}$$

$$t = 0.45\sqrt{\frac{130}{0.69}}$$

$$t = ٦.١٧□$$

٣. تطبيق معادلات السرعة في حساب المسافة:

تستعمل هذه المعادلات لتحديد المسافة التي تسيرها المركبة بسرعة ثابتة أو سرعة متجهة في وقت معين:

$$d = v.t$$

ملاحظة (٣):

إذا كانت وحدة السرعة (كم/ ساعة) فإنه:

$$\mathrm{v} = \frac{d}{t} \quad d = \mathrm{v}.t \quad d = \frac{s.t}{٣.٦} \& = \frac{s}{3.6}v$$

مثال (١):

إنزلقت مركبة مسافة (١٠٠) متر حتى موقع الاصطدام، وكانت سرعة المركبة في بداية الإنزلاق تساوي (٦٤) كم/ ساعة ووقت رد فعل السائق هو (١,٥) ثانية، ما هي مسافة رد فعل السائق؟ وكم تبعد المركبة عن نقطة الاصطدام عندما بدأ السائق بعملية رد الفعل؟

الحل:

أو لاًأحسب مسافة ردة الفعل:

$$dr = \frac{s.t}{3.6}$$

$$dr = \frac{64 * 1.5}{3.6}$$

$$dr = 26.6m$$

ثم أضف مسافة ردة الفعل إلى مسافة الإنزلاق لتحصل على المسافة الكلية (D):

$$D = dr + db$$

$$D = 26.6 + 100$$

$$D = 126.6m$$

مهم جداً:

تستعمل المعادلات التالية لحساب المسافة التي تقطعها المركبة في وقت محدد عندما يكون للمركبة سرعة متجهة ابتدائية ومن ثم تسارعت أو تباطأت بمعدل معروف أو بمعامل سحب معروف:

$v_o t \pm \frac{1}{2} a t^2 d$ = في حالة معرفة مقدار التسارع (m/s^2)

$v_o t \pm 4.9(f)(t^2) d$ = في حالة معرفة مقدار معامل الاحتكاك

$d = 0.278 S_o t \pm 4.9(f)(t^2)$ إذا كانت وحدة السرعة (km/hr)

حيث أن:

$\frac{9.81}{2}$ = ٤,٩

$\frac{1}{3.6}$ = ٠,٢٧٨

مثال (٢):

تسير مركبة بسرعة (٤٠) متر/ ثانية في زمن مقداره (٣) ثواني أحسب المسافة التي قطعتها المركبة؟

الحل:

$$d = \mathrm{v}.t$$

$$d = ٤٠ * ٣$$

$$d = ١٢٠\ m$$

مثال (٣):

تسير مركبة بسرعة (٥٢) كم/ ساعة، حيث أنها إنزلقت لثانيتين على سطح معامل السحب له (٠,٥٢)، ما هو مقدار المسافة التي إنزلقتها المركبة؟

الحل: بما أن المركبة تنزلق فهذا يدل على أن المركبة تتباطأ والتسارع (-)

$$d = ٠.٢٧٨ S_o t - ٤.٩(f)(t^٢)$$

$$d = ٠.٢٧٨ * ٥٢ * ٢ - ٤.٩(٠.٥٢)(٢^٢)$$

$$d = ١٨.٧٢$$

مثال (٤):

تسارعتمركبة من حالة الوقوف بمعامل تسارع (٠,١٥) لمدة (٩) ثواني، ما المسافة التي قطعتها المركبة خلال هذه الحركة؟

الحل: بما أن المركبة بدأت بالحركة من الوقوف مما يعني أن التسارع (+)

$$d = v_o t + ٤.٩(f)(t^٢)$$

$$d = ٠ * ٩ + ٤.٩ * ٠.١٥ * ٩^٢$$

$$d = ٥٩.٥٣$$

مثال (٥):

ما هي المسافة التي ستسيرها المركبة حتى تقف إذا سارت بسرعة (٤٨) كم/ ساعة وكان لسطح الطريق معامل سحب قدرة (٠,٣٢) كان السطح مستوي؟

الحل: بما أن المركبة ستنزلق حتى تقف فهذا يعني أن $V_f = ٠$

$$V_i = \frac{s_i}{٣.٦} = \frac{٤٨}{٣.٦} = ١٣.٣\mathrm{m/s}$$

$$t = \frac{V_f - V_i}{f.g}$$

$$t = \frac{٠ - ١٣.٣}{٠.٣٢ * -٩.٨١}$$

$$t = ٤.٢٤$$

$$d = v_o t - ٤.٩(f)(t^٢)$$

$$d = ١٣.٣ * ٤.٢٤ - ٤.٩(٠.٣٢)(٤.٢٤^٢)$$

$$d = ٢٨.٢$$

مثال (٦):

ما المسافة المطلوبة للمركبة من أجل أن تتسارع من حالة وقوف إلى (٤١) كم / ساعة بعامل سحب (٠,٧١)؟

الحل: بما أن المركبة بدأت الحركة من الوقوف إذا $V_i = ٠$

$$V_i = \frac{s_i}{٣.٦} = \frac{٤١}{٣.٦} = ١١.٤\mathrm{m/s}$$

$$t = \frac{V_f - V_i}{f.g}$$

$$t = \frac{١١.٤ - ٠}{٠.٧١ * ٩.٨١}$$

$$t = ١.٦٤$$

$$d = v_o t + ٤.٩(f)(t^٢)$$

$$d = ٠ * ١.٦٤ + ٤.٩(٠.٧١)(١.٦٤^٢)$$

$$d = ٩.٣٦$$

تطبيق معادلات السرعة في حساب معامل السحب / معامل التسارع:

لحساب معامل السحب فإنـه يتم استعمال المعادلـة التـي سنشتقها تاليـاً فـي حـال معرفـة مقدار السـرعة النهائيـة والزمن المستغرق للوصول إلى تلك السرعة، ومن الضروري ملاحظة أننا نستعمل هذه المعادلة عندما تنطلق المركبة من الوقوف أو تنزلق حتى الوقوف التام واستقرارها في الموقع النهائي.

بما أن :

$$a = f.g$$

وبتعويض قيمة a في معادلة السرعة $v = a.t$

$$v = f.g.t$$

وبترتيب المعادلة

$$f = \frac{v}{g.t}$$

وبتعويض قيمة g

$f = \frac{v}{٩.٨١\ t}$ وتسـ المعادلة لحساب معامل السحب إذا كانت وحدة السرعة (m/s)

$$f = \frac{s}{٣.٦ * ٩.٨١ *\ t}$$

$f = \frac{٠.٠٢٨٣}{t}$ وتـ ـذه المعادلة لحساب معامل السحب إذا كانت وحدة السرعة (km/h)

مثال (١):

في بداية حركة مركبة من السكون تسارعت حتى تصل إلى سرعة (٩٦) كم/ ساعة ضمن مسافة (١٥٢) متر أحسبالتسارع ومعامل السحب؟

الحل:

بما أن المركبة بدأت الحركة من السكون مما يدل على أن $v_i = ٠$ والتسارع (+)

$v_f^2 = v_i^2 + 2ad$

$(\frac{٩٦}{٣.٦})^2 = ٠^2 + 2a * 152$

$٧٠٧.٥٦ = 304a$

$a = 2.32\ m/s^2$

$$f = \frac{a}{g} = \frac{٢.٣٢}{٩.٨١}$$

f =0.24

مثال (٢):

تسارعت مركبة من السكون إلى سرعة (٣٠) كم / ساعة في (٥) ثواني ما هو معامل السحب ؟

الحل :

$$f = \frac{٠.٠٢٨٣□}{t}$$

$$f = \frac{٠.٠٢٨٣ * ٣٠}{٥}$$

$$f = ٠.١٧$$

ملاحظة (٤):

نستطيع حساب معامل السحب في حال توفر كل من المسافة (d) والزمن (t) وكانت بداية الحركة من السكون من خلال المعادلة التالية:

$$\boldsymbol{f = \frac{d}{9.81t^2}}$$

مثال (٣):

تسارعت سيارة لمسافة (٣٥) متر في (٣,٠١) ثانية ما هو معامل السحب ؟

الحل :

$$f = \frac{d}{٩.٨١t^{٢}}$$

$$f = \frac{٣٥}{٩.٨١ * ٣.٠١^{٢}}$$

$$f = ٠.٣٩$$

مثال (٤):

قمنا بعمل مسح مروري على تقاطع وكانت المسافة من مكان خط الوقوف إلى النقطة التي وقع عندها التصادم هي (٤٥) متر وقد شاهدنا (١٠٠) مركبة تقطع هذه المسافة من حالة الوقوف وقد وجدنا أن معدل الوقت (٤,٠٥) ثانية، ما هو معامل السحب؟

الحل :

$$f = \frac{d}{٩.٨١ t^{٢}}$$

$$f = \frac{٤٥}{٩.٨١ * ٤.٠٥^{٢}}$$

$$f = ٠.٢٨$$

مثال (٥):

تحركت مركبة بسرعة (٢٠) كم/الساعة وبدأت تتسارع حيث أنها قطعتمسافة (٣٠) متر خلال (٣) ثواني ، ماهو معامل التسارع؟

الحل:

$$f = \frac{d}{٩.٨١ t^{٢}}$$

$$f = \frac{٣٠}{٩.٨١ * ٣^{٢}}$$

$$f = ٠.٣٣$$

ملاحظة (٥):

لحساب معامل الاحتكاك (التسارع) لمركبةتسارعتإلىسرعةقصوى (سرعةمتجهة) منسرعةدنيا (سرعةمتجهة) فيوقتمعروف فإننا نستخدم المعادلة التالية:

- $\boldsymbol{f} = \frac{\boldsymbol{v_f - v_i}}{\boldsymbol{9.81\, t}}$ إذا كانت وحدة السرعة (m/s)
- $\boldsymbol{f} = \frac{\boldsymbol{0.0283(S_f - S_i)}}{\boldsymbol{t}}$ إذا كانت وحدة السرعة (km/h)

مثال (٦):

تسارعت مركبة من ((٤٠) إلى (٧٠)) كم/ ساعة في (٥,٣) ثانية ما هو معامل التسارع؟

الحل:

$$f = \frac{٠.٠٢٨٣(S_f - S_i)}{t}$$

$$f = \frac{٠.٠٢٨٣(٧٠ - ٤٠)}{٥.٣}$$

$$f = ٠.١$$

ملاحظة (٦):

يمكن أن نستعمل هذه المعادلة لتحديد معامل التسارع آو معامل السحب إذا كانت السرعة والمسافة معروفتان ويجب أن تتحرك المركبة من حالة الوقوف أو تبطئ إلى حالة الوقوف التام.

$$\boldsymbol{f = \frac{S^2}{254\, d}}$$

مثال (٧):

في بداية حركة مركبه من السكون وتسارعها لتصل إلى سرعة (٨٨) كم / ساعة خلال زمن قدره (١٠) ثواني اوجد قيمة معامل السحب؟

الحل: بما أن المركبة بدأت الحركة من السكون مما يدل على $_i = ٠$

وأن $_f = \frac{٨٨}{٣.٦} = ٢٤.٤٤\ \mathrm{m/s}$ وأن التسارع (+)

$$t = \frac{V_f - V_i}{a}$$

$$١٠ = \frac{٢٤.٤٤ - ٠}{a}$$

$$a = \frac{٢٤.٤٤}{١٠} = ٢.٤٤ m/s^{٢}$$

$$f = \frac{a}{g} = \frac{٢.٤٤}{٩.٨١}$$

$$f = ٠.٢٥$$

مثال (٨):

لقد قمنا بفحص إنزلاق على سرعة (٣٢) كم/ ساعة وسطح الطريق مستوي وكانت أطول مسافة إنزلاق هي (٤٧) متر ما هو معامل السحب؟

الحل:بإستخدام معادلة حساب السرعة من الإنزلاق وبتعويض قيمة الميلان (G)تساوي صفر لأن السطح مستوي

$$f = \frac{S^{٢}}{٢٥٤\square}$$

$$f = \frac{٣٢^{٢}}{٢٥٤ * ٤٧}$$

$$f = ٠.٠٩$$

ملاحظة (٧):

يمكن أن تستعمل المعادلة التالية لتحديد معامل السحب بواسطة جهاز (drag sted) وهو جهاز قياس السحب:

$$\boldsymbol{f = \frac{F}{W}}$$

حيث ان:

$\boldsymbol{f}$: معامل السحب.

$\boldsymbol{F}$: القوة الأفقية بالنيوتن (N).

$\boldsymbol{W}$: الوزن بالنيوتن (N)

مثال (٩):

يزن جهاز قياس السحب (٦٠) نيوتن حيث انه يتطلب سحب أفقي (٣٩) نيوتن من أجل تحركيه بثبات على طول السطح، ما هو معامل السحب؟

الحل:

$$f = \frac{F}{W}$$

$$f = \frac{٣٥}{٦٠}$$

$$f = ٠.٦٥$$

ملاحظة (٨):

تستعملالمعادلةالتاليةلإيجادمعدلالتسارعأومعدلالتباطؤإذاكانعاملالتسارعمعروف**:**

$$a = f.g$$

مثال (١٠):

إنزلقت مركبة على سطح بمعامل سحب (٠,٧١)، ما هو معدل التباطؤ؟

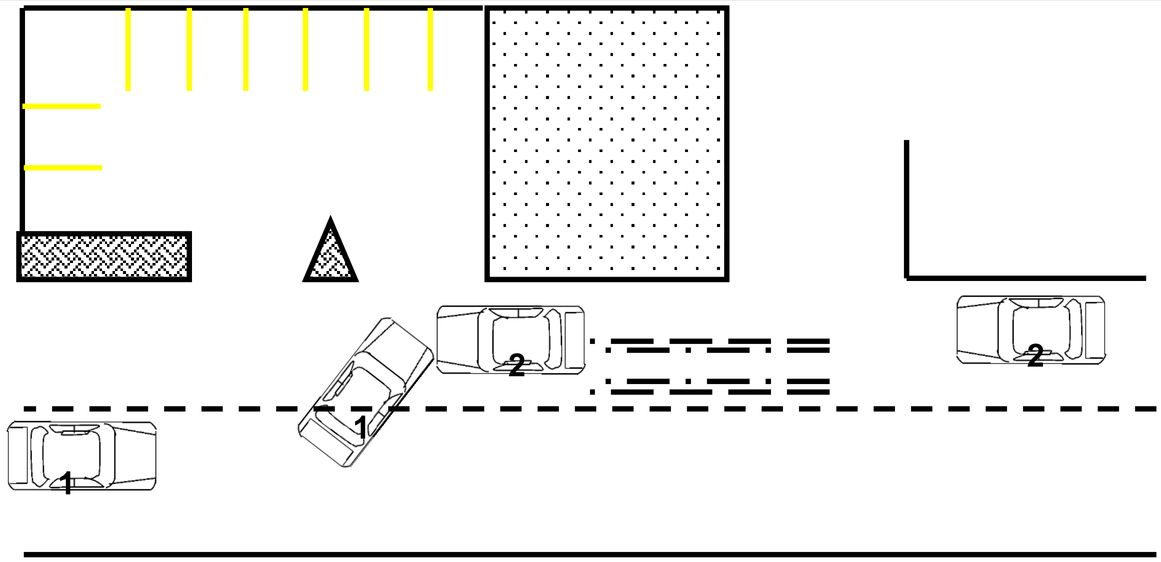
الحل:

$$a = f.g$$

$$a = ٠.٧١ * ٩.٨١$$

$$a = ٦.٩٥ \square / s^{٢}$$

مثال (١١): بالاستناد إلى الشكل أدناه



إذا علمت أن المركبة رقم (١) انعطفت لليسار باتجاه موقف للمركبات حيث كانت سرعة المركبة رقم (١) الثابتة هي (١٥) كم/س في الوقت الذي صادف قدوم المركبة رقم (٢) تسير في الاتجاه المقابل لاتجاه حركة المركبة رقم (١) الأمر الذي أدى إلى استخدام سائق المركبة رقم (٢) الفرامل وإنزلاق مركبته لمسافة (٤٧) متر واصطدامها بالمركبة رقم (١) بالمقدمة الأمامية اليمنى وبسرعة (٢٥) كم/بالساعة.

١. ما سرعة المركبة رقم (٢) التي سارت بها في بداية الإنزلاق؟
٢. على افتراض أن وقت رد الفعل ثانية واحدة. كم تبعد نقطة الصدم للمركبة الثانية في بداية وقت رد الفعل (نقطة الإدراك)، كم استغرقت المركبة رقم (٢) من الثواني أثناء إنزلاقها؟

الحل:

من خلال معادلة السرعة المشتركة:

$$\boldsymbol{S = \sqrt{S_1^2 + S_2^2}}$$

$$\boldsymbol{S = \sqrt{254(f)(d) + S_{impact}^2}}$$

$$\boldsymbol{S = \sqrt{254(0.70)(47) + 25^2}}$$

$$\boldsymbol{S = 94km/h}$$

.١

$$D = d_b + d_r$$

$$D = d_b + \frac{s * t_r}{3.6}$$

$$D = 47 + \frac{40 * 1}{3.6}$$

$$D = 58.11m$$

.٢

$$t = \frac{s_i - s_f}{٣.٦□□}$$

$$t = \frac{٩٤ - ٢٥}{٣.٦ * ٠.٧٠ * ٩.٨١}$$

$$t = ٢.٨s$$

مثال (١٢):

إنزلقت مركبة (٣٥) متر على سطح طريق له معامل سحب (٠,٤٥) ثمإنزلقت على سطح آخر مسافة (٢٥) متر ومعامل (٠,٧٥)، ثم اصطدمت المركبة على سرعة (٦٥) كم/ الساعة مع مركبة أخرى، ما هي سرعة المركبة الابتدائية وكم يتطلب من الوقت للمركبة من أجل الإنزلاق على الـ (٢٥) متر الأولى.

الحل:

$$S_i = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2}$$

$$S_i = \sqrt{254(f_1 d_1) + 254(f_2 d_2) + S_3^2}$$

$$S_i = \sqrt{254(0.45 * 35) + 254(0.75 * 25) + 65}$$

$$S_i = \sqrt{254(0.45 * 35) + 254(0.75 * 25) + 65}$$

$$S_i = 113.8km/h$$

لدينا الآن سرعة المركبة عند بداية الإنزلاق وإن المركبة بدأت بالإنزلاق على السطح الأول لمسافة (٣٥) متر ولمعرفة الوقت اللازم للمركبة من أجل الإنزلاق لمسافة الـ (٢٥) متر الأولى فهذا يعني بأنها لا تزال على السطح الأول وإن المركبة لم تقف خلال الإنزلاقالأول.

بما أن المطلوب حساب الوقت المستغرق للإنزلاق على السطح الأول وبالتالي علينا معرفة (V_f) ، لذا فإننا نبحث عن معادلة السرعة المتجهة التي لها سرعة متجهة ابتدائية ومسافة وعامل احتكاك وقدوجدنا:

$$v_{١\square} = \sqrt{v_i^{٢} - ١٩.٦\square\square}$$

$$v_{١\square} = \sqrt{\left(\frac{١١٣}{٣.٦}\right)^{٢} - ١٩.٦ * ٠.٤٥ * ٢٥}$$

$$v_{١\square} = ٢٧.٧\square/s$$

وبتطبيق معادلة الوقت:

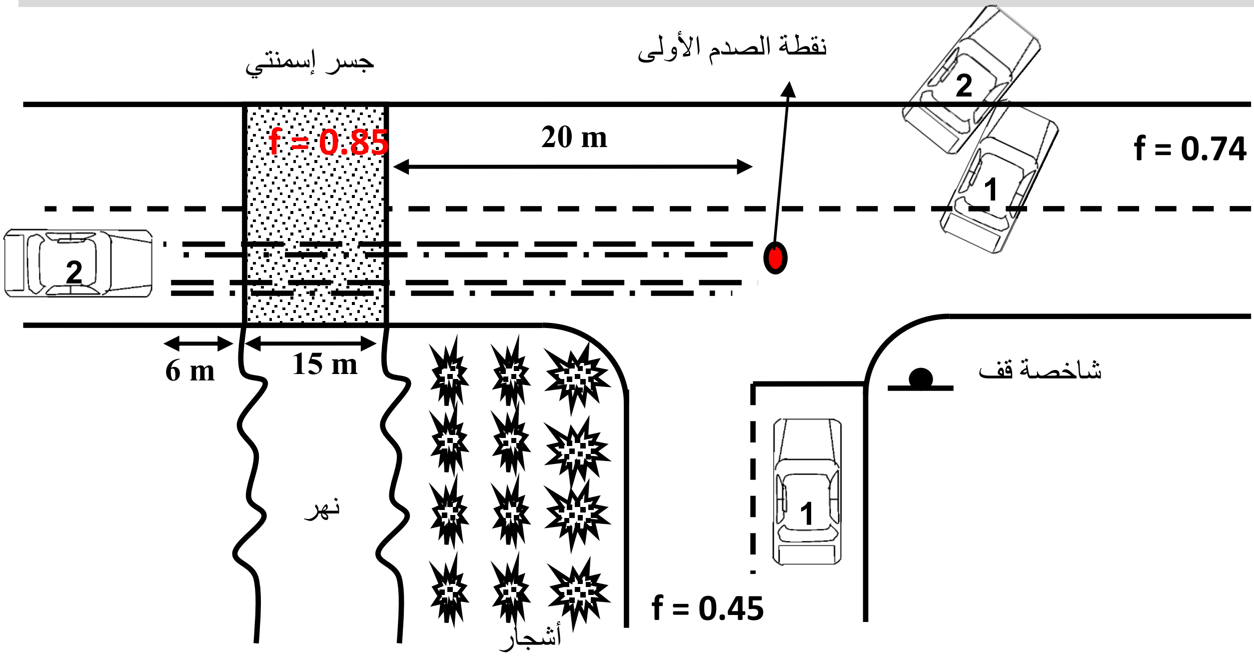
$$t = \frac{V_i - V_f}{٩.٨١\square}$$

$$t = \frac{٣١.٤ - ٢٧.٧}{٩.٨١ * ٠.٤٥}$$

$$t = ٠.٨٤\square$$

وهو الوقت المطلوب للمركبة لتنزلق مسافة (٢٥) متر الأولى.

مثال (١٣): بالاستناد إلى الشكل التالي:



إذا علمت أن:

سرعة الصدم للمركبة الأولى (٤٠) كم/بالساعة وسرعة الصدم للمركبة الثانية (٦٥) كم/ بالساعةومركز كتلة المركبة الأولى تحرك (١٠) متر من شاخصة قف إلى نقطة التصادم بين المركبتين.

أحسب ما يلي:

١. سرعة المركبة الثانية عند بداية الإنزلاق؟
٢. سرعة المركبة الثانية عند بداية الإنزلاق على الجسر الإسمنتي؟
٣. الوقت المستغرق للمركبة الثانية للإنزلاق خلال الـ (٤١) متر؟
٤. كم كانت تبعد المركبة الثانية عن نقطة الصدم عندما كانت المركبة الأولى عند شاخصة قف إذا كانت المركبة الأولى قد قطعت شاخصة قف على سرعة (٤٠) كم/بالساعة؟
٥. هل بإمكان المركبة الأولى أن تقف عند شاخصة قف؟ (لا يوجد علامات تقشيط تسارع) ولماذا؟

الحل:

١. سرعة المركبة عند بداية الإنزلاق:

$$S_i = \sqrt{S_١^٢ + S_٢^٢ + S_٣^٢ + \ S_{\text{impact}}^٢}$$

$$S_i = \sqrt{٢٥٤\ (\mathrm{f_١ d_١} + \mathrm{f_٢ d_٢} + \mathrm{f_٣ d_٣}) + S_{\text{impact}}^٢}$$

$$S_i = \sqrt{٢٥٤\ (٠.٧٤ \times ٦ + ٠.٨٥ \times ١٥ + ٠.٧٤ \times ٢٠) + ٦٥^٢}$$

$$S_i = ١١١.١\square\square/h$$

٢. سرعةالمركبة عند بداية الجسر الأسمنتي:

$$S_{٢\square} = \sqrt{S_٢^٢ + S_٣^٢ + \ S_{\text{impact}}^٢}$$

$$S_{٢\square} = \sqrt{٢٥٤\ (\mathrm{f_٢ d_٢} + \mathrm{f_٣ d_٣}) + S_{\text{impact}}^٢}$$

$$S_{٢\square} = \sqrt{٢٥٤\ [(٠.٨٥)١٥ + (٠.٧٤)٢٠] + ٦٥^٢}$$

$$S_{٢\square} = ١٠٥.٩\square\square/h$$

$$v_{٢\square} = ٢٩.٤\ \mathrm{m/sec}$$

٣. يجب أن نحسب وقت الإنزلاق لكل سطح بما أننا عرفنا السرعة في بداية الإنزلاق وبداية الجسر وما نحتاجه هو حساب السرعة عند نهاية الجسر:

$$v_{٢\square} = \sqrt{v_{٢\square}^{٢} - ١٩.٦ f_{٢} d_{٢}}$$

$$v_{٢\square} = \sqrt{٢٩.٤^{٢} - ١٩.٦ * ٠.٨٥ * ١٥}$$

$$v_{٢\square} = ٢٤.٨ \square / s$$

السطح الأول (f = 0.74) و (d = 6 m):

$$v_{١\square} = \frac{١١١.١}{٣.٦} = ٣٠.٨ \square / s$$

$$v_{١\square} = \frac{١٠٥.٩}{٣.٦} = ٢٩.٤ \square / s$$

$$t_{١} = \frac{v_{١\square} - v_{١\square}}{f_{١} g} = \frac{٣٠.٨ - ٢٩.٤}{٩.٨١ * ٠.٧٤} = ٠.١٩ \square$$

السطح الثاني (f = 0.85) و (d = 15 m):

$$v_{٢\square} = ٢٩.٤ \square / s$$

$$v_{٢\square} = ٢٤.٨ \square / s$$

$$t_{٢} = \frac{v_{٢\square} - v_{٢\square}}{f_{٢} g} = \frac{٢٩.٤ - ٢٤.٨}{٩.٨١ * ٠.٨٥} = ٠.٥٥ \square$$

السطح الثالث (f = 0.74) و (d = 20 m):

$$v_{٣\square} = ٢٤.٨ \square / s$$

$$v_{٣\square} = v_{\text{impact}} = ١٨ \square / s$$

$$t_{٣} = \frac{v_{٣\square} - v_{٣\square}}{f_{٣} g} = \frac{٢٤.٨ - ١٨}{٩.٨١ * ٠.٠.٧٤} = ٠.٩٣ \square$$

الوقت المطلوب للمركبة رقم (٢) حتى تنزلق مسافة (٤١) متر:

$$t = t_{١} + t_{٢} + t_{٣} = ٠.١٩ + ٠.٥٥ + ٠.٩٣$$

$t = ١.٦٧$□

٤. يجب أن تتحرك المركبة (١٠) متر بسرعة (٤٠) كم/ بالساعة:

وبالتالي فإن الوقت المطلوب للمركبة الأولى حتى تتحرك من شاخصة قف إلى نقطة الصدم هو:

$$t = \frac{d}{s} = \frac{١٠}{٤٠/٣.٦} = ٠.٩□□□$$

هذا الوقت مشابه إلى وقت الإنزلاق فوق السطح الأخير لذا ستكون المركبة (٢) على بعد (٢٠) من نقطة الصدم عندما تكون المركبة الأولى عند شاخصة قف.

٥. إنه غير ممكنا وذلك لعدم توفر معامل تسارع عالي:

$$\boldsymbol{f = \frac{S^2}{254d} = \frac{(40)^2}{254(10)} = 0.62}$$

نلاحظ هنا أن معامل الاحتكاك أعلى من معامل احتكاك الطريق والبالغ (٠,٤٥)

حسابات السرعة في إعادة بناء الحادث المروري

حساب السرعة من علامة الإنزلاق

إن شكل معادلة الإنزلاق البسيط هو حيث $S=\sqrt{254\, f d}$ هي مسافة الإنزلاق و (f) هو معامل الاحتكاك و (٢٥٤) هو رقم ثابت جاء من عملية الاشتقاق لهذه المعادلة وان أساس هذه المعادلة بالإضافة إلى معادلة السرعة المشتركة وانتقال الوزن هي نظرية طاقة الشغل حيث أن هذه النظرية تنص على أن
الشغل = الطاقة الحركية أو. $\frac{1}{2}m(v^2)$=F(d)

إن أهم جزء في اشتقاق معادلة الإنزلاق حتى الوقوف هو تحديد مقدار (F) أو القوة المطلوبة من أجل نقل المركبة بالإضافة إلى أننا نحتاج لوضع قيمة دقيقة في المعادلة لمعامل الاحتكاك (f).

١. اشتقاق معادلة الإنزلاق حتى الوقوف (*Slide to stop equation*):

$$S = \sqrt{254\ f d}$$

السرعة = S

معامل التباطؤ= f

مسافة الإنزلاق حتى الوقوف = d

أ. سنبدأ بنظرية الطاقة والشغل:

الشغل = الطاقة الحركية

دعنا نتذكر بأن W = Fd حيث أن W = الشغل، و F = القوة، و d = المسافة (بالمتر)

وأيضاً دعنا نتذكر بأن

$$\frac{1}{2}m(v^2) = \text{ke}$$

حيث أن ke = الطاقة الحركية، و m = الكتلة، و V = السرعة المتجهة

وباستبدال Fd بالشغل، و $\frac{١}{٢}m(v^٢)$ بالطاقة الحركية سوف تحصل على:

$$\frac{١}{٢}mv^٢ = Fd.................\ (1)$$

والآن سنتذكر بأن F = W f

حيث f = معامل التباطؤ (معامل الاحتكاك) و W = وزن المركبة

وأيضا تذكر بأن$\frac{W}{g} = m$ التي هي تطبيق مباشرة لقانون نيوتن الثاني حيث m = الكتلة، وW = الوزن، و g = تسارع الجاذبية الأرضية، وبتعويض ($W f$) بدلا من (F) و$\frac{W}{g}$بدل mفي المعادلة رقم (١)أعلاه نحصل على :

$$\frac{١}{٢}\frac{W}{g}v^{٢} = Wfd$$

وبقسمة طرفي المعادلة على W نحصل على:

$$\frac{١}{٢\square}v^{٢} = fd$$

أضرب طرفي المعادلة بـ (٢g) نحصل على المعادلة التالية:

$$v^{٢} = ٢\square\square\square$$

بترتيب المعادلة

$$v^{٢} = ١٩.٦\square\square$$

$$\frac{S^{٢}}{٣.٦^{٢}} = ١٩.٦\square\square$$

$$S = \sqrt{٢٥٤.f.d}$$

ب. طريقة أخرى للاشتقاق:

$$v^{٢} = ٢ad$$

$$d = \frac{v^{٢}}{٢fg} \quad و \quad a = fg$$

$$d = \frac{S^{٢}/٣.٦^{٢}}{٢ * ٩.٨١.f}$$

$$d = \frac{S^{٢}}{٢٥٤.f}$$

$$S = \sqrt{٢٥٤.f.d}$$

الحالات التي يتم فيها عمل تصحيح لمعامل الاحتكاك:

١) عندما لا يحدث غلق لكامل إطارات المركبة.

٢) في حالة أن الطريق غير مستوي (صعوداً أو نزولاً).

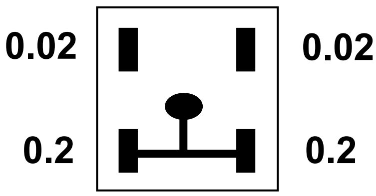
١) عندما لا يحدث غلق لكامل إطارات المركبة والطريق مستوي:

في هذه الحالة نحسب نسبة الفرملة ومن ثم نعدل معامل الاحتكاك وعلى النحو التالي:

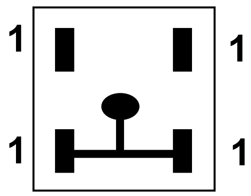
الطريقة الأولى:

الإطار الذي يحدث له غلق يأخذ نسبة فرملة (١) أما الإطار الذي لا يحدث له غلق كامل فيؤخذ نسبة فرملة (٠,٢) إذا كان مرتبط بنأقل الحركة ونسبة فرملة (٠,٠٢) إذا لم يكن مرتبط بنأقل الحركة.

لا يوجد غلق كامل على الإطارات



غلق كامل

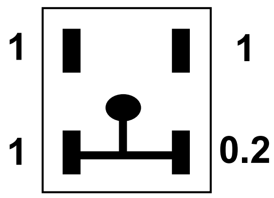


$$n = \frac{\text{مجموع نسب الفرملة}}{4}$$

مثال:

في الشكل المجاور أحسب نسبة الفرامل؟

الحل:

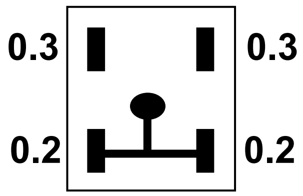


$$n = \frac{\text{مجموع نسب الفرملة}}{4} \Rightarrow n = \frac{1+1+1+0.2}{4} = 0.8$$

الطريقة الثانية:

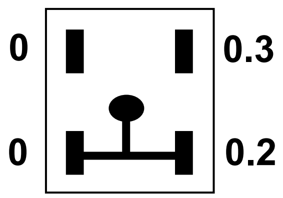
تعتمد هذه الطريقة على مبدأ انتقال الوزن حيث تكون هذه النسب كما يلي:

الإطار الذي يحدث له غلق نضع قيمته والذي لا يحدث له غلق يأخذ القيمة صفر فيأخذ الإطار الأمامي في حالة الغلق القيمة (٠,٣) أما الإطار الخلفي في حالة الغلق فيأخذ القيمة (٠,٢).



مثال:

في الشكل المجاور أحسب نسبة الفرملة للقيم المبينة في الشكل؟



الحل:

$$\mathbf{n = 0 + 0 + 0.3 + 0.2 =}$$

وهنا يمكن تلخيص القاعدة التالية:

أ) سيارات الركوب:

في حال غلق الإطارات الأمامية فقط ← n = 60%

في حالة غلق الإطارات الخلفية فقط ← n = 40%

في حالة غلق إطار واحد أمامي وغلق الإطارات الخلفية ← n = 70%

في حالة غلق إطار واحد خلفي وغلق الإطارات الأمامية ← n = 80%

ب) المقطورات:

في حالة المقطورات غير المحملة ← n = 30% إلى ٣٤%

في حالة المقطورات المحملة ← n = 67%

وفي كلتا الطريقتين يكون تصحيح معامل الاحتكاك كما يلي:

$$\mu = f.n$$

وتكون معادلة السرعة من علامة الإنزلاق على النحو التالي:

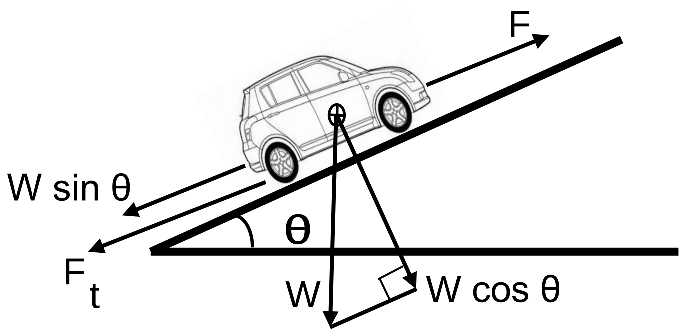
$$S = \sqrt{٢٥٤.(f.n).d}$$

٢) في حالة أن الطريق غير مستوي (صعوداً أو نزولاً) يكون تصحيح معامل الاحتكاك على النحو التالي:

أ) عندما يكون ميلان الطريق لغاية (١٠٪) وحدث غلق كامل من جميع الإطارات نستخدم المعادلة التالية:

$$\mu = f + \text{m}$$

دعنا نستعمل التحليل التالي لنرى كيف يتم حساب السرعة من علامة الإنزلاق في الحالة التالية:



تقف هذه المركبة على مرتفع وهنا نحن نركز على القوى المؤثرة بشكل موازيا على سطح الطريق وبتلخيص تلك القوى يمكننا أن نحصل على:

$$\boldsymbol{F_t = f.W \rightarrow F_t = f(W\cos\theta)}$$

وبناء على ذلك وحسب قانون نيوتن الثالث فإن:

$$\boldsymbol{F = F_t + (W\sin\theta)}$$

$$\boldsymbol{F = f(W\cos\theta) + (W\sin\theta)}$$

$$\boldsymbol{F = W(f\cos\theta + \sin\theta)}\text{........ (2)}$$

في حالة الزاوية الصغيرة لغاية (٦) درجة أو الميلان حتى (١٠٪) فإن جا (الزوايا الصغيرة) تقريبا هو نفسه ظا (هذه الزوايا) وبالتالي فإن$\boldsymbol{\sin\theta = m}$و $\boldsymbol{\cos\theta = 1}$حيث أن (m) هي الميل وباستبدال قيم (١ = Cos Θ) و (Sin Θ = m) في المعادلة رقم (٢)فإننا نحصل على :

$$\boldsymbol{F = W(f + m)}$$

وبالرجوع إلى المعادلة رقم (١) الواردة في اشتقاق معادلة الإنزلاق حتى الوقوف:

$$\frac{١}{٢}mv^{٢} = Fd$$

وبتعويض قيمة $\text{m} = \frac{\text{W}}{\text{g}}$ و$\text{F} = \text{W}(\text{f} + \text{m})$في المعادلة السابقة وترتيب المعادلة:

$$\frac{\text{W}}{٢\Box}v^{٢} = \text{W}(\text{f} + \text{m})d$$

وبمتابعة خطوات اشتقاق معادلة السرعة من الإنزلاق نجد أن:

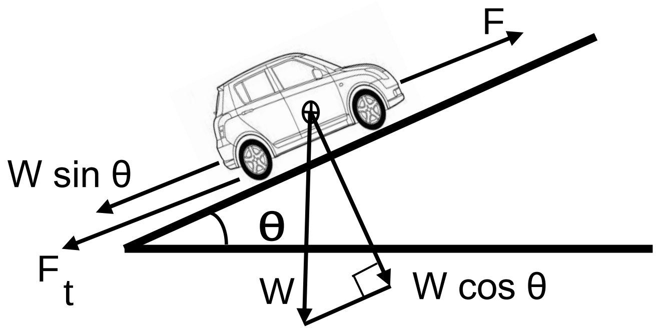
$$S = \sqrt{٢٥٤.d(f+m)}$$

وتكون هذه معادلة الإنزلاق حتى الوقوف لمرتفع بدرجة ميلان ١٠% أو أقل.

أما المعادلة التالية فتكون لمنحدر بدرجة ميلان (٪١٠) أو أقل:

$$S = \sqrt{٢٥٤.d(f-m)}$$

ب) عندما يكون ميلان الطريق أكثر من (٪١٠) وحدث غلق من جميع الاطارات نتبع ما يلي:



يرجى ملاحظة أن الخطوات في هذه الحالة هي نفسها في الحالة السابقة باستثناء أن $\sin\theta \neq m$ وأن $\cos\theta \neq ١$ وبالعودة إلى المعادلة رقم (٢):

$$F = W(f\cos\theta + \sin\theta)$$

وبالرجوع إلى المعادلة رقم (١) الواردة في اشتقاق معادلة الإنزلاق حتى الوقوف:

$$\frac{١}{٢}mv^{٢} = Fd$$

وبتعويض قيمة $m = \frac{W}{g}$ و $F = W(f\cos\theta + \sin\theta)$ في المعادلة السابقة وترتيب المعادلة:

$$\frac{W}{٢\square}v^{٢} = W(f\cos\theta + \sin\theta)d$$

$$\frac{١}{٢\square}v^{٢} = (f\cos\theta + \sin\theta)d$$

$$\frac{S^{٢}}{٣.٦^{٢}} = ١٩.٦d(f\cos\theta + \sin\theta)$$

$$S = \sqrt{٢٥٤d(f\cos\theta + \sin\theta)}$$

تكون هذه المعادلة (الإنزلاق حتى الوقوف) لمرتفع أكثر من (٪١٠) درجة.

أما المعادلة التالية فتكون لمنحدر بدرجة ميلان أكثر من (٪١٠) درجة

$$S = \sqrt{٢٥٤ d(f\cos\theta - \sin\theta)}$$

ج) عندما يكون ميلان الطريق لغاية (٪١٠) ولم يحدث غلق من جميع الاطارات:

إذا كان ميل الطريق لغاية (٪١٠) درجة يمكن حساب السرعة من علامة الإنزلاق من المعادلة التالية:

$$S = \sqrt{٢٥٤ \square (\mathrm{nf} \pm m)}$$

حيث أن المرتفع للأعلى له إشارة (+) والمنحدر للأسفل له إشارة (-).

د) عندما يكون ميلان الطريق أكثر من (٪١٠) ولم يحدث غلق من جميع الإطارات:

إذا كان ميل الطريق أكثر من (٪١٠) درجة يمكن حساب السرعة من علامة الإنزلاق من المعادلة التالية:

$$S = \sqrt{٢٥٤ d(nf\cos\theta \pm \sin\theta)}$$

حيث أن المرتفع للأعلى له إشارة (+) والمنحدر للأسفل له إشارة (-)

والجدول التالي يبين معامل السحب المصحح في حالة أن الطريق غير مستوي بميلان أكثر من (٪١٠) (بطريقة المعادلات) ومعامل السحب المصحح بطريقة الحساب المتبعة في حال أن الميلان (٪١٠) أو أقل (مقابلة الدرجات بالنسبة المئوية إلى الزاوية بالدرجات).

الفرق (%)	معامل السحب (f) الحقيقي	معامل السحب المصحح (m + f)	الزاوية	الميلان (m)
0%	1.00	1.00	٠°	0%
+0.54 %	1.094	1.10	٥,٧°	10%
+2.0 %	1.175	1.20	١١,٣°	20%
+4.1 %	1.244	1.30	١٦,٦٩°	30%
+7.8%	1.299	1.40	٢١,٨°	40%
+11.8%	1.341	1.50	٢٦,٥٦°	50%
+16.6%	1.372	1.60	٣١°	60%
+22.0%	1.392	1.70	٣٥°	70%
+28.1%	1.405	1.80	٣٨,٦°	80%
+34.5%	1.412	1.90	٤٢°	90%
+41.4%	1.414	2.00	٤٥°	100%

مثال:

إنزلقت مركبة على مرتفع حتى تقف على درجة ميلان (+٨٪) وكانت مسافة الإنزلاق (٥٠) متر حيث أن العجلات الأمامية فقط فرملت (نسبة الفرامل = ٠,٦) وكان معامل الاحتكاك لمستوى الطريق (٠,٦٨) فكم كانت سرعة المركبة؟

الحل:

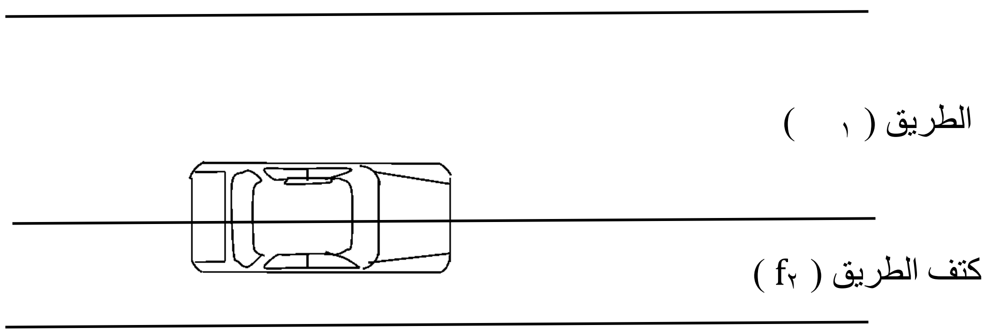
$$S = \sqrt{٢٥٤\square(nf \pm m)}$$

$$S = \sqrt{٢٥٤ * ٥٠(٠.٦ * ٠.٦٨ + ٠.٠٨)}$$

$$S = ٧٨.٨\square\square/hr$$

١) عندما تسير المركبة على سطحين مختلفين:

والآن دعنا نضع صيغة معادلة السرعة من علامات الإنزلاق لمركبة تسير على سطحين بحيث أن عجلاتها اليسرى لها معامل احتكاك واحد وعجلاتها اليمنى لها معامل احتكاك واحد:



أ. إذا حدث غلق من جميع الإطارات تكون المعادلة لهذه الحالة هي:

$$f_{\text{الكلية}} = \frac{(f)_1 + (f)_2}{2} \qquad \text{لان} \qquad S = \sqrt{127(f_1 + f_2)d}$$

ب. أما إذا كان لدينا وضع مشابه يتضمن نسبة فرملة مئوية فإننا نستخدم هذا الشكل من المعادلة:

$$S = \sqrt{254(n_1 f_1 + n_2 f_2)d}$$

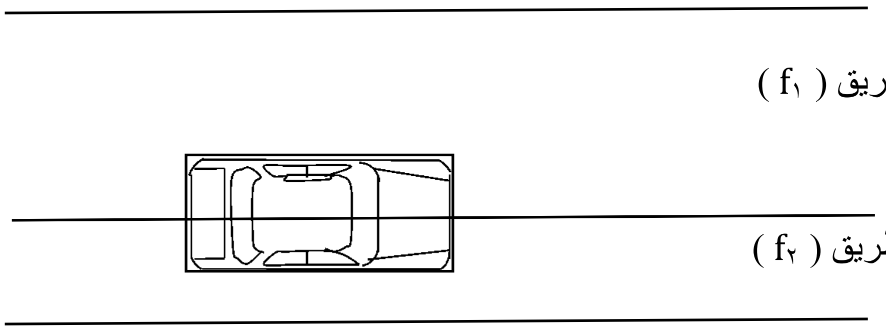
حيث أن n هي نسبة الفرملة المئوية.

ج. أما إذا كان لدينا نسبة فرملة مئوية ودرجة ميلان فإن المعادلة تكون على النحو التالي:

$$S = \sqrt{254\left\{(n_1 f_1 + n_2 f_2) \pm m\right\} d}$$

مثال:

في الحالة الموضحة في الشكل أدناه تم فحص إنزلاق مركبة بسرعة (٥٠) كم/الساعة ونبين أن معامل احتكاك الطريق يساوي (٠,٧١) ومسافة الإنزلاق تساوي (١٦) متر فما هو معامل الاحتكاك لكتف الطريق؟



الحل:

$$S = \sqrt{127(f_1 + f_2)d}$$

$$f_2 = \frac{S^2}{127\ d} - f_1$$

$$f_2 = \frac{(50)^2}{127\ (16)} - 0.71$$

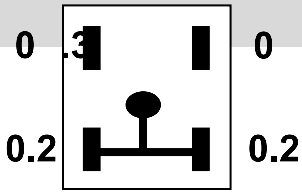
$$f_2 = 0.52$$

مثال:

إنزلقت مركبه كما بالمثال أعلاه (السابق) حيث تم القيام بفحص الإنزلاق على طريق مستوي وأعطى معامل الاحتكاك (٠,٧١) لسطح الطريق وقد حسبنا معامل الاحتكاك لكتف الطريق فكان (٠,٥٤) وكان الإنزلاق على طريق بدرجة ميلان (+٥٪) حيث أن العجل الأمامي الأيمن للمركبة على كتف الطريق لا يعمل وكانت مسافة الإنزلاق هي (٤٧) متر، فكم كانت سرعة المركبة؟

الحل:

الرسم المجاور يبين نسب الفرامل لإطارات المركبة:



$$S = \sqrt{\left\{254\ (n_1 f_1 + n_2 f_2) \pm m\right\} d}$$

$$S = \sqrt{\left\{254\ (0.71 \times 0.5) + (0.54 \times 0.2) + 0.05\right\}(47)}$$

$$S = \sqrt{6124.19}$$

$$S = 78 \text{ Km/hr}$$

معادلات السرعة المشتركة (Combined Speed Equation):

$$S = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + \cdots\cdots + S_n^2}$$

$$S = \sqrt{254\,(f_1 d_1 + f_2 d_2 + f_3 d_3 + \cdots\cdots + f_n d_n)}$$

$$S = \sqrt{254\,(f_1 d_1 + f_2 d_2 + f_3 d_3) + S_{impact}^2}$$

يتم جمع السرعات لغاية حصول الانحراف أو السقوط بعد ذلك يتم إهمال أية سرعة تنتج بعد السقوط أو الانحراف وذلك لأن أي ضرر يلحق بالجسم بعد الانحراف يكون سببه وجود قوى فيزيائية تؤثر على الجسم وليس بسبب فقدان الطاقة أي أن سلوك المركبة يكون خارج نطاق سيطرة السائق عليها، أما في حالة السقوط فإن سلوك المركبة يكون ناتج عن ارتطام المركبة بالأرض.

١) اشتقاق معادلات السرعة المشتركة

من خلال المعادلات التالية:

$$(١).......\ \boldsymbol{K_e = F.d = \frac{1}{2}m\left(v_i^2 - v_f^2\right)}$$

$$(٢).......\boldsymbol{F = W.f}$$

وبتعويض قيمة (F) من المعادلة رقم (٢) في المعادلة رقم (١)

$$\boldsymbol{\frac{1}{2}m\left(v_i^2 - v_f^2\right) = W.f.d}$$

وبتعويض قيمة $(m = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{g}})$ في الطرف الأيسر من المعادلة السابقة:

$$\boldsymbol{\frac{W}{2g}\left(v_i^2 - v_f^2\right) = W.f.d}$$

وبقسمة طرفي المعادلة على (W):

$$\boldsymbol{\frac{\left(v_i^2 - v_f^2\right)}{2g} = f.d}$$

بالضرب التبادلي:

$$\boldsymbol{\left(v_i^2 - v_f^2\right) = 2g.f.d}$$

$$\boldsymbol{\left(v_i^2 - v_f^2\right) = (19.6)f.d}$$

$$\boldsymbol{\left(\frac{S_i^2}{3.6^2} - \frac{S_f^2}{3.6^2}\right) = (19.6)f.d}$$

$$\boldsymbol{\left(\frac{S_i^2 - S_f^2}{3.6^2}\right) = (19.6)f.d}$$

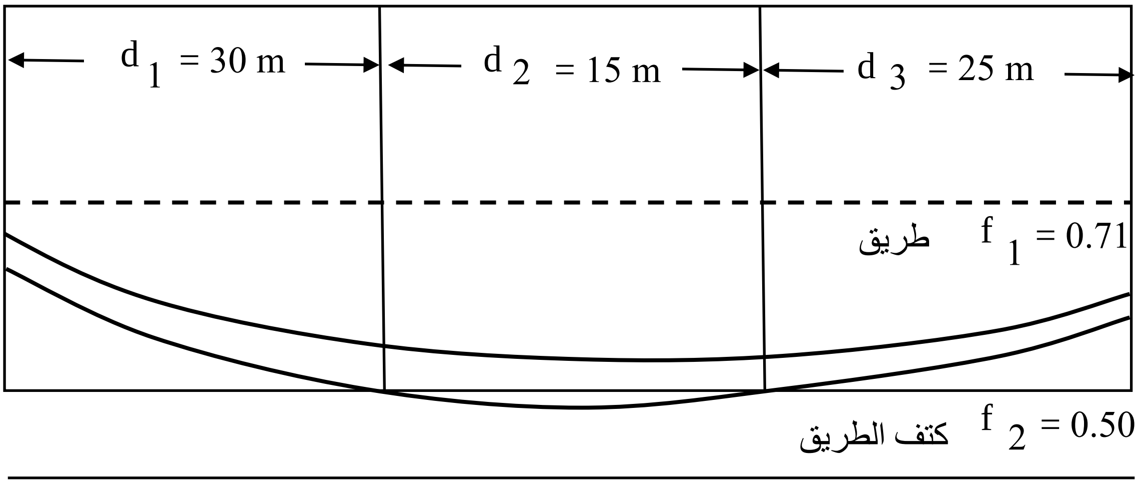
$$S_i = \sqrt{٢٥٤\mathrm{f.d} + S_{\mathrm{f}}^{٢}}$$

$$S_i = \sqrt{S_{١}^{٢} + S_{\mathrm{f}}^{٢}}$$

$$S_i = \sqrt{٢٥٤(f_{١}d_{١}) + ٢٥٤(f_{٢}d_{٢}) + \cdots}$$

مثال:

إنزلقت مركبة على ثلاثة أسطح كماهو مبينا بالرسم أدناه، ما هي سرعة المركبة في بداية الإنزلاق؟



الحل:

$$S_i = \sqrt{٢٥٤(f_١ d_١) + ٢٥٤(f_٢ d_٢) + \cdots}$$

$$S_i = \sqrt{٢٥٤(٠.٧١ * ٣٠) + ١٢٧(٠.٧١ + ٠.٥)١٥ + ٢٥٤(٠.٧١ * ٢٥)}$$

$$S_i = ١١٠□□/hr$$

مثال:

إنزلقت مركبة للوقوف على منحدر حيث تركت علامات إنزلاق للعجلات الأربعة بمعدل (٥٥) متر ونسبة المنحدر هي (٥٪) للأسفل ثم اصطدمت بشخص (مشاة) على بعد (٣٠) متر من بداية الإنزلاق وقد قمنا بفحص إنزلاق لمركبة مشابهه على سرعة (٥٠) كم/ بالساعة لتعطي أطول مسافة فحص إنزلاق (١٢) متر على منحدر (+٣٪)، ماهي سرعة المركبة عندما بدأت بالإنزلاق؟ وما هي سرعة المركبة عندما اصطدمت بالمشاة؟

الحل:

نبدأ بحساب معامل الاحتكاك من بيانات الفحص:

$$f = \frac{s^2}{254d} - m$$

$$f = \frac{50^2}{254(13)} - (0.03)$$

$$f = 0.71$$

يتم الآن حساب السرعة عند بداية الإنزلاق:

$$S = \sqrt{254d(f \pm m)}$$

$$S = \sqrt{254(55)(0.71 - 0.05)}$$

$$= 96km/hr$$

الآن سنقوم بحساب سرعة الاصطدام بالمشاة على النحو التالي:

$$v_{impact} = \sqrt{v_i^2 - 2.g.f.d}$$

$$v_{impact} = \sqrt{\frac{96}{3.6} - 2 * 9.81 * 0.71 * 30}$$

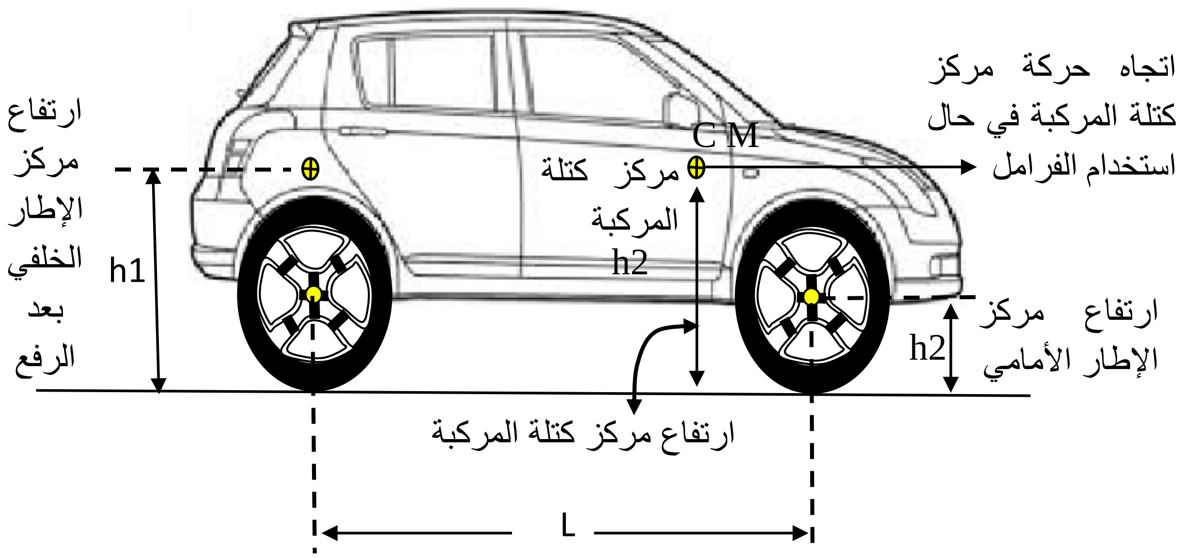
$$v_{impact} = 17.2m/s$$

$$S_{impact} = 62km/hr$$

انتقال الوزن: Weight Shift

إن عملية انتقال الوزن لها دور مهم في حساب السرعة من علامة الإنزلاق فإذا حدث غلق من جميع إطارات المركبة أو غلق من الإطارات الأمامية فقط وكانت علامة الفرامل مستقيمة فإنه يمكن إهمال عملية انتقال الوزن أما إذا وجد بعض الإطارات بدون فرامل أو أن نظام الفرامل عليها غير عامل (خلل في نظام الفرامل) فإنه يتم الأخذ بعين الاعتبار عملية انتقال الوزن وبالتالي زيادة مسافة الإنزلاق.

إن قيام السائق باستخدام الفرامل يسبب انتقال الوزن حيث يحاول مركز الكتلة أن يستمر بالاندفاع إلى الأمام الأمر الذي يؤدي إلى زيادة الضغط على محاور المركبة الأمامية وبالتالي نزول مقدمة المركبة وارتفاع مؤخرتها، فكلما كان ارتفاع مركز كتلة المركبة مرتفع عن سطح الأرض كلما كانت عملية انتقال الوزن إلى الأمام أكبر.



:h ارتفاع مركز كتلة المركبة فوق سطح الطريق (بالمتر).

:h2 ارتفاع مركز (محور) الإطارات الأمامية عن الأرض (بالمتر).

:h1 ارتفاع مركز (محور) الإطارات الخلفية عن الأرض (بالمتر) (تؤخذ على الأقل ٧٥ سم).

:W_w الوزن على الإطارات الأمامية بعد رفع المركبة من الخلف (نيوتن).

:W_f الوزن على الإطارات الأمامية قبل عملية الرفع (نيوتن).

:L المسافة المحورية(بالمتر).

:W_T الوزن الكلي للمركبة (نيوتن).

وفي حالة انتقال الوزن نقوم باستعمال ثلاثة معادلات وعلى النحو التالي:

$$h = h_2 + \frac{(w_w - w_F)l\sqrt{L_2 - (h_1 - h_2)^2}}{WT(h_1 - h_2)} \quad \text{.....................} \ (١)$$

تحسب المعادلة السابقة ارتفاع مركز الكتلة بالنسبة للمستوى بين المحاور الأمامية والخلفية ثم يضاف إلى الارتفاع المحسوب لمركز الكتلة ارتفاع المحور عن الأرض.

$$\triangle W = \frac{\frac{h}{L}(W_F f_F + W_R f_R)}{\left\{1 - \left(\frac{h f_F}{L}\right)\right\} + \left\{\frac{h}{L} f_R\right\}} \quad \text{..............................} (٢)$$

$\triangle W$ **:** معدل انتقال الوزن

h: ارتفاع مركز كتلة المركبة فوق سطح الطريق (بالمتر)

L: ارتفاع قاعدة الإطارات (بالمتر)

W_F الوزن على الإطارات الأمامية (نيوتن)

W_R: الوزن على الإطارات الخلفية (نيوتن)

f_F: معامل احتكاك الإطارات الأمامية

f_R: معامل احتكاك الإطارات الخلفية

تحسب المعادلة السابقة معدل الوزن الذي انتقل إلى المحور الأمامي.

بعد ذلك يتم حساب السرعة من المعادلة التالية:

$$S = \sqrt{254\left\{\frac{f_F d_F (W_F + \triangle W) + f_R d_R (W_R - \triangle W)}{W_T}\right\}} \quad \text{.......} (٣)$$

d_F ⬅ مسافة الإنزلاق للإطارات الأمامية (متر)

d_R ⬅ مسافة الإنزلاق للإطارات الخلفية (متر)

مثال:

إنزلقت مركبة بوزن (٢٠٠٠) كغم حتى تقف على إطاراتها الخلفية وكانت مسافة الإنزلاق (٨٠) متر وعامل الاحتكاك على الطريق (٠,٧١) بواسطة المزلجة (sled) وجه السائق المركبة لتقفباستقامة وقد تم قياس نصف قطر الإطار الأمامي من الطريق إلى مركز المحور (٠,٤) متر وكانت قاعدة الإطارات (٢,٦) متر وكان الوزن على الإطارات الأمامية (١٢٥٠) كغم والوزن على الإطارات الخلفية (٧٤٠) كغم، فكم سرعة المركبة عند بداية الإنزلاقعلما بأن المركبة عبارة عن بكب صغير ذو إطارات كبيرة؟

الحل: أولا: نحسب ارتفاع مركز الكتلة للقيام بذلك نرفع المحور الخلفي (٩٠) سم لنجد وزن المحور الأمامي والذي يبلغ (١٣٠٠) كغم، ثم نعوض هذه القيمة في المعادلة:

$$h = h_2 + \frac{(w_w - w_F)\, l \sqrt{L_2 - (h_1 - h_2)^2}}{WT(h_1 - h_2)}$$

وبالتعويض بالمعادلة السابقة نجد (h)

$$\left.\begin{array}{lcl} 0.4\ \text{m} & \Leftarrow & h2 \\ 0.9\ \text{m} & \Leftarrow & h1 \\ 1300\ \text{N} & \Leftarrow & W_w \\ 1250\ \text{N} & \Leftarrow & W_f \\ 2.6\ \text{m} & \Leftarrow & \mathbf{L} \\ 2000\ \text{N} & \Leftarrow & W_T \end{array}\right\} \quad h = 0.73\ \text{m}$$

بعد ذلك نحسب معدل الوزن الذي انتقل إلى المحور الأمامي من المعادلة التالية:

$$\triangle W = \frac{\frac{h}{L}\left(W_F f_F + W_R f_R\right)}{\left\{\mathbf{1} - \left(\frac{h}{L} f_F\right)\right\} + \left\{\frac{h}{L} f_R\right\}}$$

$$\left.\begin{array}{lcl} 0.73\ \text{m} & \Leftarrow & h \\ 2.6\ \text{m} & \Leftarrow & L \\ 1250\ \text{N} & \Leftarrow & W_F \\ 740\ \text{N} & \Leftarrow & W_R \\ 0 & \Leftarrow & f_F \\ 0.71 & \Leftarrow & f_R \end{array}\right\} \quad \triangle W = 122.93$$

لأنه لا يوجد غلق على الإطارات الخلفية

بعد ذلك نحسب السرعة من المعادلة التالية:

$$S = \sqrt{254\left\{\frac{f_F d_F\,(W_F + \triangle W) + f_R\,d_R\,(W_R - \triangle W)}{W_T}\right\}}$$

$$\left.\begin{array}{l} 0 \Leftarrow d_F \\ 80\ m \Leftarrow d_R \end{array}\right\} \rightarrow S = 66\ Km/hr$$

في المثال السابق إذا استعملنا معادلة الإنزلاق حتى الوقوف وإفترضنا أن النسبة المئوية للفرملة (٪٤٠) فإننا نحصل على:

$$S = \sqrt{254\ (80)\ (0.71)\ (0.40)}$$

$$S = 75\ Km/hr$$

وهذا يثبت لنا بأننا نحتاج لاستعمال انتقال الوزن من أجل الحصول على سرعة دقيقة.

يمكننا أن نشتق معادلة تمكننا من حساب انتقال الوزن في المركبات ذات الأربعة إطارات مع فرملة أي إطار بحيث تستخدم هذه المعادلة في حالة المركبات غير المفصولة (غير المعلقة) والتي لها أزواج محاور قريبة من بعضها مثل المركبات المستخدمة في نقل النفايات.

$$S = \sqrt{254\left[\frac{f_{RF} d_{RF}\left[W_{RF} + \frac{\Delta W}{2}\right] + f_{LF}\ d_{LF}\left[W_{LF} + \frac{\Delta W}{2}\right] + f_{RR}\,d_{RR}\left[W_{RR} + \frac{\Delta W}{2}\right] + f_{LR}\,d_{LR}\left[W_{LR} + \frac{\Delta W}{2}\right]}{W_T}\right]}$$

d_{RR}: مسافة الإنزلاق للإطار الخلفي الأيمن	f_{RF}: معامل الاحتكاك للإطار الأمامي الأيمن
d_{LR}: مسافة الإنزلاق للإطار الخلفي الأيسر	f_{LF}: معامل الاحتكاك للإطار الأمامي الأيسر
W_{RF}: وزن الإطار الأمامي الأيمن	f_{RR}: معامل الاحتكاك للإطار الخلفي الأيمن
W_{LF}: وزن الإطار الأمامي الأيسر	f_{LR}: معامل الاحتكاك للإطار الخلفي الأيسر
W_{RR}: وزن الإطارالخلفي الأيمن	d_{RF}: مسافة الإنزلاق للإطار الأمامي الأيمن
W_{LR}: وزن الإطارالخلفي الأيسر	d_{LF}: مسافة الإنزلاق للإطار الأمامي الأيسر

المعادلة التربيعية: Quadratic Equation

سوف نبحث في اشتقاق المعادلة التربيعية بطريقة بحتة، حيث أن هذا الشكل من المعادلات سيكون ذو أهمية كبيرة في حل بعض مسائل المسافة والوقت وفي اشتقاق معادلة تقابل المماس والتي سوف ترد في هذا المنهاج فيما بعد.

تعتبر المعادلة التربيعية من المعادلات الجبرية من الدرجة الثانية حيث أن لها جذرين أو حلين وهذان الجذران للمعادلة التربيعية يمكن حلهما باستخدام الصيغة التربيعية.

١. اشتقاق الصيغة التربيعية:

سنبدأ بالمعادلة التربيعية في الشكل التقليدي حيث أن هذه المعادلة لها المعاملات (a,b,c):

$$ax^2 + bx + c = 0$$

بنقل الثابت (c) إلى الجانب الأيمن من المعادلة:

$$ax^2 + bx = -c$$

بقسمة المعادلة على المعامل (a)

$$\frac{ax^2}{a} + \frac{bx}{a} = \frac{-C}{a}$$

$$x^2 + \frac{b}{a}x = \frac{-C}{a}$$

بجمع $\left(\frac{b^2}{4a^2}\right)$ لطرفي المعادلة .

$$x^2 + \frac{b}{a}x + \frac{b^2}{4a^2} = \frac{b^2}{4a^2} - \frac{C}{a}$$

وبترتيب الطرف الأيسر من المعادلة

$$\left(x + \frac{b}{2a}\right)\left(x + \frac{b}{2a^2}\right) = \frac{b^2}{4a^2} - \frac{C}{a}$$

$$\left(x + \frac{b}{2a}\right)^2 = \frac{b^2}{4a^2} - \frac{C}{a}$$

وبضرب طرفي المعادلة بـــ(٤a٢) :

$$4a^2\left(x+\frac{b}{2a}\right)^2 = 4a^2\frac{b^2}{4a^2} - 4a^2\frac{C}{a}$$

$$4a^2\left(x+\frac{b}{2a}\right)^2 = b^2 - 4aC$$

وبأخذ الجذر التربيعي لطرفي المعادلة:

$$2a\left(x+\frac{b}{2a}\right) = \pm\sqrt{b^2-4aC}$$

وبقسمة طرفي المعادلة على ٢:

$$x+\frac{b}{2a} = \frac{\pm\sqrt{b^2-4aC}}{2a}$$

وبترتيب المعادلة:

$$x = -\frac{b}{2a} \pm \frac{\sqrt{b^2-4aC}}{2a}$$

$$\boxed{x = \frac{-b\pm\sqrt{b^2-4aC}}{2a}}$$

وتسمى هذه المعادلة بالحل العام (القانون العام) للمعادلة التربيعية:

ملاحظة (١):

في المعادلة التربيعية يكون:

(a) هو معامل (x^2).

(b) هو معامل (x).

(c) هو الحد الثابت.

مثال (١):

في المعادلة $x^2 - 2rx + d^2 = 0$ أوجد قيمة كل من (a,b,c)

الحل:

يمكن معرفة قيمة كل من (a,b,c) بمقارنتها مع الصيغة العامة للمعادلة التربيعية

$$ax^2 + bx + c = 0$$

١ = a

$-2r$ = b

d^2 = c

مثال (٢):

إنزلقت مركبة لمسافة (٤٠) متر حتى توقفت على سطح له معامل احتكاك (٠,٦١) والسرعة الابتدائية (١٢٠) كم / الساعة كم استغرقت المركبة من الوقت أثناء عملية الإنزلاق؟

الحل:بما أن المركبة تنزلق فهذا يدل على أن المركبة تتباطأ والتسارع (-) وأن $(v_i = \frac{s_i}{3.6} = \frac{120}{3.6} = 33.3m/s)$وبتطبيق معادلة المسافة والوقت وصياغتها حسب الشكل التقليدي للمعادلة التربيعية":

$d = v_i t - \frac{1}{2}at^2$ وبكتابة المعادلة حسب الشكل التقليدي للمعادلة التربيعية

$0 = v_i t - \frac{1}{2}at^2 - d$وبترتيب المعادلة

$-\frac{1}{2}at^2 + v_i t - d = 0$ وبضرب المعادلة بـــ(-١) وتعويض قيمة $(a = fg)$

$\frac{1}{2}fgt^2 - v_i t + d = 0$ نستخرج قيمة كل من (a,b,c) في المعادلة التربيعية

$\boxed{a = \frac{1}{2}fg = 3 b = -v_i = -33.3m/s c = 40m}$ وبتعويض هذه القيم في القانون العام

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4aC}}{2a}$$

$$x = \frac{33.3 \pm \sqrt{33.3^2 - 4 * 3 * 40}}{6}$$

$x = t = 1.37s$ أو $x = t = 9.75s$وفي هذه الحالة تأخذ القيمة الأصغر

$$t = 1.37s$$

حساب السرعة من علامة الانحراف (السرعة الحرجة): Critical Speed Yaw

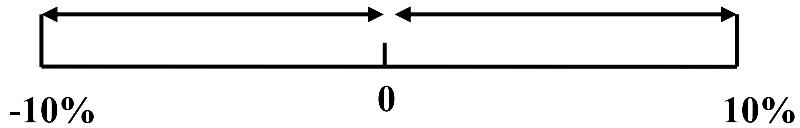
تعتبر حوادث المركبات التي تتضمن فقدان سيطرة حوادث شائعة الوقوع وكذلك حوادث التصادم الرأسي والتي تنتج عندما تنحرف المركبة من مسرب إلى المسرب الآخر وغالباً يتضمن كلا النوعين من الحوادث مركبة تسير بسرعة انحراف حرجة.

وتحدث السرعة الحرجة عندما تنعطف المركبة في نصف قطر بأسرع ما يمكن للسرعة المحددة لان الإطارات لا تمسك بالطريق جيداً حيث تبدأ بالإنزلاق الجانبي بمقدار قليل مع استمرارها في الدوران وهذا يترك علامات حافة الإطار مع تحزيزات وخدوش مائلة تقطع العلامة وعندما تنشأ علاقة الانحراف فإنه يظهر مسار للإطارات الخلفية مقابل مسار الإطارات الأمامية، أما في الانعطاف العادي بدون انحراف فإن مسارات الإطار الخلفي تكون داخل أو فوق مسار الإطار الأمامي.

١. المعادلات المستخدمة في حساب السرعة من علامة الانحراف:

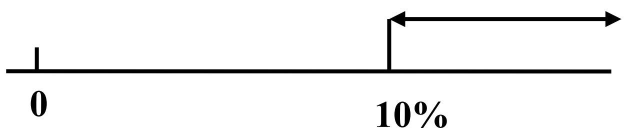
أ. إذا كان $(m \geq -10\%)$ أو $(m \leq +10\%)$:

$$(١)....\ S = 11.27\sqrt{r(f \pm m)}$$



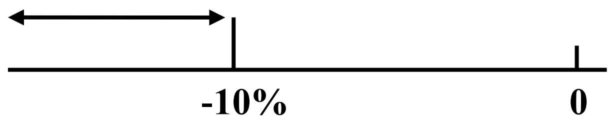
ب. إذا كان $(m \geq +10\%)$:

$$(٢)....\ S = \frac{11.27\sqrt{r(f \pm m)}}{\sqrt{1 - fm}}$$



ج. إذا كان ($m \leq -10\%$).

$$(٣)....\ S = \frac{11.27\sqrt{r(f \pm m)}}{\sqrt{1+fm}}$$



د. إذا كان ($m = 0$).

$$(١)....\ S = 11.27\sqrt{rf}$$

ملاحظة: يتماستعمال (f)
فيالمعادلاتالسابقةللسطحالأفقيأماإذاكانمعاملالاحتكاكلسطحمائلصعوداًأونزولاًفيت

٢. متغيرات حساب السرعة من الانحراف:

يجب أن نستخدم ثلاثة متغيرات لحساب السرعة من الانحراف وهذه المتغيرات هي:

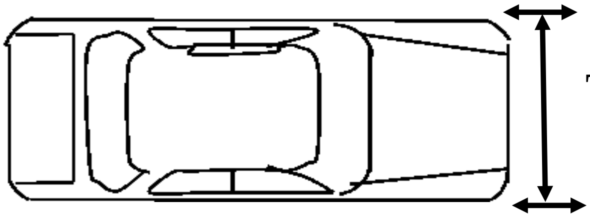
أ. نصف قطر علامة الانحراف Radius:

لا نستطيع أن نقيس نصف القطر لعلامة الانحراف مباشرة لذا يجب علينا أن نقيس الوتر والإحداثي الأوسط المبين في الجزء من معادلة نصف القطر حيث نقوم باختيار الوتر المناسب ولا يكون أقل من (١٠) متر أو أكثر (٣٠) متر ثم نقوم بقياس الوتر بدقة قدر المستطاع من خارج حافة علامة الإطار الأمامي وأيضا نقيس الإحداثي الأوسط من الحافة الخارجية لعلامة الإطار ثم نستعمل معادلة نصف القطر لحساب نصف قطر علامة الانحراف، بالطبع أننا مهتمين في نصف القطر المقطوع من قبل مركز الكتلة لذا فإننا نأخذ عرض المركبة ونقسم على (٢) ونطرح هذه القيمة من نصف قطر علامة الانحراف وذلك للحصول على نصف القطر المراد استخدامه في حساباتنا.

$$r = \frac{C^2}{8m} + \frac{m}{2} - \frac{T}{2}$$

حيث أن:

- ✓ r: طول نصف القطر
- ✓ C:طول الوتر.
- ✓ m: الإحداثي الأوسط.
- ✓ T: عرض المركبة.



ملاحظة: يتم قياس عرض المركبة من خارج الإطار الأمامي الأيسر إلى خارج الإطار الأمامي الأيمن.

ب. درجة ميلان الطريق العرضي: *Super*elevationoftheRoad:

لان القوة المؤثرة لبقاء المركبة على الطريق هي قوة الجاذبية لذا فإننا نهتم بدرجة الميلان الجانبي للطريق أكثر من الميلان الطولي ويمكننا أن نقيس الارتفاع من النقطة فوق علامة الانحراف ومن ثم نقيس الارتفاع في اتجاه تحزيزات أو خدوش علامات الانحراف لان هذا الاتجاه يشير إلى اتجاه الحركة الجانبية إذا كان الارتفاع بين (٪١٠) و (٪١٠-) فإننا نستعمل المعادلة رقم (١) أما إذا كان الارتفاع أكثر من (٪١٠ +) فإننا نستعمل المعادلة رقم (٢) أما إذا كان الارتفاع أقل من (٪١٠-) فإننا نستعمل المعادلة رقم (٣) لقد أخذت بحذر شارة (+) أو (–) لذا فإننا نستعمل القيمة المطلقة للميل والمعبر عنها بالأعشار.

ج. معامل احتكاك سطح الطريق DragFactor:

يتمتحديد معامل السحب للطريق عند القيام بفحص الإنزلاق ونضع هذا العامل للاحتكاك في المعادلة الحقيقية فإذا استخدمنا مزلجة الاحتكاك في اتجاه الخدوش فإننا نستعمل المعادلة:

$$S = 11.27\sqrt{rf}$$

مثال:

بدأت مركبة بالانحراف وتركت الطريق وارتطمت بشجرة على جانب الطريق فإذا كان ميلان الطريق العرضي (الجانبي) باتجاه الخدوش هو (+٦٪) والميل (*Grade*) يساوي (-٣٪) وقد تم فحص الإنزلاق على سطح شبيه بـ (٣٪) يميل للأسفل على طول مسافة الإنزلاق البالغة (١٣) متر ومن سرعة (٤٥) كم/ بالساعة وقد اخترنا الوتر بطول (١٧) متر والإحداثي الأوسط (٤٧) سم وعرض المركبة (١,٦٢) متر ما هي سرعة المركبة عندما بدأت بالانحراف؟

الحل:

نبدأ بحساب نصف قطر علامة الانحراف:

$$r = \frac{c^2}{8m} + \frac{m}{2}$$

$$r = \frac{17^2}{8(0.47)} + \frac{0.47}{2}$$

$$r = 77.09 - \frac{T}{2}$$

$$r = 77.09 - 0.81$$

$$\boldsymbol{r = 76.3\ \mathrm{m}}$$

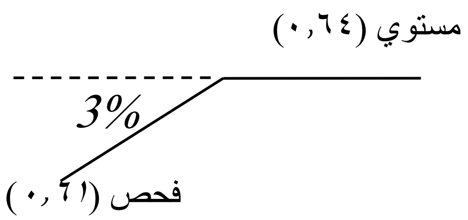
نجد معامل الاحتكاك لسطح الطريق المستوى:

$$f = \frac{S^2}{254d}$$

$$f = \frac{45^2}{254(13)}$$

$$f = 0.61$$

الآن يتم تعديل معامل الاحتكاك للطريق المستوي لأن معامل الاحتكاك المحسوب هو لطريق مائل (٣٪) وبالتالي علينا تصحيح معامل الاحتكاك:



$$F_{Level} = 0.61 + 0.03 = 0.64$$

$f = + 0.06$ (الميلان الجانبي للطريق)

$$S = (11.27)\sqrt{r\,(f+m)}$$

$$S = (11.27)\sqrt{76.28\,(0.64 + 0.06)}$$

$$S = (11.27)\sqrt{\text{٧٦,٢٨(٠,٧٠)}}$$

$$S = (11.27)\sqrt{\text{٥٣,٣٤}}$$

$$S = 11.27\,(7.3)$$

$$S = 82 \text{ km/hr}$$

مثال:

أعد حل المثال السابق ولكن بميلان جانبي (-١٥٪)؟

الحل:

$$S = \frac{(11.27)\sqrt{76.3(0.64 - 0.15)}}{\sqrt{1 + (0.64 \times 0.15)}} \Longrightarrow S = 65 \text{ Km/hr}$$

مثال:

لقد حسبنا سرعة المركبة من الانحراف فكانت (١٣٠) كم/بالساعة وفي نهاية الانحراف سارت المركبة بالهواء كمقذوف وقد حسبنا سرعة انقلابها فكانت (١٠٠)كم / بالساعة والمسافة من بداية الانحراف إلى النقطة التي انقلبت بها المركبة كانت (١٤٥)متر هل سرعة الانحراف (١٣٠) كم / السرعة مناسبة على اعتبار معامل سحب (٠,٢)؟

الحل:

إعتبر علامة الانحراف كما لو كانت علامة إنزلاق بمسافة (١٤٥)متر واستعمل السرعة المشتركة مع سرعة السقوط.

$$S_o = \sqrt{254\,(f)\,(d) + s_f^{٢}}$$

$$S_o = \sqrt{254\,(0.2)\,(145) + (100)^{٢}}$$

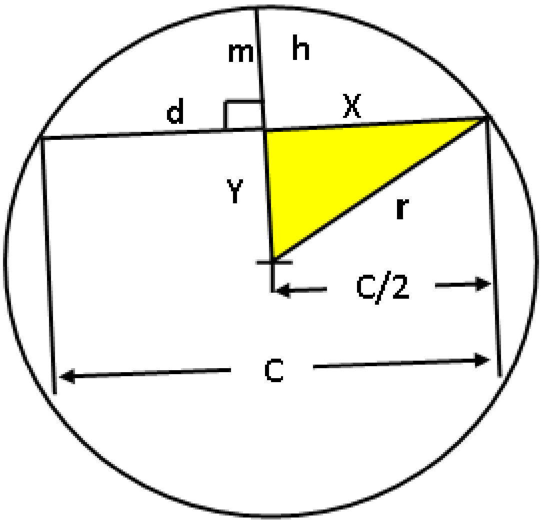
$$S_o = 131 \text{ Km/hr}$$

إذن نجد أن سرعة الانحراف المحسوبة مناسبة

معادلات تقابل التماس ونصف القطر

Radius and tangent – Offset Equations

إن معرفة نصف قطر دائرة أو أي نصف قطر تتطلب منا بداية أن نشتق المعادلة التي ستعطينا نصف قطر الدائرة ويتم ذلك إذا عرفنا طول الوتر (chord) أو (c) وطول الخط الأوسط (Middle ordinate) أو(M).



m ⟹ الإحداثي الأوسط ⟹ h ⟹ القائم على الوتر

C ⟹ الوتر

r ⟹ نصف القطر

X = C/2 ⟹ X = d

Y = r – m

وحسب نظرية فيثاغورس فإن ⟸ Y2 + X2 = r2

عوض بدلاً من (X) و (Y)

$$r^{٢} = (r - m)^{٢} + (C/٢)^{٢}$$

$$r^{٢} = (r - m)(r - m) + \frac{C^{٢}}{٤}$$

$$r^{٢} = r^{٢} - ٢mr + m^{٢} + \frac{C^{٢}}{٤}$$

$$٢mr = m^{٢} + \frac{C^{٢}}{}$$

معادلة نصف القطر:

$$r = \frac{m}{٢} + \frac{C^{٢}}{٨m}$$

والآن لنرجع للرسم السابق والذي يبين أن ($c=٢d$) و ($m = h$) واستبدل تلك القيم بدلاً من (C) و (m) في معادلة نصف القطر.

$$r = \frac{٤d^{٢}}{٨h} + \frac{h}{٢}$$

$$r = \frac{d^{٢}}{٢h} + \frac{h}{٢}$$

$$٢hr = d^{٢} + h^{٢}$$

$$٠ = h^{٢} - ٢rh + d^{٢}$$

بمقارنة هذه المعادلة مع الشكل العام للمعادلة التربيعية

$$a X^{٢} + b X^{٢} + c = ٠$$

حل هذه المعادلة بدلالة (h) من خلال تطبيق الحل العام للمعادلة التربيعية

$$X = \frac{-b \mp \sqrt{b^{٢} - ٤ac}}{٢a}$$

حيث أن ($h = X$) و ($١ = a$) و ($-٢r = b$) و ($d^2 = c$) وبتعويض هذه القيم في الحل العام للمعادلة التربيعية

$$h = \frac{٢r \pm \sqrt{٤r^{٢} - ٤d^{٢}}}{٢}$$

$$h = \frac{٢r \pm ٢\sqrt{r^{٢} - d^{٢}}}{٢}$$

معادلة تقابل التماس

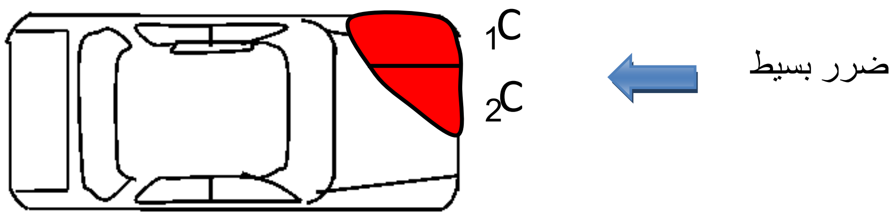
$$h = r \pm \sqrt{r^{٢} - d^{٢}}$$

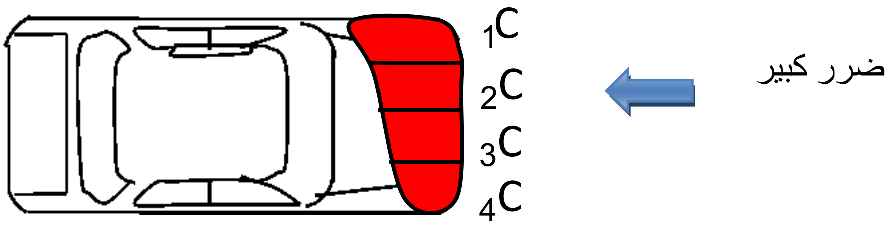
حساب السرعة من حجم الضرر (speed from damage)

عند قياس السرعة من حجم الضرر الحاصل على المركبة فأول شيء يتم عمله عند الوصول إلى المركبات المشتركة في الحادث ما يلي:

١. قياس عرض المركبة بالمتر (W).
٢. إحضار المعاملات الخاصة بكل مركبة حسب نوع المركبة وموقع الصدمة.
٣. معرفة وزن المركبة وقت وقوع الحادث (إذا كانت فارغة أو محملة).
٤. أخذ القياسات اللازمة.

إذا كان الضرر الحاصل على المركبة بسيط فإنه يتم اخذ قياسين للضرر أما إذا كان الضرر كبير فإنه يتم أخذ أكثر من قياسين (أربعة قياسات، ستة قياسات).





ثم نستعمل معادلة خاصة لحساب الطاقة من الضرر (E) حيث يتم اختيار هذه المعادلة بناء على عدد القياسات التي تم أخذها لحجم الضرر (إما قياسات عدد (٢) أو قياسات عدد (٤) أو قياسات عدد (٦)) وهذه المعادلات هي:

$$E = W\left[G + \frac{A}{2}(C_1 + C_2) + \frac{B}{6}(C_1^2 + C_2^2 + C_1 C_2) \right](1+\tan^2\Theta) \quad (١)....$$

تستعمل المعادلة رقم (١) في حال وجود قياسات عدد (٢)

$$E = \frac{W}{6}\left[(6)G + A(C_1 + 2C_2 + 2C_3 + C_4) + \frac{B}{3}(C_1^2 + 2C_2^2 + 2C_3^2 + C_4^2 + C_1 C_2 + C_2C_3 + C_3C_4)\right](1+\tan^2\Theta) \quad (٢)....$$

تستعمل المعادلة رقم (٢) في حال وجود قياسات عدد (٤)

$$E=\frac{W}{5}\left[(5)G+\frac{A}{2}(C_1+2C_2+2C_3+2C_4+2C_5+C_6)+\frac{B}{6}(C_1^2+2C_2^2+2C_3^2+2C_4^2+2C_5+C_6+C_1C_2+C_2C_3+C_3C_4+C_4C_5+C_5C_6)\right](1+\tan^2\theta) \quad \textbf{(٣)....}$$

تستعمل المعادله رفم (١) في حال وجود فياسات عدد (٦)

تحتوي المعادلات السابقة على مجموعة من المعاملات التي يتم الحصول عليها من جداول خاصة حسب نوع المركبة وهذه المعاملات هي (A,B,G) في حين يدل المعامل (w) على عرض المركبة وتدل المعاملات (C_1, C_2, C_3, ...) على القياسات التي تم أخذها للمركبة وتدل (Ө) على الزاوية بين اتجاه خط القوة والخط المار بمركز المركبة.

يتم حساب المعامل (G) من المعادلة التالية (A^2 / 2B)

ويدل الرمز (A) على قوة الانبعاج للمعدن.

ويدل الرمز (B) على القوة على كل أنش مربع.

ويدل الرمز (G) على القوة.

Updated Pickup, Van & Multi-purpose Vehicle Class Categories – 1996

PARAMETER	Pickup		Multi-purpose		Van	
	1	2	1	2	1	2
Wheelbase (in)	WB<114	WB>114	WB<104.5	WB>104.5	WB<115.4	WB>115.5
Track (in)	54.8	64.9	57.2	58.2	60.7	68.8
Length (in)	178.9	210.6	157.8	191.8	178.6	188.7
Width (in)	65.1	77.4	66.0	74.5	71.8	79.8
A (in)	47.5	54.3	47.7	55.1	44.9	59.8
B (in)	58.6	77.6	47.4	55.6	63.3	64.1
Xf (in)	76.8	88.0	76.2	82.7	80.0	87.2
Xr (in)	102.1	122.6	81.6	109.1	98.6	101.5
Iz (in)	23.3	27.2	26.4	29.3	27.1	31.7
Izz (lb-sec^2-in)	19979	43081	21998	40949	26474	51035
Weight (lb)	2827	4425	3501	4839	3355	5037

LEGEND:
A = Distance from CG to front axle
B = Distance from CG to rear axle
Xf = Distance from CG to front of vehicle
Xr = Distance from CG to rear of vehicle
Iz = Height of CG
Izz = Yaw moment of Inertia

Updated Passenger Car Class Categories – 1996

PARAMETER	CLASS CATEGORIES				
	1	2	3	4	5
Wheelbase (in)	80.9-94.8	94.8-101.6	101.6-110.4	110.4-117.5	117.5-123.2
Track (in)	51.1	54.6	58.9	61.8	63.7
Length (in)	158.8	174.5	190.5	205.7	216.8
Width (in)	64.8	67.7	69.5	74.0	74.4
A (in)	38.2	38.3	39.7	47.2	49.1
B (in)	56.3	62.7	65.4	66.7	71.5
Xf (in)	71.0	71.0	81.2	87.3	90.6
Xr (in)	87.8	103.5	109.3	118.4	126.2
Iz (in)	20.6	21.0	22.1	22.4	22.5
Izz (lb-sec^2-in)	13489	17286	23989	29294	29279
Weight (lb)	2083	2467	2936	3678	3870
Calfa, f (lb/deg)	94	131	152	182	209
Calfa, r (lb.deg)	88	121	141	168	193

LEGEND: A = Distance from CG to front axle
B = Distance from CG to rear axle
Xf = Distance from CG to front of vehicle
Xr = Distance from CG to rear of vehicle
Iz = Height of CG
Izz = Yaw moment of Inertia
Calfa = Tire cornering stiffness

Original Vehicle Class Categories

PARAMETER	CLASS CATEGORIES							
	1	2	3	4	5	6	7(VANS)	8/9	10/11
Wheelbase (in)	80.9-94.8	94.8-101.6	101.6-110.4	110.4-117.5	117.5-123.2	123.2-150	109-130	No Data for Category 8 (Pickups) or 9 (Front wheel drive) Select Category 1-6 According to wheelbase	No Data for Category 10 or 11 Barriers not allowed
Track (in)	51.1	54.6	58.9	61.8	63.7	63.7	67.6		
Length (in)	159.8	174.9	196.2	212.8	223.7	229.4	183.6		
Width (in)	60.8	67.2	72.6	77.0	79.8	79.8	79.0		
A (in)	45.1	46.3	51.3	54.7	58.1	60.1	48.5		
B (in)	48.1	50.1	55.5	59.2	63.0	65.1	68.5		
Xf (in)	76.0	83.3	89.8	98.8	101.8	104.2	75.6		
Xr (in)	83.8	91.6	106.4	114.0	121.9	125.5	107.0		
Rsq (in^2)	2006	2951	3324	3741	4040	4229	3713		
Izz (lb-sec^2-in)	11434	23313	30514	41114	50864	58106	41586		
Weight (lb)*	2202	3053	3547	4247	4865	5309	4300		
Calfa, f (lb/deg)	94	131	152	182	209	228	209		
Calfa, r (lb.deg)	88	121	141	168	193	210	193		

LEGEND: A = Distance from CG to front axle
B = Distance from CG to rear axle
Xf = Distance from CG to front of vehicle
Xr = Distance from CG to rear of vehicle
Rsq = Radius of gyration squared
Izz = Yaw moment of Inertia
Calfa = Tire cornering stiffness
* Weight includes 300 lb occupant loading

Original Vehicle Stiffness Categories

		Stiffness Categories*								
		1	2	3	4	5/6	7	8	9	10/11
VEHICLE MODELS		Pinto(Front) Accord Honda CVCC Prelude Corolla Chevette Fiesta Bobcat Datsun 210 Datsun 310 Arrow Champ Colt Porsche 924 Mazda GLC Fiat 124 Spider Datsun 280ZX Opel MG Midget Tri. Spitfire VW Rabbit VW Scirocco	Pinto (Rear) Chev. Monza Celica ST Celica GT Corona Spirit Pacer Gremlin VW Dasher Vega Skyhawk Omni Sunbird Mustang(74-) Horizon Fiat128 Sedan Capri 280 ZX 2+2 Challenger BMW 320i Audi Fox Mazda Cosmo Mazda RX-7 Renault LeCar Saab 900 Saab 99 Subaru	Celica Supra Mustang (-73) AMC Concord Malibu (78-) Monarch Zephyr Fairmont Granada Firebird Cressida Datsun 810 Mont Cario(78-) Grand Prix (78-) Cutlass(78-) LeMans(78-) Regal Aspen Peugeot 604L BMW 528i Volvo(all) Audi 5000	Chevelle (-78) Monte Carlo(-77) Grand Prix(-77) Cutlass(-77) Le Mans (-77) Phoe nix Chev V-8(77-) Le Sabre(77-) Volare Monaco(77-) Magnum Century Le Baron Riveria (77-) Marquis (77-) LTD(77-) Cordoba Nova Eldorado(-79) Delta 88 (77-) Diplomat T-bird (77-) Se ville Ventura Cougar	LeS abre(-76) Chev V-8(-76) Monaco(-76) Riveria(-76) Marquis(-76) LTD(-76) Eldorad o(-76) Delta 88(-76) T-bird (-76) Olds 98 St Regis Newport Brghm. De Ville Electra Flee two od Continental Checker Cab	**VANS** Ford Econo E150 Dodg e B-200 Chev G-20 Ford P-500 GMC G-35 VW Vanagon **OTHER** Datsun P/U Honcho 4X4 P/U Wag oneer Scout II Chev Blazer	**PICKUPS** courier El Camino FORD F150 Chev Luv FORD F250 Dodg e D-100 Ran chero F10 Ford F100 GMC 1500 Toyota SR5	**FRONT DRIVE** Citation Phoe nix Skylark Omega Reliant Aries Escort Lynx	**BARRIERS**
Front	A	302 lb/in	259	317	356	325	383	480	373	-
	B	47 lb/in^2	43	56	34	37	126	50	38	-
	G	967 lbs	778	901	1874	1429	580	2315	1849	-
Rear	A	366	391	410	357	297	300	346	****	-
	B	38	41	44	13	70	55	25	****	-
	G	1755	1874	1931	4986	628	818	2373	****	-
Side	A	77	140	173	143	177	***	***	****	-
	B	37	67	57	50	47	***	***	****	-
	G	81	148	263	203	331	***	***	****	-

Updated Stiffness Coefficients By Vehicle Class Category – 1996

		STIFFNESS CATEGORIES					
		Pickup		Multi-purpose		Van	
		1**	2**	1	2**	1	2**
VEHICLE MODELS*		Chevrolet S-10 Ford Ranger Dodge D-50 Toyota Nissan Jeep Commanche Mazda Isuzu	Chevrolet C/K Series Ford F Series Dodge D/W Jeep J-10 Toyota T-100	Chevy S-10 Blazer Jeep Cherokee Ford Bronco II Toyota 4-Runner Geo Tracker Dodge Raider Suzuki Samurai Jeep Wrangler Nissan Pathfinder	Ford Bronco Chevrolet Suburban Chevrolet K-5 Blazer Ford Explorer Dodge Ramcharger Isuzu Trooper Toyota Land Cruiser Isuzu Rodeo	Dodge Caravan Chevrolet Astro Ford Aerostar Chevrolet Lumina Toyota Previa Mazda MPV VW Vanagon Toyota Van Nissan Van	Chevrolet Van Ford Van Dodge Van
Front	A	266 lb/in	220	266	219	309	359
	B	109 lb/in^2	68	109	68	135	154
	Kv	141 lb/in	89	141	89	170	200
Rear	A	258	290	258	291	281	312
	B	109	123	109	123	119	142
	Kv	162	190	162	190	182	221
Side	A	103	78	103	78	96	137
	B	92	40	92	40	78	95
	Kv	111	49	111	49	97	119

* Top nine vehicles in sales for each category, 1983-1993.

** This category has fewer than nine vehicles. Obtaining stiffness coefficient for the specific vehicle is highly recommended.

***Exhibit 21**. This table shows the later groupings used for general A, B, and G values for front, side and rear impacts for pickups, multi-purpose vehicles, and vans. If possible, get specific A, B, and G values for the vehicle in question and do not use general values.*

يتم حساب السرعة المكافئة بناء على المعادلات التالية:

$$\mathbf{V} = \sqrt{\frac{(2g)(E)}{W}} \qquad \mathbf{S} = 16\sqrt{\frac{E}{W}}$$

ويتم تحويل وحدات المعاملات من النظام البريطاني إلى النظام الأمريكي وعلى النحو التالي:

1 kg = 2.2 lb

1 in = 0.0254 m

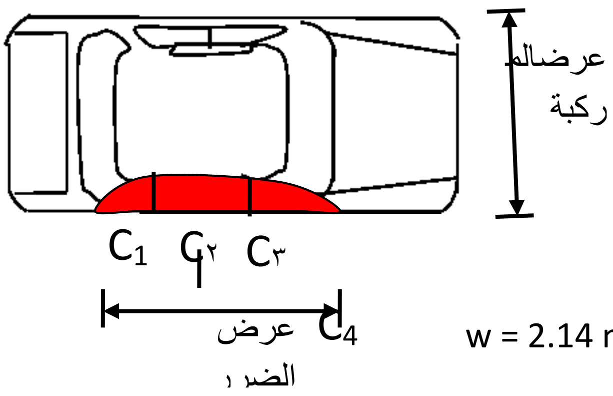
1 ft = 0.3048 m

1 mile = 5280 ft

1 mile = 1609 km

من أجل التحويل من (Ft / sec) إلى (km/h) فإنه يتم التحويل أولاًإلى الوحدة (mile / h) بضرب الناتج ب (٠,٦٨١٨) ثم نضرب الناتج بـ (١,٦٠٩) ليصبح الجواب بوحدة (km/h).

مثال: تعرضت مركبة نوع كورولا إلى حادث مروري فكانت منطقة الضرر الموجودة عليها في منطقة الجانب الأيمن منها وكما هو مبين في الشكل، فإذا علمت أنه تم أخذ قياسات عدد (٤) لمنطقة الضرر ووزنها (١٨٦٠Kg) وباقي البيانات كما هو مبين أدناه، أحسب السرعة المكافئة؟



$\theta = ٩٠^{o}$

w = 2.14 m

تم الحصول عليها من الجداول:

A = 77 lb/in	C_1 = 0
B = 37 ib/in^2	C_2 = 6 cm
G = 81 lb	C_3 = 3 cm
	C_4 = 0

في البداية يتم تحويل وحدات المعاملات من النظام البريطاني إلى النظام الأمريكي:

A = 1377.95 Kg/m

B = 26068 Kg/m^2

G = 36.81 Kg

في هذا المثال يتم تطبيق المعادلة ذات الأربعة قياسات حساب الطاقة من الضرر (E) وهي المعادلة رقم (٢):

$$E = \frac{W}{6}\left[(6)G + A\,(C_1 + 2C_2 + 2C_3 + C_4) + \frac{B}{3}(C_1^2 + 2C_2^2 + 2C_3^2 + C_4^2 + C_1C_2 + C_2C_3 + C_3C_4)\right](1+\tan^2\theta) \quad \text{(٢)....}$$

وبناء على ذلك نجد أن (E = 200.7 Kg / m)

بعد ذلك يتم حساب السرعة (S) من المعادلة التالية

$$S = 16\sqrt{\frac{E}{W}}$$

فنجد أن السرعة تساوي (S = 5.3 Km/h)

مثال:

إذا توفرت المعطيات التالية:

A = 235 lb/in ➡ A = 4205.4 Kg/m

B = 58.8 ib/in^2 ➡ B = 41427.35 Kg/m^2

G = 470 lb ➡ G =213.64 Kg

وتم أخذ القياسات التالية:

C_1 = 235 in ➡ C_1 = 1.04 m (كتلة المركبة) = 3000 lb = 1363.64 Kg

C_2 = 37 in ➡ C_2 = 0.94 m (عرض الضرر) = 60.8in = 1.54 m

C_3 = 30 in ➡ C_3 = 0.76 m

C_4 = 25 in ➡ C_4 = 0.64 m

C_5 = 12 in ➡ C_5 = 0.31 m

C_6 = 4 in ➡ C_6 = 0.10 m

أوجد السرعة المكافئة بناء على هذه المعطيات؟

الحل: يتم تطبيق المعادلة رقم (٣) كونه يوجد (٦) قياسات وهي:

$$E = \frac{W}{5}\left[(5)G + \frac{A}{2}(C_1 + 2C_2 + 2C_3 + 2C_4 + 2C_5 + C_6) + \frac{B}{6}(C_1^2 + 2C_2^2 + 2C_3^2 + 2C_4^2 + 2C_5 + C_6 + C_1C_2 + C_2C_3 + C_3C_4 + C_4C_5 + C_5C_6)\right](1+\tan^2\theta) \quad \text{......(3)}$$

فنجد أن (ftE = 147170 lb /) ويتم تحويلها إلى نظام الوحدات الأمريكي لتصبح:

$$(E = 20389.8 \text{ kg m})$$

ونقوم بحساب السرعة من المعادلة التالية:

$$\mathbf{V} = \sqrt{\frac{(2g)(E)}{W}}$$

$$\mathbf{V} = \sqrt{\frac{2(32.2)(147170)}{3000}}$$

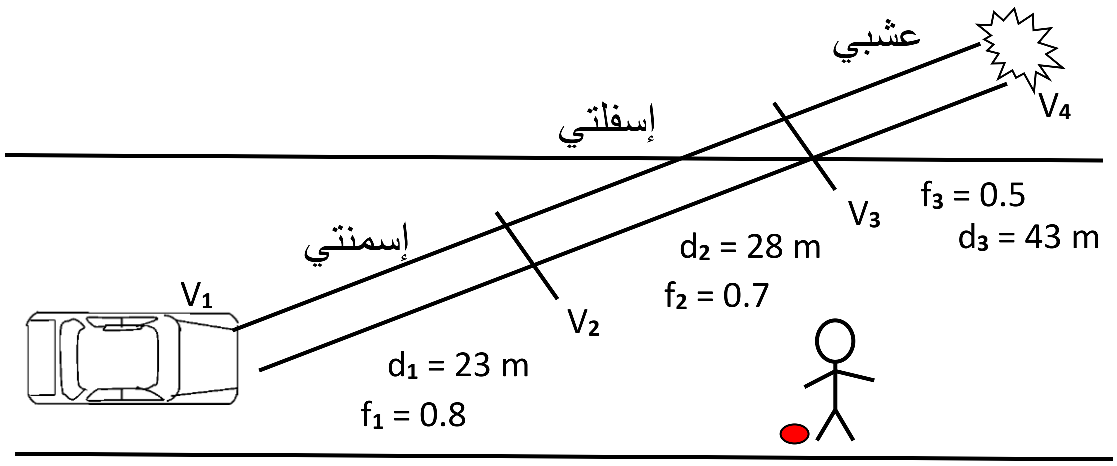
$$(V = 56 \text{ ft / sec})$$

$(V = 38 \text{ mile / h})$ لأننا ضربنا في (٠,٦٨١٨)

$(V = 61 \text{ km / h})$ لأننا ضربنا في (١,٦٠٩)

مثال:

سائق كان يقود مركبته وتفاجئ بطفل يعبر الشارع خلف كرة فقرر أن يقوم بحرف مركبته ثم استخدم الفرامل لتجنب الاصطدام بالطفل مما أدى إلى ترك علامة فرامل بحسب الشكل أدناه ثم اصطدم بشجرة على جانب الطريق ومن خلال حجم الضرر على المركبة وجد أن (٣٣٩١٥٠,٢ Joule) علما بأن وزن المركبة (١٨٥٠ kg) أحسب ما يلي:



١. سرعة اصطدام المركبة بالشجرة؟

الحل:

نحسب السرعة المكافئة بناء على معادلة الطاقة من الضرر (E):

$$\mathbf{S =}\ 16\sqrt{\frac{339150.2}{1850\ (9.81)}}$$

$$S = 69\ km / h$$

$$s = ١٦\sqrt{\frac{E}{w}}$$

وهذه تمثل سرعة الاصطدام بالشجرة (V_4) والتي تساوي (١٩,٢ m / sec)

٢. أحسب سرعة المركبة على السطح العشبي (V_3)؟

يتم تطبيق معادلات السرعة الأساسية وعلى النحو التالي:

$$\boldsymbol{V_4^2 = V_3^2 - 2a\,d}$$

$$V_3 = 28\ m/ sec = 100\ km / h$$

٣. أحسب سرعة المركبة على السطح الإسفلتي (V_2)؟ $\boldsymbol{V_3^2 = V_4^2 + 2a\,d}$

$$\boldsymbol{V_3^2 = V_2^2 - 2a\,d}$$

$$V_2 = 34\ m/ sec = 122\ km / h$$

٤. أحسب سرعة المركبة على السطح الأسمنتي (V_1)؟

$$\boldsymbol{V_2^2 = V_1^2 - 2a\,d}$$

$$V_1 = 38.9\ m/ sec = 140\ km / h$$

٥. أحسب الشغل المبذول عند المسير على السطح العشبي؟

$$WK = F\ (d) = W\ (f\ d) = (f\ d)(M\ g)$$

$$WK = 0.5\ (43)\ (1850)\ (9.81)$$

$$WK = 390192.75 \text{ Joule}$$

٦. أحسب الشغل المبذول عند المسير على السطح الإسفلتي؟

$$WK = F\ (d) = W\ (f\ d) = (f\ d)(M\ g)$$

$$WK = 0.7\ (28)\ (1850)\ (9.81)$$

$$WK = 355710.6 \text{ Joule}$$

٧. أحسب الشغل المبذول عند المسير على السطح الأسمنتي؟

$$WK = F\ (d) = W\ (f\ d) = (f\ d)(M\ g)$$

$$WK = 0.8\ (23)\ (1850)\ (9.81)$$

$$WK = 333932.4 \text{ Joule}$$

٨. أحسب السرعة المكافئة للطاقة الضائعة عند المسير على السطح العشبي؟

هذه السرعة نجدها من خلال أن الطاقة الضائعة تساوي الشغل المبذول على السطح.

$$WK = (0.5)\ M\ V^2$$

$$390192.75 = (0.5)\ (1850)\ V^2$$

$$V = 20.5 \text{ m / sec}$$

٩. أحسب السرعة المكافئة للطاقة الضائعة عند المسير على السطح الإسفلتي؟

$$WK = (0.5)\ M\ V^2$$

$$355710.6 = (0.5)\ (1850)\ V^2$$

$$V = 19.6 \text{ m / sec}$$

١٠. أحسب السرعة المكافئة للطاقة الضائعة عند المسير على السطح الإسمنتي؟

$$WK = (0.5)\ M\ V^2$$

$$333932.4 = (0.5)\ (1850)\ V^2$$

$$V = 19\ m\ /\ sec$$

ملاحظة: السرعة المكافئة للطاقة الضائعة تمثل السرعة المكافئة للشغل المبذول على السطح.

١١. ما هو النقص الحقيقي للسرعة على الأسطح الثلاثة (الإسمنتي والإسفلتي والعشبي)؟

أ. النقص في السرعة على السطح العشبي:

النقص في السرعة على السطح = السرعة عند بداية السطح – سرعة الصدم

النقص في السرعة على السطح العشبي = (٢٨) – (١٩,١٤) = (٨,٨٦ *m / sec*)

ب. النقص في السرعة على السطح الإسفلتي:

النقص في السرعة = السرعة عند بداية السطح الإسفلتي – السرعة عند بداية السطح العشبي

النقص في السرعة على السطح الإسفلتي = (٣٤) – (٢٨) = (٦ *m / sec*)

ج. النقص في السرعة على السطح الإسمنتي:

النقص في السرعة = السرعة عند بداية السطح الإسمنتي – السرعة عند بداية السطح الإسفلتي

النقص في السرعة على السطح الإسمنتي = (٣٨,٩) – (٣٤) = (٤,٩ *m / sec*)

حسابات سرعة السقوط والإنقلاب

مقدمه في السقوط والانقلاب

تعتبر حوادث سقوط وإنقلاب المركبات من الحوادث الأكثر تعقيداً ودموية، حيث أن هذه الحوادث يظهر فيها التفاعل بين السائق،الطريق،المركبة، والعوامل المناخية أكثر من الحوادث الأخرى كما أن العوامل الأخرى مثل تصرف السائق، وحالة المناخ يمكن أن تؤدي إلىإنقلاب السيارة.

تعتبر المركبات العالية والغير عريضة، مثل مركبات الأنشطة الرياضية، والشاحنات الصغيرة، والسيارات العائلية والتي يكون مركز كتلتها مرتفع أكثر عرضة للانقلاب في حالة تعرضها لحادث مروري.

في كثير من الحوادث المرورية نجد أن إحدى المركبات المشتركة بالحادث قد إنقلبت بالهواء لمسافة ما، مثل مركبة انقلبت على طريق أو سقطت من أعلى جسر أو منحدر أو دراجة نارية قد إنقلبت من فوق المركبة التي إرتطمت بها ونحن كمحققين حوادث ربما نضطر لتقدير سرعات الإنطلاق ويمكن الحصول على تلك السرعات من بيانات الإنقلاب والسقوط ومن خلال استخدام معادلات السقوط والإنقلاب.

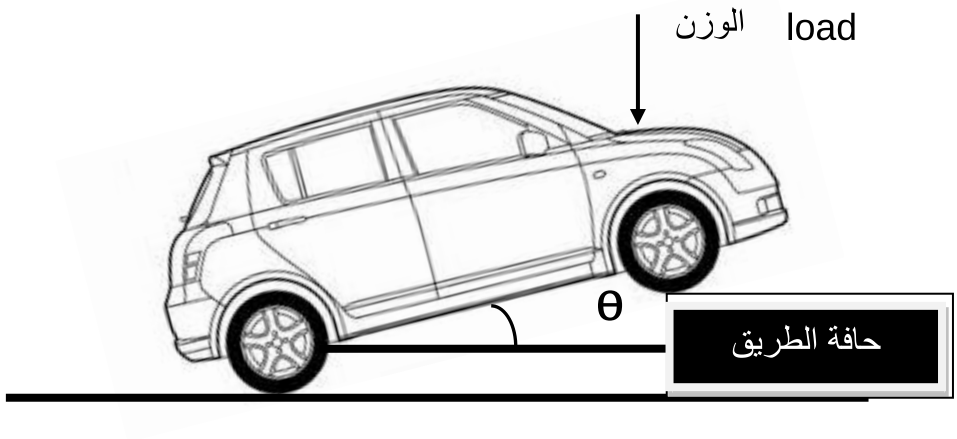
لقد اشتقت معادلات الإنقلاب والسقوط من قوانين الفيزياء التي تتعامل مع حركة الدفع المنتظم من خلال بعض التي أوجدها العالم الفيزيائي الإيطالي (Galileo) حول مبدأ الحركة في سقوط الأجسام في أوائل القرن السادس عشر وقد تم التوسع بتلك الأفكار بواسطة نيوتن في أواخر ذلك القرن.

لكي تستخدم معادلات الإنقلاب والسقوط، يجب أن نفترض بأن الحادث وقع في جو مفرغ من الهواء حيث لا يوجد مقاومة للهواء وحيث أن المسافة المقطوعة من قبل المركبة الساقطة قصيرة فإن تأثير مقاومة الهواء على المركبة غير مهم، وقيمة مهملة وأن نتذكر إنه إذا حسبنا مقاومة الهواء فإنه يوجد زيادة بسرعة المركبة بمقدار قليل (حوالي ١كم / ساعة).

على اعتبار أن المركبة كتلة وبافتراض أن الوزن يتمركز في مركز كتلة المركبة لذا سنستعمل أغلب قياساتنا فيما يتعلق بنقاط الإنطلاق أو نقاط الهبوط على مركز الكتلة كما افترضنا بأننا نتجاهل قوى الديناميكا الهوائية المؤثرة على المركبة بسبب المسافة التي تتضمن سقوط المركبة قصير جدا كما في وقت الإنقلاب والسقوط.

قياسات السقوط والإنقلاب:

إذا إرتطمت مركبة بحافة الطريق وارتفعت عن مستوى الطريق من المقدمة فإنه يتم حساب زاوية الإنطلاق كما هو مبين بالرسم التالي:



يكون الميلان في حالة الإنقلاب أكبر من حالة الإنطلاق بسرعة متجهة وهذا يعني بأن تأثير الميلان في سرعات الإنطلاق المنخفضة أكبر من سرعة الإنطلاق العالية وعلى سبيل المثال: إذا قفزت مركبة من فوق منحدر حاد بحدود سرعة من (٤٠) إلى (٤٥) كم بالساعة فإن المركبة ستنطلق بزاوية منبسطة إلى ميلان منحدر وستبدأ المركبة بالميلان للأسفل بمعدل يحدد مبدئياً بلحظة قصورها (مقاومة الدوران) وستهبط المركبة بشكل منبسط قليلاً لذا فإن تحديد ارتفاع السقوط يكون تقريباً سهلاً، أما إذا كانت سرعة الإنطلاق (٨) كم بالساعة فقط فإنه ستميل المركبة إلى الأرض بشكل حاد.

السقوط

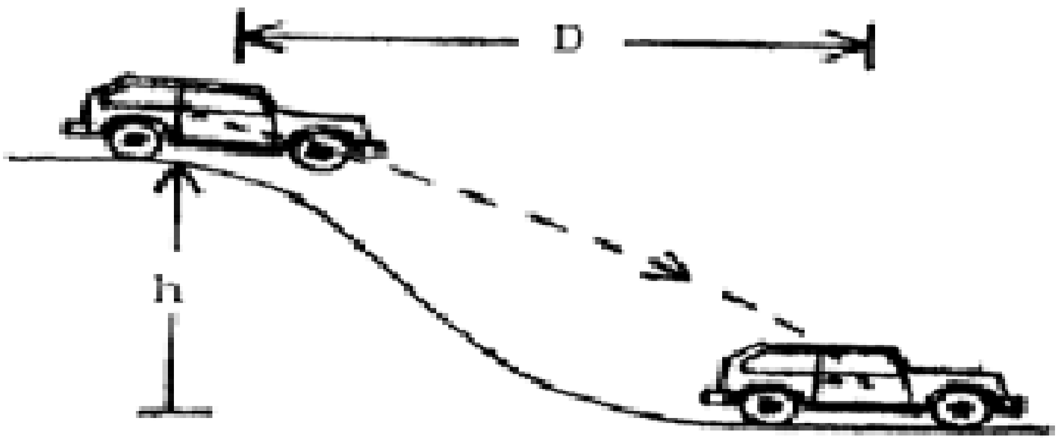
السقوط: هو الانتقال من سطح مرتفع إلى سطح آخر منخفض عن السطح الأول.

يقسم السقوط حسب حالات الإنطلاق إلى أقسام

- إنطلاق مستوي
- إنطلاق لأعلى
- إنطلاق لأسفل

١. في حال الإنطلاق المستوي ($\boldsymbol{\Theta = 0}$):

وهي الحالة التي يتم فيها سقوط المركبة عن سطح مستوي على سطح أخر مستوي كما هو موضح بالشكل رقم (١) ولإيجاد معادلة حساب سرعة السقوط فإننا نحتاج إلى معادلتي وقت مستقلتين عن بعضهما لوصف سقوط المركبة وكما يلي:



الشكل رقم (١): يوضح عملية الإنطلاق لمركبة عن سطح مستوي.

للمسافة الأفقية بافتراض أن السرعة المتجهة ثابتة أثناء السقوط	$$d = vt$$	1
للمسافات العمودية الناتجة عن تسارع الجاذبية	$$h = \frac{1}{2}gt^2$$	2

وبضرب طرفي المعادلة رقم (٢) بـ $(\frac{-}{g})$ فإنه:

$$\frac{2}{g}h = t^2$$

وبأخذالجذر التربيعيلكلاالطرفينفإنه:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

وبتعويض قيمة (t) بالمعادلة رقم (١) فإنه:

$$d = v\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

ولإيجاد قيمة (v) نقسم طرفي المعادلة على $\sqrt{\frac{2h}{g}}$ لتصبح:

$$V = \frac{d}{\sqrt{\frac{2}{g}}\sqrt{h}}$$

وبتعويض قيمة تسارع السقوط الحر(g) الذي يساوي (٩,٨١m/s٢) لتصبح المعادلة:

$$V = \frac{d}{0.451\sqrt{h}}$$

وبترتيب المعادلة:

$$V = 2.21\ \frac{d}{\sqrt{h}}$$

حيث أن وحدة قياس (V) هي (m/s) ولإيجاد (s) نضرب الناتج بـ (٣,٦) للتحويل إلى (km/h):

$$\boxed{s = \frac{7.97\ d}{\sqrt{h}}}$$

حيث أن:
s: سرعة المركبة لحظة سقوطها (كم/س)
d: المسافة الأفقية للسقوط
h: المسافة العامودية للسقوط

مثال (١):

خرجت مركبة عن مسار الطريق إذا علمت أن الطريق مستوي وأن المسافة الأفقية للسقوط (٦متر) والمسافة العمودية للسقوط (٠,٢ متر)، أحسب سرعة المركبة لحظة سقوطها؟

الحل:

المعطيات: d= ٦ متر , h= ٠,٢ متر

المطلوب: السرعة التي قطعتها المركبة عند بداية سقوطها؟

$$s = \frac{٧.٩٧\ d}{\sqrt{h}}$$

$$S = \frac{٧.٩٧(٦)}{\sqrt{٠.٢}}$$

$$S = ١٠٦\ km/hr$$

مثال (٢):

خرجت مركبة عن مسار الطريق إذا علمت أن الطريق مستوي وسرعة المركبة لحظة سقوطها (٩٨ كم/س) والمسافة العمودية للسقوط (١ متر)، أحسب المسافة الأفقية التي قطعتها المركبة خلال سقوطها؟

الحل:

المعطيات: s= ٩٨ كم/س - h= ١ متر

المطلوب: المسافة الأفقية التي قطعتها المركبة خلال سقوطها؟

$$s = \frac{٧.٩٧\ d}{\sqrt{h}}$$

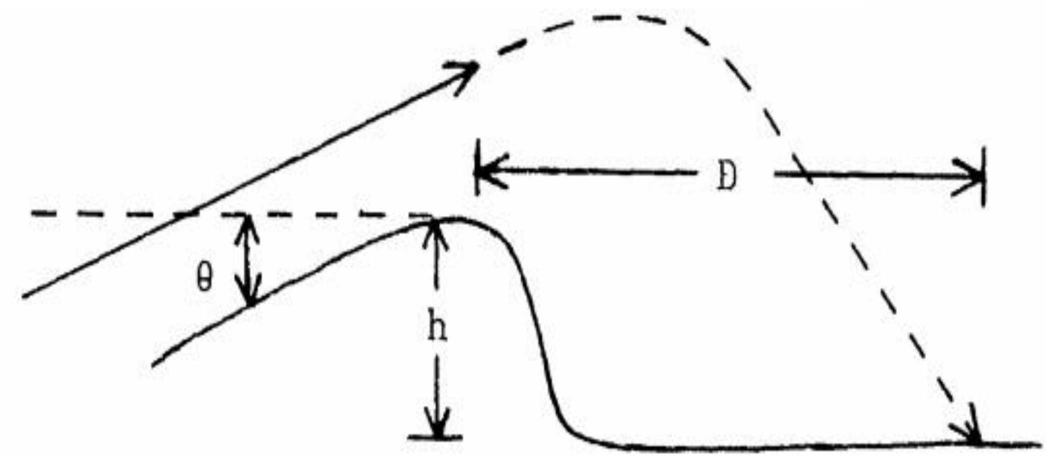
$$٩٨ = \frac{٧.٩٧(d)}{\sqrt{١}}$$

$$d = ١٢.٣□$$

٢. في حال الإنطلاق للأعلى:

أ. إذا كان ميلان الطريق أقل من ١٠% $(\boldsymbol{\Theta \leq 6})$

وهي الحالة التي يتم فيها سقوط المركبة عن سطح منحدر لأعلى بزاوية معينة (Θ) على أن تكون أقل من (١٠%) كما هو موضح بالشكل رقم (٢):



الشكل رقم (٢): يوضح عملية الإنطلاق لمركبة عن سطح مائل للأعلى بميلان أقل من ١٠%

وبما أن المركبة إنطلقت للأعلى بسرعة متجهة ابتدائية (v_o) حيث أن هذه السرعة المتجهة في نفس اتجاه مركز الكتلة فإن هذه السرعة لها مركبتين بالاتجاه الأفقي والاتجاه العمودي، ولإيجاد معادلة حساب سرعة السقوط في حالة الإنطلاق لأعلى بميلان أقل من (١٠%) كما يلي:

١......... $\boldsymbol{d = vtc}$ للمسافة الأفقية بافتراض أن السرعة المتجهة ثابتة أثناء السقوط

٢... $\boldsymbol{h = vtsin\Theta + \frac{1}{2}}$ للمسافات العمودية الناتجة عن تسارع الجاذبية علماً بأن ألإحداثي الصادي الموجب لن يكون للأعلى ولكن بنفس اتجاه سحب الجاذبية الأرضية للأسفل وهذا مهم هنا.

وبما أن المركبة باتجاه الأعلى وإن الاتجاه الصادي الموجب (+y) باتجاه الأسفل فتصبح المعادلة رقم (٢) كما يلي:

$$h = -vtsin\Theta + \frac{1}{2}gt^2$$

وبقسمة طرفي المعادلة رقم (١) على($vcos\Theta$) فإنه:

$$t = \frac{d}{vcos\Theta}$$

وبتعويض قيمة (t) في المعادلة رقم (٢) فإنه:

$$h = -v(sin\Theta)\left(\frac{d}{vcos\Theta}\right) + \left(\frac{g}{2}\right)\left(\frac{d^2}{v^2cos^2\Theta}\right)$$

وباختصار قيمة (v) في المعادلة كما يلي:

$$h = \frac{-dsin\Theta}{cos\Theta} + \left(\frac{g}{2}\right)\left(\frac{d^2}{v^2cos^2\Theta}\right)$$

وبنقل $(\frac{-dsin\Theta}{cos\Theta})$ إلى الطرف الأيسر من المعادلة وأن $(tan\Theta = \frac{si\Theta}{cos\Theta})$ لتصبح المعادلة:

$$h + dtan\Theta = \frac{g}{2}\left(\frac{d^2}{v^2cos^2\Theta}\right)$$

وبضرب طرفي المعادلة بـ (v^2) لتصبح المعادلة كما يلي:

$$V^2(\,h + dtan\Theta) = \frac{g}{2}\left(\frac{d^2}{cos^2\Theta}\right)$$

وبقسمة طرفي المعادلة على $(h + dtan\Theta)$ تصبح المعادلة

$$V^2 = \frac{g}{2}\left(\frac{d^2}{cos^2\Theta}\right)\frac{1}{(\,h + dtan\Theta)}$$

وبترتيب المعادلة:

$$V^2 = \frac{g}{2}\left(\frac{1}{cos^2\Theta}\right)\frac{d^2}{(\,h + dtan\Theta)}$$

وبأخذ الجذر التربيعي للطرفين:

$$V = \sqrt{\frac{g}{2}}\left(\frac{1}{cos\Theta}\right)\frac{d}{\sqrt{(\,h + dtan\Theta)}}$$

وبما أن $(\boldsymbol{\Theta} \leq \mathbf{6})$ فإن قيمة $\boldsymbol{cos\Theta}$ تقريباً (١) لذلك تحذف من المعادلة كما أن $\boldsymbol{tan\Theta = m}$ وتعويض قيمة $(\boldsymbol{g})$:

$$\boldsymbol{V = \sqrt{\frac{9.81}{2}\left(\frac{d}{\sqrt{h+dm}}\right)}}$$

$$\boldsymbol{V = \frac{2.21d}{\sqrt{h+dm}}}$$

حيث أن وحدة قياس $(\boldsymbol{V})$ هي (m/s) ولإيجاد $(\boldsymbol{s})$ نضرب المعادلة بـ (٣,٦) للتحويل إلى (km/h):

$$\boxed{\mathrm{S} = \frac{٧.٩٧\mathrm{d}}{\sqrt{\mathrm{h+dm}}}}$$

حيث أن:

- ✓ s: سرعة المركبة لحظة سقوطها (كم/س)
- ✓ d: المسافة الأفقية للسقوط
- ✓ m:مقدار ميلان السطح
- ✓ h: المسافة العامودية للسقوط

مثال (٣):

خرجت مركبة عن مسار الطريق بإنطلاق لأعلى بمقدار (٨%) وأن المسافة الأفقية للسقوط (٩متر) والمسافة العمودية للسقوط (٠,٥ متر)، أحسب السرعة التي كانت تسير بها المركبة لحظة سقوطها؟

الحل:

المعطيات:d= ٩متر - h= ٠,٥ متر - m=٠,٠٨

المطلوب: السرعة التي قطعتها المركبة عند بداية سقوطها؟

$$\boldsymbol{S = \frac{7.97d}{\sqrt{h+dm}}}$$

$$S = \frac{٧.٩٧(٩)}{\boldsymbol{\sqrt{0.5+9*0.08}}}$$

$$S = ٦٥□□/hr$$

مثال (٤):

خرجت مركبة عن مسار الطريق بإنطلاق لأعلى بمقدار (١٠%) وأن المسافة الأفقية للسقوط (٩ متر) والسرعة عند بداية السقوط (٧٠ كم/ساعة)، أحسب المسافة العمودية التي قطعتها المركبة خلال سقوطها؟

الحل:

المعطيات: $d=$ ٩متر , $s=$ ٧٠ كم/ساعة m ,$=$٠,١٠

المطلوب: المسافة العمودية التي قطعتها المركبة خلال سقوطها؟

$$S = \frac{7.97d}{\sqrt{h + dm}}$$

$$S^{٢} = \frac{٦٣.٥\,(d^{٢})}{h + dm}$$

$$h + dm = \frac{63.52\,(d^2)}{S^{٢}}$$

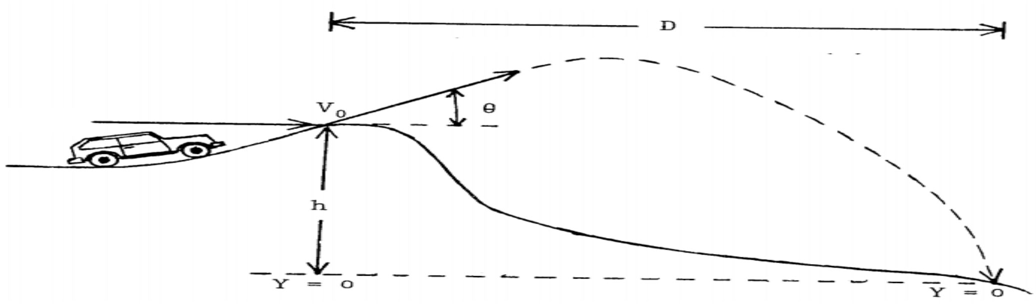
$$h = \frac{63.52\,(d^2)}{S^{٢}} - dm$$

$$h = \frac{63.52\,(9^2)}{٧٠^{٢}} - 9 * 0.1$$

$$h = 0.15\,m$$

ب. إذا كان ميلان الطريق أكثر من ١٠% $(\theta \geq 6)$

في هذه الحالة فإنه يتم استخدام نفس المعادلات في الحالة السابقة إلا انه لا يتم حذف $\cos\theta$ كونها لا تساوي (١) فتصبح معادلة السرعة كما يلي:



الشكل رقم (٣) يوضح عملية الإنطلاق لمركبة إذا كان السطح مرتفع ومائل بزاويةأكبر من ١٠%

$$\boxed{S = \frac{7.97\,d}{\cos\theta\sqrt{(h + d\tan\theta)}}}$$

مثال (٥):

خرجت مركبة عن مسار الطريق بإنطلاق لأعلى بزاوية مقدارها (٢٠°) وأن المسافة الأفقية للسقوط (١٢متر) والمسافة العمودية للسقوط (٠,٤ متر)، أحسب السرعة التي كانت تسير بها المركبة عند بداية سقوطها؟

الحل:

المعطيات : d= ١٢ متر , h= ٠,٤ متر ,θ =٢٠°

المطلوب: السرعة التي قطعتها المركبة عند بداية سقوطها؟

$$S = \frac{7.97\, d}{\cos \theta \sqrt{(h + d \tan \theta)}}$$

$$S = \frac{7.97 * 12}{\cos 20 \sqrt{(0.4 + 12 \tan 20)}}$$

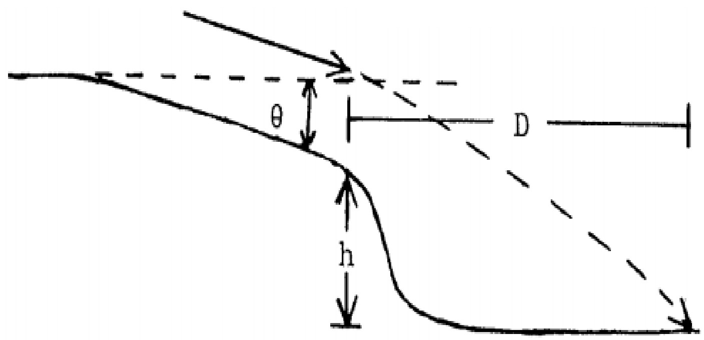
S= 45 km/hr

٣. في حال الإنطلاق للأسفل:

أ. إذا كان ميلان الطريق أقل من ١٠% $(\Theta \le 6)$

وهي الحالة التي يتم فيها سقوط المركبة عن سطح منحدر لأسفل بزاوية معينة (θ) على أن تكون أقل من (١٠%) كما هو موضح بالشكل رقم (٣):

وبما أن المركبةانطلقتللأسفلبسرعةمتجهةابتدائية(vo) حيثأنهذهالسرعةالمتجهةفينفساتجاهمركزالكتلةفإنهذه السرعة لها مركبتين بالاتجاه الأفقي والاتجاه العمودي، ولإيجاد معادلة حساب سرعة السقوط في حال الإنطلاق للأسفل بميلان أقل من (١٠%) كما يلي:



الشكل رقم (٤): يوضح عملية الإنطلاق لمركبة عن سطح مائل للأسفل بزاوية أقل من ١٠%

$d = vt\ cos\Theta$ ...١ للمسافة الأفقية بافتراض أن السرعة المتجهة ثابتة أثناء السقوط

$h = vt\ sin\ \Theta + \frac{1}{2}gt^2$ ...٢ للمسافات العمودية الناتجة عن تسارع الجاذبية علماً بأن ألإحداثي الصادي الموجب لن يكون للأعلى ولكن بنفس اتجاه سحب الجاذبية الأرضية للأسفل وهذا مهم هنا.

وبما أن المركبة باتجاه الأسفل وإن الاتجاه الصادي الموجب (+y) باتجاه الأسفل فتبقى المعادلة رقم (٢) كما هي دون تغيير في الإشارات:

$$h = vtsin\Theta + \frac{1}{2}gt^2$$

وبقسمة طرفي المعادلة رقم (١) على($vcos\Theta$) فإنه:

$$t = \frac{d}{vcos\Theta}$$

وبتعويض قيمة (t) في المعادلة رقم (٢) فإنه:

$$h = v(sin\Theta)\left(\frac{d}{vcos\Theta}\right) + \left(\frac{g}{2}\right)\left(\frac{d^2}{v^2cos^2\Theta}\right)$$

وباختصار قيمة (v) في المعادلة كما يلي:

$$h = \frac{dsin\Theta}{cos\Theta} + \left(\frac{g}{2}\right)\left(\frac{d^2}{v^2cos^2\Theta}\right)$$

وبنقل ($\frac{dsin\Theta}{cos\Theta}$) إلى الطرف الأيسر من المعادلة وأن ($tan\Theta = \frac{si\Theta}{cos\Theta}$) لتصبح المعادلة:

$$h - dtan\Theta = \frac{g}{2}\left(\frac{d^2}{v^2cos^2\Theta}\right)$$

وبضرب طرفي المعادلة بـ (v^2) لتصبح المعادلة كما يلي:

$$V^2(\ h - dtan\Theta) = \frac{g}{2}\left(\frac{d^2}{cos^2\Theta}\right)$$

وبقسمة طرفي المعادلة على ($h - dtan\Theta$) تصبح المعادلة

$$V^2 = \frac{g}{2}\left(\frac{d^2}{cos^2\Theta}\right)\frac{1}{(\ h - dtan\Theta)}$$

وبترتيب المعادلة:

$$V^2 = \frac{g}{2}\left(\frac{1}{cos^2\Theta}\right)\frac{d^2}{(h - dtan\Theta)}$$

وبأخذ الجذر التربيعي للطرفين:

$$V = \sqrt{\frac{g}{2}}\left(\frac{1}{cos\Theta}\right)\frac{d}{\sqrt{(h - dtan\Theta)}}$$

وبما أن $(\Theta \leq 10)$ فإن قيمة $cos\Theta$ تقريباً (١) لذلك تحذف من المعادلة كما أن $tan\Theta = m$ وتعويض قيمة (g):

$$V = \sqrt{\frac{9.81}{2}}\left(\frac{d}{\sqrt{h - dm}}\right)$$

وبتبسيط المعادلة:

$$V = \frac{2.21d}{\sqrt{h - dm}}$$

حيث أن وحدة قياس (V) هي (m/s) ولإيجاد (s) نضرب المعادلة بـ (٣,٦) للتحويل إلى (km/h):

$$\boxed{S = \frac{7.97d}{\sqrt{h - dm}}}$$

حيث أن:

s: سرعة المركبة لحظة سقوطها (كم/س).

d: المسافة الأفقية للسقوط.

m: مقدار ميلان السطح.

h: المسافة العامودية للسقوط.

مثال (٦):

خرجت مركبة عن مسار الطريق بإنطلاق لأسفل بمقدار (٥%) وأن المسافة الأفقية للسقوط (١٤متر) والمسافة العمودية للسقوط (٠,٨ متر)، أحسب سرعة المركبة لحظة سقوطها؟

الحل:

المعطيات:d= ١٤متر , h= ٠,٨ متر m=, ٠,٠٥

المطلوب: السرعة التي قطعتها المركبة عند بداية سقوطها؟

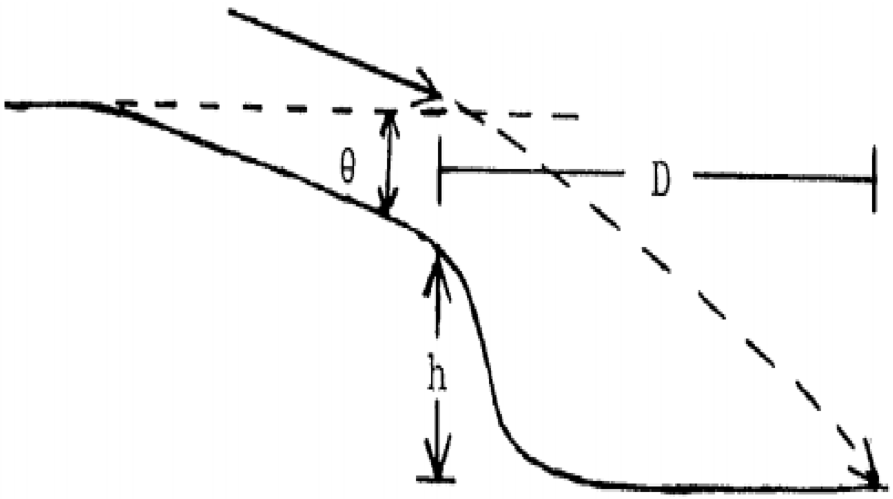
$$S = \frac{7.97d}{\sqrt{h - dm}}$$

$$\mathbf{S} = \frac{\mathbf{7.97(14)}}{\sqrt{\mathbf{0.8 - 14 * 0.05}}}$$

S= 35.25 km/h

ب.   إذا كان ميلان الطريق أكثر من ١٠% $(\boldsymbol{\Theta} \geq \mathbf{6})$

في هذه الحالة فإنه يتم استخدام نفس المعادلات في الحالة السابقة إلا أنه لا يتم حذف $\boldsymbol{cos\Theta}$ كونها لا تساوي (١) فتصبح معادلة السرعة كما يلي:



الشكل رقم (٥) يوضح عملية الإنطلاق لمركبة إذا كان السطح منخفض و مائل بزاوية أكبر من ١٠%

$$\boldsymbol{S} = \frac{\mathbf{7.97}\ \boldsymbol{d}}{\boldsymbol{cos}\ \theta\sqrt{(\boldsymbol{h} - \boldsymbol{d}\ \boldsymbol{m})}}$$

مثال (٧):

خرجت مركبة عن مسار الطريق بإنطلاق لأسفل بمقدار (١٨%) وأن المسافة الأفقية للسقوط (٦ متر) والمسافة العمودية للسقوط (١,٧ متر)، أحسب السرعة التي قطعتها المركبة عند بداية سقوطها؟

الحل:

المعطيات : d= ٦ متر   -   h= ١,٧ متر   m=,٠,١٨

المطلوب: السرعة التي قطعتها المركبة عند بداية سقوطها؟

$$S = \frac{7.97\,d}{\cos\Theta\sqrt{(h - dm)}}$$

$$S = \frac{7.97 * 6}{\cos 10\sqrt{(1.7 - 6 * 0.18)}}$$

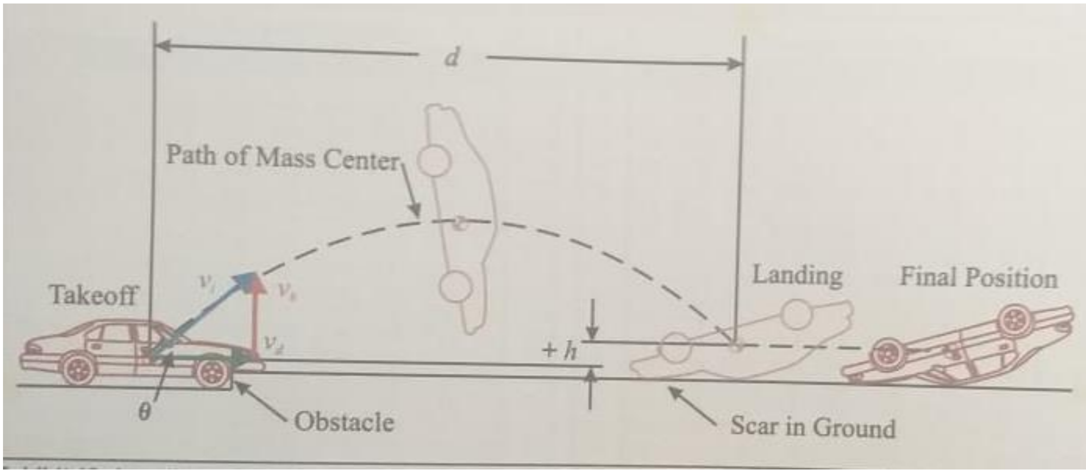
S= 149 km/hr

١. لقد تم اعتماد معادلة سرعة السقوط حسب حالة إنطلاق المركبة سواءً كانت للأعلى أو الأسفل أو بشكل مستوي وهنا يجب أن يكون مكان استقرار المركبة النهائي أخفض من مكان انطلاقها

٢. تم تجاهل تأثير مقاومة الهواء في هذه المعادلات كون المركبة تنطلق لأوقات ومسافات قليلة فقط وتعتمد معادلات سرعة السقوط على مفهوم فيزيائي يدعى حركة الدفع المنتظمة حيث ينص هذا المفهوم على أن الحركتين مستقلتين عن بعضهما البعض.

الإنقلاب

تعتمد عملية حساب السرعة لحظة الإنقلاب على المسافة الأفقية التي تقطعها المركبة خلال عملية الإنقلاب $(\boldsymbol{d})$ والمسافة العمودية بين مركز كتلة المركبة بعد الإنقلاب و مركز كتلة المركبة قبل الإنقلاب $(\boldsymbol{h})$ بالإضافة إلى زاوية الإنطلاق $(\boldsymbol{\theta})$ وكما هو موضح بالشكل أدناه.

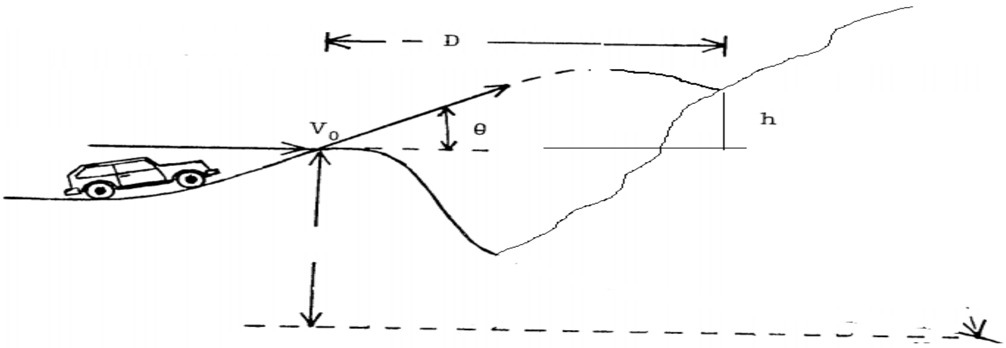


يوجد حالتان للإنقلاب و هما

- استقرار المركبة بمستوى أعلى من مستوى الإنطلاق
- استقرار المركبة بمستوى أقل من مستوى الإنطلاق

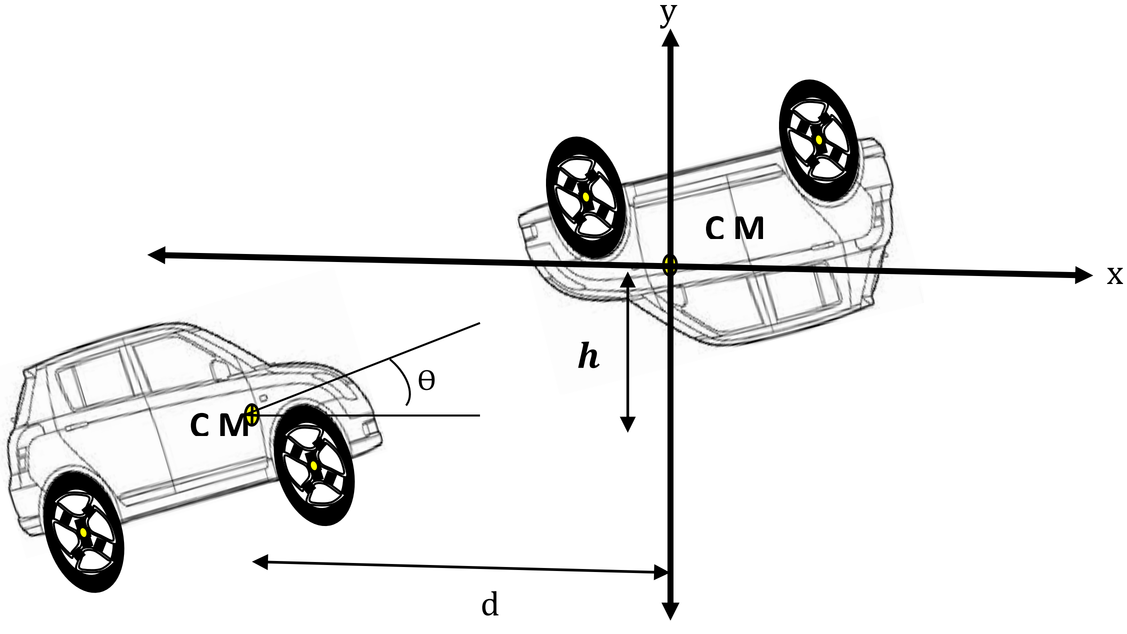
١. استقرار المركبة بمستوى أعلى من مستوى الإنطلاق:

إن سرعة الإنقلاب للمركبة التي تستقر بنقطة أعلى من نقطة إنطلاقها موضحة في الشكل رقم (٦)



الشكل رقم (٦) يوضح المسافة الأفقية والعمودية وزاوية الإنطلاق لمركبة استقرت بمستوى أعلى من مستوى الإنطلاق

ولإيجاد معادلة حساب السرعة في هذه الحالة فإنه يلزم أن نقوم برسم مركز نظام الاحداثيات (x.y) في مركز ثقل المركبة بعد الإنقلاب وكما هو موضح بالشكل التالي :



من الشكل السابق يتضح لنا أن:

$$\boldsymbol{x = d = vt\ cos}\Theta \quad \ldots\ldots$$

$$y = h = vt\ sin\,\Theta - \frac{1}{2} gt^2$$ .....

وبقسمة طرفي المعادلة رقم (١) على $v\ cos\Theta$ فإنه:

$$t = \frac{d}{v\ cos\Theta}$$

وبتعويض قيمة (t) في المعادلة رقم (٢) فإنه:

$$h = v(sin\,\Theta)\left(\frac{d}{v\ cos\Theta}\right) - \left(\frac{g}{2}\right)\left(\frac{d^2}{v^2 cos^2\Theta}\right)$$

$$h = \frac{d\ sin\,\Theta}{cos\Theta} - \frac{g}{2}\left(\frac{d^2}{V^2 cos^2\Theta}\right)$$

إعادة ترتيب المعادلة:

$$\frac{g}{2}\left(\frac{d^2}{V^2 cos^2\Theta}\right) = \frac{d\ sin\,\Theta}{cos\Theta} - h$$

أضرب طرفي المعادلة ($cos^2\Theta$) وأعد ترتيب المعادلة:

$$\frac{g}{2}\left(\frac{d^2}{V^2 cos^2\Theta}\right) cos^2\Theta = \frac{d\ sin\,\Theta}{cos\Theta} cos^2\Theta - hcos^2\Theta$$

$$\frac{g}{2}\left(\frac{d^2}{V^2}\right) = d\ sin\,\Theta\ cos\Theta - hcos^2\Theta$$

أضرب طرفي المعادلة بـــ (V^2):

$$\frac{gd^2}{2} = V^2\ (d\ sin\,\Theta\ cos\Theta - hcos^2\Theta)$$

وبتعويض قيمة (g =٩,٨١) في المعادلة:

$$4.9d^2 = V^2\ (d\ sin\,\Theta\ cos\Theta - hcos^2\Theta)$$

وبقسمة طرفي المعادلة على ($d\ sin\,\Theta\ cos\Theta - hcos^2\Theta$)

$$V^2 = \frac{4.9^2}{d\ sin\,\Theta\ cos\Theta - hcos^2\Theta}$$

استخراج الجذر التربيعي للمعادلة يمكننا حساب السرعة المتجهة للإنقلاب:

$$V = \frac{2.21d}{\sqrt{d\sin\Theta\cos\Theta - h\cos^2\Theta}}$$

وحيث أن وحدة قياس (V) هي (m/s) ولإيجاد (s) نضرب المعادلة بـ (٣,٦) للتحويل إلى (km/h):

$$\boxed{S = \frac{7.97d}{\sqrt{d\sin\Theta\cos\Theta - h\cos^2\Theta}}}$$

مثال (٨):

إنطلقت مركبة بالهواء بميل ٢٠° إذا علمت أنها قطعت مسافة أفقية ١٤ متر، وكان مكان هبوطها أعلى من مكان إنطلاقها بـــ ٦٠ سم أحسب سرعة المركبة عند انطلاقها ؟

الحل:

المعطيات : d= ١٤ متر , h= ٠,٦ متر ,Θ =٢٠°

المطلوب: السرعةالتيقطعتهاالمركبةعند بداية سقوطها؟

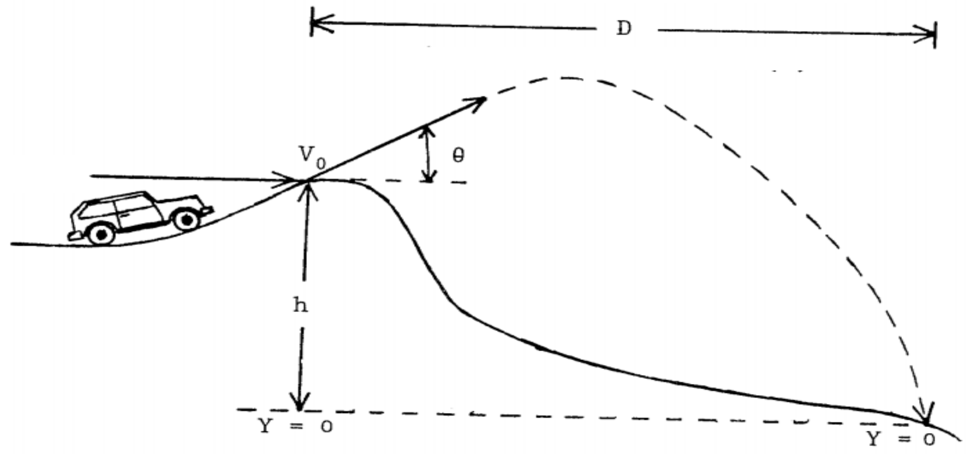
$$S = \frac{7.97d}{\sqrt{d\sin\Theta\cos\Theta - h\cos^2\Theta}} S$$

$$= \frac{7.97 * 14}{\sqrt{14\sin 20\cos 20 - 0.6\cos^2 20}}$$

S=٥٦ km/hr

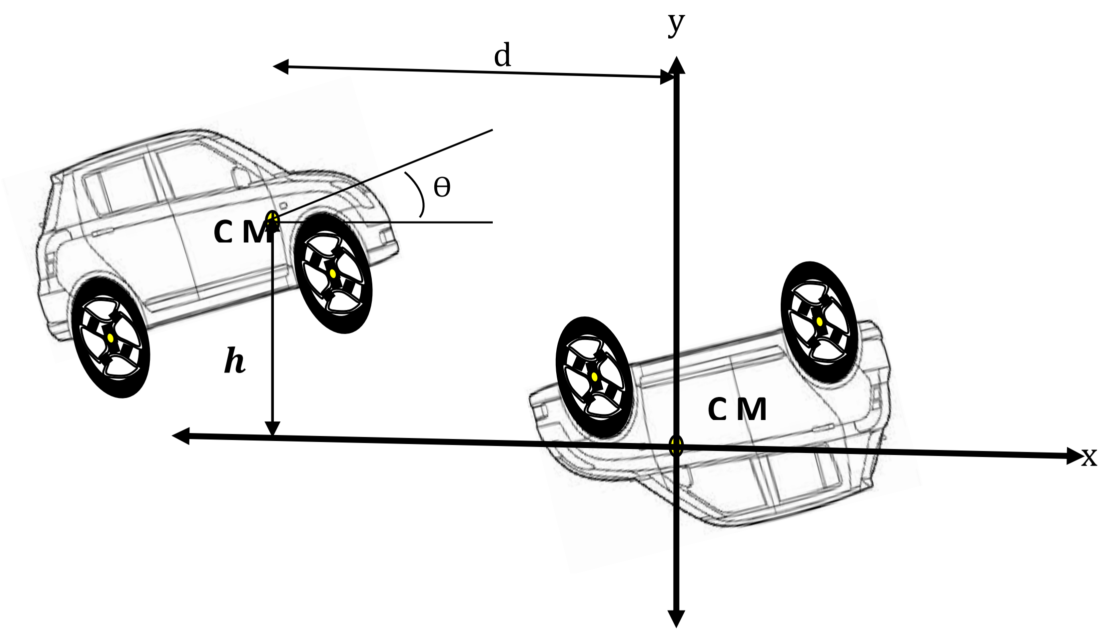
٢. استقرار المركبةبمستوىأقلمنمستوى الإنطلاق:

إنسرعة الإنقلاببللمركبةالتيتستقربنقطةأقلمننقطةإنطلاقهاموضحةفي الشكل رقم (٧):



الشكل رقم (٧) يوضح المسافة الأفقية والعمودية وزاوية الإنطلاق لمركبة استقرت بمستوى أقل من مستوى الإنطلاق

ولإيجاد معادلة حساب السرعة في هذه الحالة فإنه يلزم أن نقوم برسم مركز نظام الاحداثيات (x.y) في مركز ثقل المركبة بعد الإنقلاب وكما هو موضح بالشكل التالي :



من الشكل السابق يتضح لنا أن:

$$x = d = vtcos\Theta \qquad ....١$$

$$y = -h = vtsin\Theta - \frac{1}{2}gt^2 \qquad ....٢$$

وبقسمة طرفي المعادلة رقم (١) على $vcos\Theta$فإنه:

$$t = \frac{d}{vcos\Theta}$$

وبتعويض قيمة (t) في المعادلة رقم (٢) فإنه:

$$-h = v(sin\Theta)\left(\frac{d}{vcos\Theta}\right) - \left(\frac{g}{2}\right)\left(\frac{d^2}{v^2cos^2\Theta}\right)$$

وبحذف (v) تصبح المعادلة:

$$-h = \frac{dsin\Theta}{cos\Theta} - \frac{g}{2}\left(\frac{d^2}{V^2cos^2\Theta}\right)$$

إعادة ترتيب المعادلة:

$$\frac{g}{2}\left(\frac{d^2}{V^2cos^2\Theta}\right) = \frac{dsin\Theta}{cos\Theta} + h$$

أضرب طرفي المعادلة $(cos^2\Theta)$ وأعد ترتيب المعادلة:

$$\frac{g}{2}\left(\frac{d^2}{V^2cos^2\Theta}\right)cos^2\Theta = \frac{dsin\Theta}{cos\Theta}cos^2\Theta + hcos^2\Theta$$

$$\frac{g}{2}\left(\frac{d^2}{V^2}\right) = dsin\Theta cos\Theta + hcos^2\Theta$$

أضرب طرفي المعادلة بـــ (V^2):

$$\frac{gd^2}{2} = V^2\ (dsin\Theta cos\Theta + hcos^2\Theta)$$

وبتعويض قيمة $(g = ٩,٨١)$ في المعادلة:

$$4.9d^2 = V^2\ (dsin\Theta cos\Theta + hcos^2\Theta)$$

وبقسمة طرفي المعادلة على $(dsin\Theta cos\Theta + hcos^2\Theta)$

$$V^2 = \frac{4.9^2}{dsin\Theta cos\Theta + hcos^2\Theta}$$

استخراج الجذر التربيعي للمعادلة يمكننا حساب السرعة المتجهة للإنقلاب:

$$V = \frac{2.21d}{\sqrt{dsin\Theta cos\Theta + hcos^2\Theta}}$$

وحيث أن وحدة قياس (V) هي (m/s) ولإيجاد (s) نضرب المعادلة بـ (٣,٦) للتحويل إلى (km/h):

$$\boxed{S = \frac{7.97d}{\sqrt{dsin\Theta cos\Theta + hcos^2\Theta}}}$$

مثال (٩):

إنطلقت مركبة بالهواء بميل ٢٠° إذا علمت أنها قطعت مسافة أفقية ١٤ متر، وكان مكان هبوطها أقل من مكان إنطلاقها بـ ٦٠ سم أحسب سرعة المركبة عند انطلاقها؟

الحل:

المعطيات : d= ١٤ متر - h= ٠,٦ متر - Θ =٢٠°

المطلوب: السرعة التي قطعتها المركبة عند بداية سقوطها؟

$$S = \frac{7.97d}{\sqrt{dsin\Theta cos\Theta + hcos^2\Theta}} S = \frac{7.97 * 14}{\sqrt{14sin20cos20 + 0.6cos^2 20}}$$

S= ٤٩ *km/hr*

حفظ كمية التحرك الخطية

كمية التحرك (الزخم)Momentum

الزخم هو أحد المفاهيم الأساسية في مجال الفيزياء وهو ما يعرف بكمية التحرك والذي يعتمد على مقدار كتلة ومقدار سرعه الجسم، حيث أنه كلما زادت كتلة الجسم وسرعته زادت كمية التحرك له وهي مهمة جداً لنا كمحققين في الحوادث المرورية.

وقبل الدخول بالتفصيل في موضوع الزخم يجب أن نلقي نظرة على الزخم ونقارنه بالطاقة الحركية، فإذا كان لدينا قوة معينة وتلك القوة أثرت على جسم وحركته مسافة معينةفإنه يكون لدينا طاقة حركية وإذا كان لدينا نفس القوة وتلك القوة أثرت بفترة معينةفإنه ينتج لدينا كمية زخم (كمية تحرك) لنرى كيف يساعدنا هذا

على تعريف كميه التحرك حيث أننا نحتاج إلى الرجوع إلى قانون نيوتن F=M(a) وتعريف التسارع (a) على انه السرعة المتجهة مقسمه على الوقت ويقاس بوحدة (m / sec^2).

وحسب قانون نيوتن الثاني الذي ينص على أنه إذا أثرت قوة محصلة في جسم وأكسبته تسارعاًفإن مقدار هذا التسارع يتناسب طردياً مع القوة المحصلة ويكون باتجاهها.

وإذا ضربنا كلا الجانبين لهذه المعادلة بـ (t) فإننا نحصل على ما يلي:

$$\boldsymbol{F(t) = m(v)}$$

لقد بينا أن كمية التحرك (الزخم) هي القوة التي تؤثر على الجسم خلال فترة من الوقت وهذه الفكرة بينت بواسطة الجانب الأيسر من هذه المعادلة F(t) ولكن أيضاً يبين الزخم بواسطة الجانب الأيمن من المعادلة بأنه عبارة عن كتله الجسم مضروبة بالسرعة المتجهة للجسم فإذا نظرنا لهذه المعادلة فإننا نرى بأن الزخم يقيس ما حدث عندما أثرت قوة معينه خلال فترة زمنية معينة على الجسم.

فإذا قمنا بضرب مطرقة على مسمار فإن ذلك يعبر عن تغير الزخم لرأس المطرقة وذلك بنقل القوة المطلوبة لتحريك المسمار فعندما يتصادم جسمان فإن الزخم المكتسب من أحد الأجسام (المسمار) يساوي الزخم الذي فقد من قبل الآخر (المطرقة) وتحسب قوة الدفع بواسطة ضرب تلك القوة على طول المدة الزمنية المؤثرة فيها، كما بينت بواسطة الجانب الأيسر للمعادلة أعلاه ومن هذا يمكن أن نعرف تلك القوة على أنها المعدل الزمني لتغير كمية التحرك (الزخم).

إن المعادلة التي تعرف كمية التحرك تخبرنا أيضاً عن شيء مهم وهو أن السرعة المكتسبة لجسم ما كنتيجة للقوه المؤثرة عليه، تعتمد ليس على مقدار القوة فقط بل أيضاً على طول الفترة الزمنية للقوة المؤثرة عليه.

حفظ كمية التحرك الخطية (الزخم الخطي) Conservation of Liner Momentum

يعتبر حفظ كميه التحرك الخطية مبدأ مهما لنا كمحققين بالحوادث في حاله التصادم ويمكن أن نبين هذا المبدأ على أنه عبارة عن مجموع الكميات المتجهة للزخم الخطي لجسمين أو أكثر بعد التصادم هي نفس مجموع الكميات المتجهة للزخم الخطي للأجسام قبل التصادم.

إن مبدأ حفظ كمية التحرك الخطية هي أفضل وسيلة فعالة متوفرة للمحققين في الحوادث، إن تطبيق هذا المبدأ في تحليل الحوادث المرورية يساعد في تحديد سرعة المركبة عند تصادمها مع مركبة أخرى.

وينص مبدأ حفظ كمية التحرك الخطية على ما يلي: "أن مجموع كمية التحرك الخطية لنظام من الأجسام يبقى كما هو قبل وبعد التصادم"

$$M_1V_1 + M_2V_2 = M_1V_3 + M_2V_4$$

حيث أن:

M_1: كتلة المركبة الأولى قبل التصادم

M_2 : كتلة المركبة الثانية قبل التصادم

M_1: كتلة المركبة الأولى بعد التصادم

M_2: كتلة المركبة الثانية بعد التصادم

V_1: سرعة المركبة الأولى قبل التصادم

V_2: سرعة المركبة الثانية قبل التصادم

V_3: سرعة المركبة الأولى بعد التصادم

V_4: سرعة المركبة الثانية بعد التصادم

ونحن نعلم أن السرعة (V) كمية متجهة أي أننا نتحدث عن مقدار واتجاه في نفس الوقت في حين أن قيمة (V) تكون موجبة إذا كان اتجاه تحرك المركبة باتجاه محور السيني الموجب (باتجاه اليمين)، وان قيمة (V) تكون سالبة إذا كان اتجاه تحرك المركبة باتجاه محور السيني السالب (باتجاه اليسار).

إن التصادم يحدث عندما يقترب جسمان أو أكثر من بعضهم البعض حيث تكون القوى المؤثرة على الأجسام كبيرة ولكن تأثيرها يكون لفترة زمنية قصيرة نسبياً وتكون النتيجة تغير مفاجئ في حركة الأجسام المتصادمة ويسمح هذا التغير بفصل الوقت والحركة قبل التصادم عن الوقت والحركة بعد التصادم.

يوجد هناك نوعان أساسيان للتصادم:

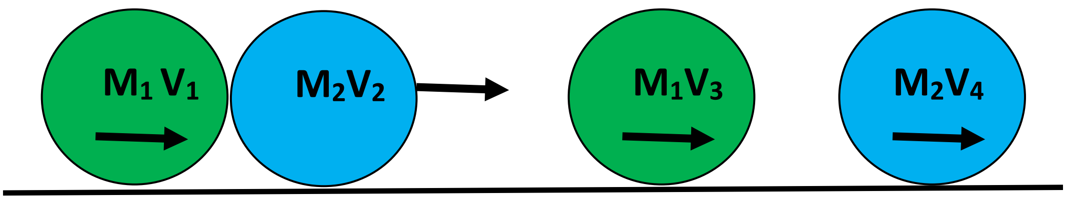
١) التصادم المرن: هو التصادم الذي تكون فيه الطاقة الحركية محفوظة.

٢) التصادم غير المرن: هو التصادم الذي لا تكون فيه الطاقة الحركية محفوظة.

في الواقع العملي لإعادة بناء الحادث المروري، يمكن اعتبار التصادمات التي تحلل بواسطة مبدأ حفظ كمية التحرك الخطية تصادمات غير مرنة والقاعدة الأساسية هي إذا كان التصادم بسيطاً لإعادة بناءه يمكن اعتباره غير مرن.

لندرس حاليا تصادمين خطيين: التصادم الأول بين كرتين سنوكر (تصادم مرن)، والتصادم الثاني بين كرتين من الطين (تصادم غير مرن).

التصادم المرن (كرات السنوكر):



من مبدأ حفظ كمية التحرك الخطية نكتب المعادلة (١):

$$M_1V_1 + M_2V_2 = M_1V_3 + M_2V_4 \quad \text{.............................(1)}$$

ولان التصادم تصادما مرنا فإن الطاقة الحركية تكون محفوظة وعليه نكتب المعادلة التالية:

$$.......(2)\ {}^{1}/_{2}\, M_1V_1^2 + {}^{1}/_{2}\, M_1V_3^2 = {}^{1}/_{2}\, M_1V_3^2 + {}^{1}/_{2}\, M_2V_4^2$$

وبتجميع المعادلة (١) تصبح:

$$M_1V_1 - M_1V_3 = M_2V_4 - M_2V_2$$

أو تصبح على النحو التالي:

$$..................................(3)\ M_1(V_1 - V_3) = M_2(V_4 - V_2)$$

وبتجميع حدود المعادلة (٢) تصبح:

$${}^{1}/_{2}\, M_1V_1^2 - {}^{1}/_{2}\, M_1V_3^2 = {}^{1}/_{2}\, M_2V_4^2 - {}^{1}/_{2}\, M_2V_2^2 \qquad ....(4)$$

وبضرب المعادلة بالعدد (٢) تصبح:

$$M_1V_1^2 - M_1V_3^2 = M_2V_4^2 - M_2V_2^2$$

أو تصبح على النحو التالي:

$$M_1(V_1^2 - V_3^2) = M_2(V_4^2 - V_2^2) \qquad ....(5)$$

وبقسمة المعادلة (٥) على المعادلة (٣):

$$\frac{M_1(V_1^2 - V_3^2) = M_2(V_4^2 - V_2^2)}{M_1(V_1 - V_3) = M_2(V_4 - V_2)} \qquad ....(5)$$

أو تصبح على النحو التالي:

$$\frac{M_1\,(V_1-V_3)(V_1+V_3)=M_2(V_4-V_2)(V_4+V_2)}{M_1\,(V_1-V_3)= M_2(V_4-V_2)}$$

وبالتالي: $(V_١ + V_٣ = V_٤ + V_٢)$ وبترتيب المعادلة:

$$.....................................\boxed{..(7)V_١ - V_٢ = V_٤ - V_٣}$$

توضح المعادلة رقم (٧) إنه في التصادم المرن يكون الفرق بين سرعة المركبتين قبل التصادم مساو للفرق بين سرعتيهما بعد التصادم.

وبحل المعادلة (٧) لإيجاد (V1) تصبح:

$$\boxed{V_1 = V_4 - V_3 + V_2} \qquad \text{..............................(8)}$$

وبتعويض (V1) في المعادلة (٣) تصبح:

$$M_1\,(V_4 - V_3 + V_2 - V_3) = M_2\,(V_4 - V_2) \qquad \text{..................(9)}$$

$$M_1V_4 - 2M_1V_3 + M_1V_2 = M_2V_4 - M_2V_2$$

$$M_1V_2 = M_2V_4 - M_2V_2 + 2M_1V_3 - M_1V_4$$

$$M_1V_2 + M_2V_2 = M_2V_4 + 2M_1V_3 - M_1V_4$$

$$(M_1 + M_2)V_2 = M_2V_4 + 2M_1V_3 - M_1V_4$$

$$V_2 = \frac{M_2V_4}{M_1+M_2} + \frac{2M_1V_3}{M_1+M_2} - \frac{M_1V_4}{M_1+M_2}$$

$$\boxed{V_2 = \frac{2M_1V_3}{M_1+M_2} + \frac{(M_2-M_1)V_4}{M_1+M_2}}$$

وبترتيب حدود المعادلة (٧) لإيجاد (V2) :

$$\boxed{V_2 = V_1 + V_3 - V_4} \qquad \text{..............................(10)}$$

وبتعويض (V2) في المعادلة (٣) لإيجاد (V1):

$$M_{١}(V_{١} - V_{٣}) = M_{٢}(V_{٤} - [V_{١} + V_{٣} - V_{٤}]) \qquad \text{..................(11)}$$

$$M_{١}(V_{١} - V_{٣}) = M_{٢}(V_{٤} - V_{١} - V_{٣} + V_{٤})$$

$$M_{١}(V_{١} - V_{٣}) = M_{٢}(٢\,V_{٤} - V_{١} - V_{٣})$$

$$M_{١}V_{١} - M_{١}V_{٣} = ٢M_{٢}V_{٤} - M_{٢}V_{١} - M_{٢}V_{٣}$$

$$M_2V_1 = M_1V_3 + 2M_2V_4 - M_2V_3 + M_1V_1$$

$$M_2)V_1 = (M_1 - M_2)V_3 + 2M_2V_4 + (M_1$$

$$V_{١} = \frac{V_{٣}(M_{١} - M_{٢})}{(M_{١} + M_{٢})} + \frac{٢M_{٢}V_{٤}}{(M_{١} + M_{٢})}$$

لتوضيح المعادلتان رقم (٩) و(١١) الحلول العامة للسرعات عند التصادم إذا كانت الكتلة والسرعات بعد التصادم معروفة مع العلم أنهما معادلتان تستخدمان في حالة التصادم المرن الخطي أو التصادمات التي تكون فيها الطاقة الحركية محفوظة.

إذا كان التعامل مع تصادم كرات السنوكر، يجب استخدام المعادلات السابقة وعلى أي حال فإن المركبات ليست كرات سنوكر، فعندما تتصادم مركبتان فإنهما يسلكان سلوك أجسام غير مرنة مثل كرات الطين، وبالرغم من أن تصادمات المركبات تعتبر تصادمات غير مرنه إلا انه يمكن اعتبار التصادمات التي تقع على سرعات أقل من (٣٥ km/hr) تصادمات مرنة، وهذه الحقيقة تقودنا إلى المناقشة التالية:

معادلة الارتداد (المرونة):

لقد ذكر في البداية أن الخسارة في الطاقة الحركية في التصادمات هي متناغمة ضمن حدود مبدأ حفظ كمية التحرك الخطية.

لنفترض أن هناك كتلتان ($M_١$)و($M_٢$) تتحركان باستقامة على خط مستقيم حصل بينهما تصادم حيث كانت سرعتهما قبل التصادم ($V_١$) و($V_٢$)وبعد التصادم تحركت الكتلتان بسرعة ($V_٣$) و($V_٤$) فإن المجموع الكلي لكمية التحرك الخطية لهذا النظام قبل التصادم هي:

$$M_١V_١ + M_٢V_٢$$

إذا استبدلنا هاتين الكتلتين بسرعة مقدارها ($V_٥$) تختلف عن ($V_١$) و($V_٢$)

$$M_١V_١ + M_٢V_٢ = (M_١ + M_٢)\, V_٥$$

ولذلك فإن:

$$\boxed{\boldsymbol{V_5 = \frac{M_1V_1 + M_2V_2}{(M_1+M_2)}}}$$

وتكون الطاقة الحركية للكتلة ($M_١ + M_٢$)والتي تسير بسرعة (V5) كالتالي:

$$\mathbf{Ke} = \left(\frac{\boldsymbol{M_1 + M_2}}{\mathbf{2}}\right)\left(\frac{\boldsymbol{M_1V_1 + M_2V_2}}{\boldsymbol{M_1 + M_2}}\right)^{\mathbf{2}}$$

وهذه الطاقة الحركية تمثل الطاقة الحركية بعد التصادم في حالة التصادم غير مرن، وإذا تم طرح الطاقة الحركية بعد التصادم من مجموع الطاقة الحركية للكتلتين قبل التصادم فسيتم ملاحظة كمية الطاقة الحركية اللازمة لالتصاق الكتلتين (الكمية القصوى للطاقة الحركية التي يمكن خسارتها في التصادم):

$$\mathbf{Ke} = \left(\frac{1}{2}M_1{V_1}^2 + \frac{1}{2}M_2{V_2}^2\right) - \frac{1}{2}(M_1 + M_2)\left(\frac{M_1V_1 + M_2V_2}{M_1+M_2}\right)^2$$

$$K_e = \left(\frac{1}{2}M_1{V_1}^2 + \frac{1}{2}M_2{V_2}^2\right) - \frac{1}{2}(M_1 + M_2)\left(\frac{M_1V_1 + M_2V_2}{M_1+M_2}\right)\left(\frac{M_1V_1 + M_2V_2}{M_1+M_2}\right)$$

$$K_e = \left(\frac{1}{2}M_1{V_1}^2 + \frac{1}{2}M_2{V_2}^2\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{M_1^2V_1^2 + 2M_1M_2V_1V_2 + M_2^2V_2^2}{M_1+M_2}\right)$$

$$K_e = \left(\frac{1}{2}M_1{V_1}^2 + \frac{1}{2}M_2{V_2}^2\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{M_1^2V_1^2 + M_2^2V_2^2}{M_1+M_2}\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{2M_1M_2v_1v_2}{M_1+M_2}\right)$$

$$K_e = \frac{1}{2}\left(M_1{V_1}^2 + M_2{V_2}^2 - \frac{M_1^2V_1^2+M_2^2V_2^2}{M_1+M_2}\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{2M_1M_2v_1v_2}{M_1+M_2}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{(M_1+M_2)M_1{V_1}^2}{(M_1+M_2)} + \frac{(M_1+M_2)M_2{V_2}^2}{(M_1+M_2)} - \frac{M_1^2V_1^2-M_2^2V_2^2}{(M_1+M_2)}\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{2M_1M_2v_1v_2}{M_1+M_2}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{(M_1+M_2)(M_1{V_1}^2)+(M_1+M_2)(M_2{V_2}^2)-M_1^2V_1^2 - M_2^2V_2^2}{(M_1+M_2)}\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{2M_1M_2v_1v_2}{M_1+M_2}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{M_1^2V_1^2+ M_1M_2{V_1}^2+M_1M_2{V_2}^2+M_2^2V_2^2-M_1^2V_1^2-M_2^2{V_2}^2}{(M_1+M_2)}\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{2M_1M_2v_1v_2}{M_1+M_2}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{M_1M_2{v_1}^2 + M_1M_2{v_2}^2}{(M_1 + M_2)}\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{2M_1M_2v_1v_2}{M_1+M_2}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{M_1M_2}{(M_1 + M_2)}V_1^2 + \frac{M_1M_2}{(M_1 + M_2)}v_2^2\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{2M_1M_2v_1v_2}{M_1+M_2}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{M_1M_2}{(M_1 + M_2)}\right)V_1^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{M_1M_2}{(M_1 + M_2)}\right)v_2^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{2M_1M_2v_1v_2}{M_1+M_2}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{M_1M_2}{(M_1 + M_2)}\right)V_1^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{M_1M_2}{(M_1 + M_2)}\right)v_2^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{M_1M_2}{(M_1 + M_2)}\right)(2v_1v_2)$$

$$K_e = \frac{1}{2}\left(\frac{M_1M_2}{(M_1 + M_2)}\right)(V_1^2 - 2v_1v_2 + v_2^2)$$

$$K_e = \frac{1}{2}\left(\frac{M_1M_2}{(M_1 + M_2)}\right)(v_{1-}v_2)(v_{1-}v_2)$$

$$\boxed{K_e = \frac{1}{2}\left(\frac{M_1 M_2}{(M_1 + M_2)}\right)(v_{1-}v_2)^2}$$

الطاقة الحركية التي لم تستخدم في التصادم (K_e)

إن المعادلة الأخيرة توضح الكمية القصوى للطاقة الحركية التي يمكن خسارتها في التصادم، فإذا كان التصادم تصادماً غير مرن كلياًفإن كامل هذه الطاقة الحركية سوف تستهلك في الالتصاق (الالتحام) أو تشويه أو رفع درجة حرارة الكتلتين، أما إذا لم يكن التصادم تصادماً غير مرن كلياًفإن جزءاً من هذه الطاقة الحركية سوف تخزن (كما في الزنبركات) ومن ثم تتحرر، ومن خلال استخدام الأسلوب السابق في التحليل مع الأخذ بعين الاعتبار أن $(v_٣)$ و $(v_٤)$ هي السرعات بعد التصادم يمكن أن نحصل على الطاقة الحركية التي لم تستخدم في التصادم وهي على الشكل التالي:

$$\boxed{K_e = \frac{1}{2}\left(\frac{M_1 M_2}{(M_1 + M_2)}\right)(v_{3-}v_4)^2}$$

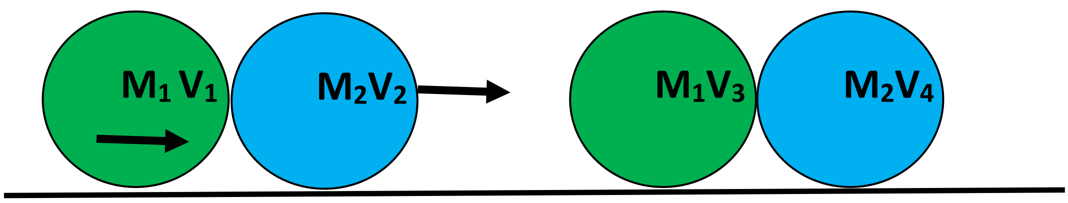
وإذا تم ضرب المعادلة الخاصة بحساب أكبر خسارة للطاقة الحركية بمربع معامل الارتداد (المرونة) (E) وربطها بالطاقة الحركية غير المستخدمة في التصادم نحصل على المعادلة التالية:

$$E^2\left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2}\right)(v_{1-}v_2)^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2}\right)(v_{3-}v_4)^2$$

$$E^2(V_{1-}V_2)^2 = (V_{3\,-}V_4)^2$$

وأيضاً ومرة أخرى يجب ملاحظة إنه لا يمكن استخدام هذه العلاقات عندما تكون سرعة المركبات أكبر من (٣٥ km/ hr) لأنه يوجد بعض العاملين في هذا المجال يستخدمون هذه العلاقات بشكل خاطئ.

التصادم غير المرن:



إذا كان التصادم غير مرن كلياًفإن الكتلتين ستلتصقان ببعضهما البعض ولذلكفإن:

$$v_٣ = v_٤$$

ومن مبدأ حفظ كمية التحرك الخطي:

$$M_1V_1 + M_2V_2 = M_1V_3 + M_2V_4 \Longleftarrow \text{حيث} \quad V_3 = \quad {}_4$$

$$M_1V_1 + M_2V_2 = (M_1 + M_2)V_4$$

$$M_1V_1 = (M_1 + M_2)V_4 - M_2V_2$$

$$V_4 = \frac{(M_1+M_2)V_4}{M_1} - \frac{M_2}{M_1}V_2 \quad \text{(12)}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

ولإيجاد (V_2):

$$M_1V_1 + M_2V_2 = (M_1 + M_2)V_4$$

$$M_2V_2 = (M_1 + M_2)V_4 - M_1V_1$$

$$V_2 = \frac{(M_1+M_2)}{M_2} - \frac{M_1}{M_2}V_1 \quad \text{(13)}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

المعادلتان (١٢) و(١٣) تصف التصادم غير المرن على خط واحد، إذا تصادمت مركبتان بنسبة التصاق (١٠٠٪) ولهما نفس خط العمل فإنهما سوف يلتصقان يبعضهما البعض وينزلقان إلى أن يتوقفا.

وإذا كان معدل التباطؤ بسبب الاختلاف بين قدرات الفرامل الاحتياطية والخلفية للمركبتين فإن المركبتين سوف تنفصلان بعد التصادم وسوف تكون السرعات بعد التصادم متساوية ولكن لا يوجد هناك التصاق بنسبة (١٠٠٪) ولا نفس خط العمل ولذلك سوف نناقش الآن تصادم على استقامة واحدة (باتجاه واحد) وسوف يتم استخدام مبدأ حفظ كمية التحرك الخطية لذلك.

مثال:

مركبة تزن (٢١٢٥) كيلوغرام اصطدمت بمركبة متوقفة تزن (١٥٥٠) كيلوغرام وبنسبة التصاق (١٠٠٪) بتصادم أمامي خلفي، وتحركت المركبتان ككتلة واحدة وكانت مسافة التباطؤ (٣٣,٣) متر ومعامل احتكاك الطريق (٠,٧٨) وتوقفت نهائياً العجلات الأمامية للمركبة الأولى والعجلات الخلفية للمركبة الثانية، أحسب سرعة المركبتين بعد الصدم؟

الحل:

يعتبر هذا التصادم تصادم باتجاه واحد وجميع كميات التحرك قبل التصادم على المحور الأفقي:

$$M_1V_1 + M_2V_2 = M_1V_3 + M_2V_4 \quad \text{(1)}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

وحيث $M = W/g$

$$\boldsymbol{\frac{w_1}{g}V_1 + \frac{w_2}{g}V_2 = \frac{w_1}{g}V_3 + \frac{w_2}{g}V_4} \quad \textbf{(2)}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

وبضرب المعادلة بـ (g)

$$\boldsymbol{W_1V_1 + W_2V_2 = W_1V_3 + W_2V_4} \quad \textbf{(3)}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

وبما أن المركبات تسير على الكرة الأرضية فإن المعادلة رقم (٣) تصبح هي المعادلة العامة لكمية التحرك وبسبب أن المركبة الثانية متوقفة قبل التصادم ($V_٢ = ٠$):

$$\boldsymbol{W_1V_1 = W_1V_3 + W_2V_4} \quad \textbf{(4)}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

وحيث أن $V_٣ = V_٤$

$$\boldsymbol{W_1V_1 = (W_1 + W_2)v_4} \quad \textbf{(5)}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

وبالقسمة على $W_١$

$$\boldsymbol{V_1 = \frac{(W_1 + W_2)}{W_1}V_4} \quad \textbf{(6)}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

ولإيجاد $V_١$ من المعادلة (٦) يجب إيجاد ($V_٤$)

$$\boldsymbol{V_4 = \sqrt{254\,dfn}}$$

وباعتبار أن (n = ٥٠٪) لأنه لا يوجد ثمانية إطارات ولكن أربعة فقط منها هي المؤثرة:

$$\boldsymbol{V_4 = \sqrt{254\,(33.3)(0.78)(0.50)} = (57)\ \mathrm{km / hr}}$$

ومن المعادلة (٦)

$$v_١ = (٥٧)\left(\frac{٢١٢٥+١٥٥٠}{٢١٥٢}\right) = \text{(98) km /}$$

مثال:

اصطدمت مركبة بمركبة متوقفة وبعد التصادم تحركت المركبتان بشكل منفصل كانت مسافة التباطؤ للمركبة الأولى(الصادمة) قبل التصادم (٢٠ m)بالعجلات الأربعة وبعد التصادم كانت مسافة التباطؤ (٢٦,٧ m) بالعجلات الخلفية فقط.

وزن المركبة الأولى = ١٨٧٥ kg

وزن المركبة الثانية = ١٢٥٨ kg

معامل الاحتكاك = ٠,٧١

أوجد سرعة المركبة الأولى عند التصادم؟ وعند بداية التباطؤ؟

الحل:

$$\text{.....................................(1)}\, w_1v_1 + w_2v_2 = w_1v_3 + w_2v_4$$

في هذه الحالة $v_٢$ ، $v_٣ \neq v_٤$ $= 0$

$$\text{..(2)}\, w_1v_1 = w_1v_3 + w_2v_4$$

وبالقسمة على $w_١$

$$\text{..(3)}\, v_1 = v_3 + \frac{w_2}{w_1} v_4$$

ولإيجاد ($v_١$) من معادلة (٣) يجب إيجاد ($v_٣$) ، ($v_٤$)

لحساب ($v_٣$)

$$= 69 \text{ km/ hr}\, v_3 = \sqrt{254\, fd} = \sqrt{254\,(0.71)(26.7)}$$

وهذه هي سرعة المركبة الأولى بعد التصادم:

$$v_4 = \sqrt{254\, fdn} = \sqrt{254\,(0.71)(21.7)(0.4)}$$

$$v_4 = 39\ km\ /hr$$

وهذه هي سرعة المركبة الثانية بعد التصادم والآن نعوض ($v_٣$) ، ($v_٤$) لإيجاد ($v_١$)

$$v_1 = 69 + \frac{1258}{1875}(39) = 95 \text{ km/ hr}$$

ولإيجاد سرعة المركبة الأولى عند بداية التباطؤ:

$$V = \sqrt{254\, fd + v_i^2}$$

$$V = \sqrt{254\,(20)(0.71) + (95)^2} = 112 \text{ km / hr}$$

وهذه هي سرعة المركبة الأولى عند بداية التباطؤ.

مثال (٥٤):

اصطدمت مركبة بأحد المشاة (رجل) المتوقف على الطريق وكان وزن المركبة (١٧٦٣ kg) ووزن المشاة (٨٨ kg) فإذا كانت مسافة التباطؤ للمركبة قبل الحادث (٤٠) متر وبعد التصادم (٢٦,٣) متر للمركبة

و(٧,٣) مترللمشاة، وكان معامل الاحتكاك للمشاة (٠,٦) أوجد سرعة المركبة عند التصادم وعند بداية التباطؤ؟

الحل:

$$w_1v_1 + w_2v_2 = w_1v_3 + w_2v_4$$

وحيث v_2، $v_3 \neq v_4$ $= 0$

$$W_1v_1 = W_1V_3 + W_2v_4$$

$$v_1 = v_3 + \frac{w_2}{w_1}v_4$$

وبإيجاد (v_3) و (v_4)

$$= \sqrt{254\ (0.65)(26.3)} = 65\text{km / hr}\quad v_3 = \sqrt{254\ fd}$$

$$= 33\text{km/hr}\quad v_4 = \sqrt{254\ fd} = \sqrt{254\ (0.60)(7.3)}$$

$$= 65 + \frac{88}{1763}(33) = 66\text{ km/hr}\quad v_1 = v_3 + \frac{w_2}{w_1}v_4$$

وهذه هي سرعة المركبة عند التصادم.

ويلاحظ أن الفرق بين سرعة المركبة قبل وبعد الحادث هو فرق بسيط، وفي مثل هذه الحالات فإنه لا داعي لاستخدام مبدأ حفظ كمية التحرك الخطية في هذه الحوادث، وهذه الحالة تشبه الحالة التي تصطدم فيها مركبة ضخمة بمركبة أخرى بطيئة أو صغيرة.

وبالرجوع إلى المثال الأخير

$$S = \sqrt{254\ fd + Si^2} = \sqrt{254\ (0.65)(40) + (66)^2}$$

S = 104 km/ hr

وهذه سرعتها عند بداية التباطؤ.

مثال:

أوجد معادلة لتحليل كمية التحرك الخطية لتصادم أمامي – خلفي

حيث $v_2 \neq 0,\ v_3 \neq v_4$؟

الحل:

$$w_1v_1 + w_2v_2 = w_1v_3 + w_2v_4$$

$$w_1v_1 = w_1v_3 + w_2v_4 - w_2v_2$$

$$\boxed{v_1 = v_3 + \frac{w_2}{w_1}v_4 - \frac{w_2}{w_1}v_2}$$

مثال:

أوجد معادلة لتحليل كمية التحرك الخطية لتصادم أمامي – أمامي

حيث $v_٢ \neq ٠,\ v_٣ \neq v_٤$؟

الحل:

$$w_١v_١ + w_٢v_٢ = w_١v_٣ + w_٢v_٤$$

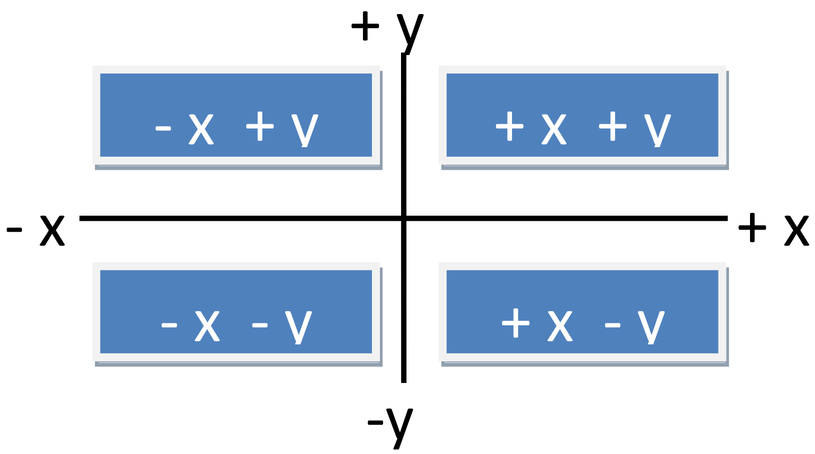
وحيث أن التصادم أمامي – أمامي

$$w_1v_1 - w_2v_2 = w_1v_3 - w_2v_4$$

$$\boxed{v_1 = v_3 + \frac{w_2}{w_1}v_4 + \frac{w_2}{w_1}v_2}$$

التصادمات بزاوية:

معظم التصادمات التي نتعامل معها لا تحدث على خط واحد بل أن المركبات تسير بزوايا بين بعضها البعض ولذلك يوجد هناك زاوية وصول وزاوية مغادرة. ولكي نتعامل مع هذه الأنواع بطريقة حفظ كمية التحرك الخطية، لابد من استخدام طريقة تحليل المتجهات ولذلك سنستخدم طريقة المحاور الأفقية (محور x) والمحاور العمودية (محور y) وهذان المحوران هما متعامدان على بعضهما البعض.

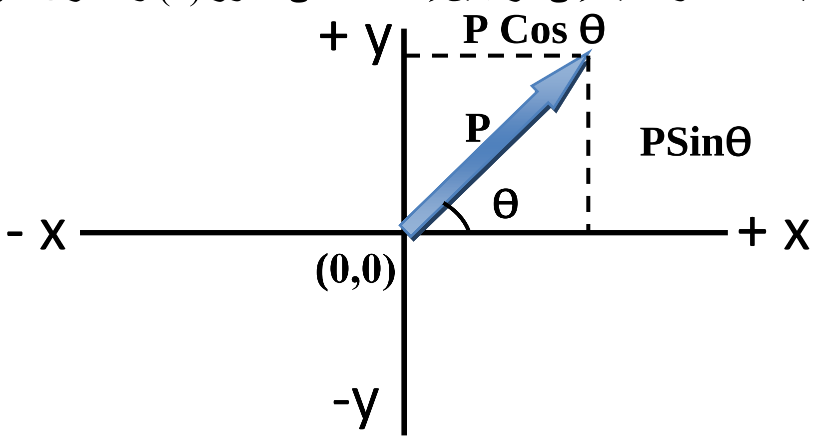


النقطة "٠" تسمى نقطة الأصل، فإذا تحركنا من اليسار إلى اليمين على محور (x) فإننا نتجه باتجاه (+x)، وإذا تحركنا من اليمين إلى اليسار على محور (x) فإننا نتجه باتجاه (-x) ونفس الأمر ينطبق على محور(y).

المحور	الحركة	الإشارة
X	يسار← يمين	+
X	يمين ← يسار	-
y	أعلى	+
y	أسفل	-

وهناك بعض القواعد والافتراضات التي سوف نستعملها والتي لن تؤثر على الإجابة النهائية بل سوف تسهل كيفية التوصل إلى الإجابة النهائية، الأمر الأول الذي يجب إتباعه هو تحديد مسار إحدى المركبات على محور (x) ولذلك لن يكون هناك أي كمية تحرك لها على محور (y) قبل التصادم، والأمر الثاني هو قياس الزاوية الحادة بالنسبة لمحور (x) لكل زوايا الوصول والمغادرة.

المبدأ الرئيسي لتحليل متجه هو تحليله إلى مركبتين إحداهما على محور (x) والأخرى على محور (y).



حيث أن:

p: متجه.

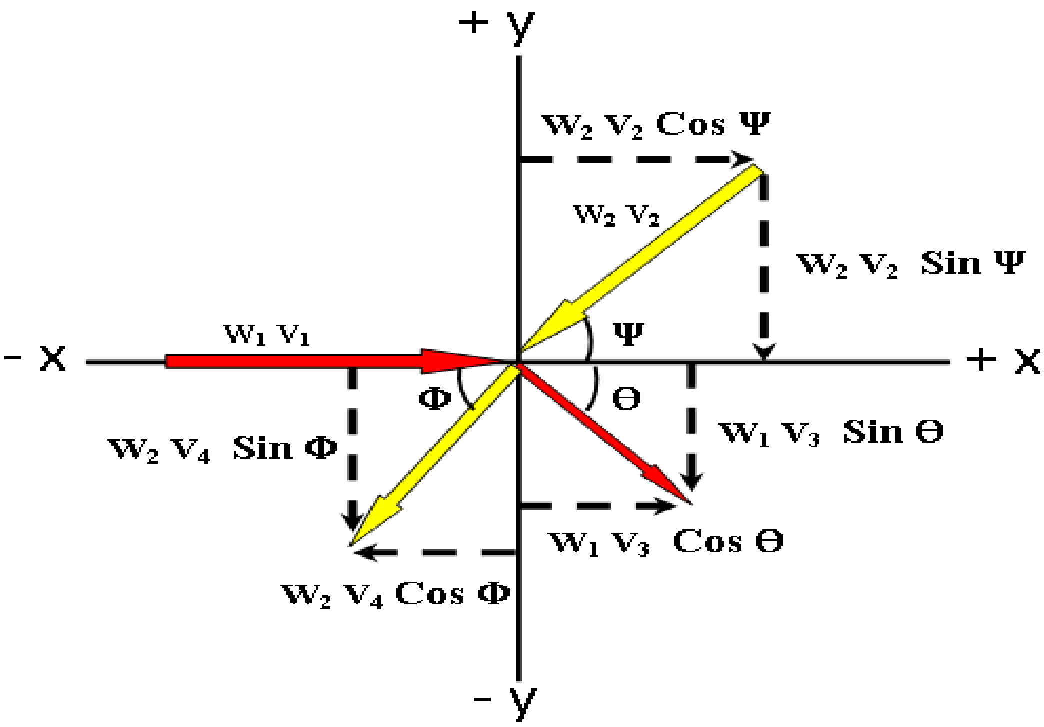
Ө: الزاوية بين المتجه ومحور (x) وبالتالي فإن قيمة المتجه (p) تكون:

باتجاه محور (x) هي (P Cos Ө) وموجبة لأننا نتحرك من اليسار إلى اليمين.

اتجاه محور (y) هي (P Sin Ө) وموجبة لأننا نتحرك للأعلى.

وإذا كان لدينا عدة متجهات فإنه باستطاعتنا جمع مركباتهم على المحاور.

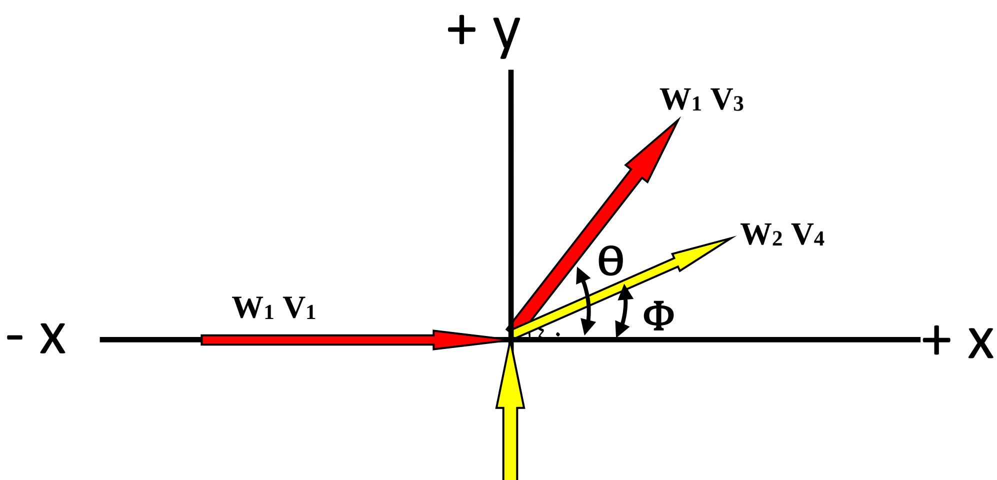
في الشكل التالي نوضح كيفية احتساب المركبات الأفقية والعمودية من حيث قيمتها وإشارتها:



والجدول التالي يوضح الإشارات ومركبات القوى

المتجه	المركبة على محور (x)	الإشارة	المركبة على محور (Y)	الإشارة
w١v١	w١v١	(+)		(٠)
w٢v٢	w٢v٢ cosψ	(-)	w٢v٢ sinψ	(-)
w١v٣	w١v٣cosθ	(+)	w١v٣sinθ	(-)
w٢v٤	w٢v٤cosØ	(-)	w٢v٤sinØ	(-)

ولنستخدم الآن فكرة جمع مركبات المتجهات حول تصادم بزاوية (٩٠°):



ملاحظة: الزوايا دائما تقاس عن محور (x) الموجب ونعتبر دائما محور (x) هو محور المركبة الأولى.

محور(y):   بعد   =   قبل

$$w_{١}v_{١} + w_{٢}v_{٢} = w_{١}v_{٣}\sin\Theta + w_{٢}v_{٤}\sin\text{Ø}$$

وحيث (W1 V1 = 0) على محور y:

$$w_{٢}v_{٢} = w_{١}v_{٣}\sin\Theta + w_{٢}v_{٤}\sin\text{Ø}$$

$$V_{٢} = \frac{w_{١}}{w_{٢}}v_{٣}\sin\Theta + v_{٤}\sin\text{Ø}$$

محور(x):   بعد   =   قبل

$$w_{١}v_{١} + w_{٢}v_{٢} = w_{١}v_{٣}\cos\Theta + w_{٢}v_{٤}\cos\text{Ø}$$

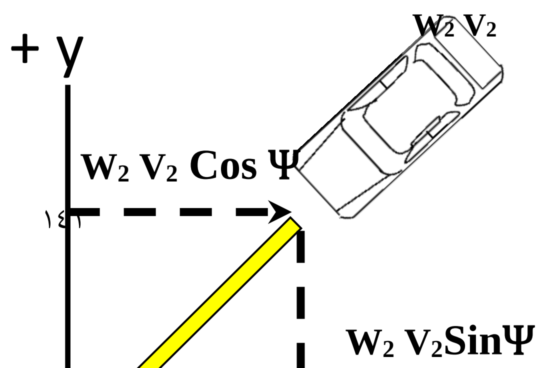
وحيث $w_{٢}v_{٢}$ ٠ = على محور (x):

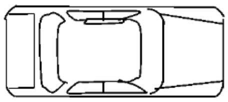
$$w_{١}v_{١} = w_{١}v_{٣}\cos\Theta + w_{٢}v_{٤}\cos\text{Ø}$$

$$\boldsymbol{V_1 = v_3 cos}\Theta + \frac{\boldsymbol{w_2}}{\boldsymbol{w_1}}\boldsymbol{v_4\ cos}\text{Ø}$$

التصادمات غير المتعامدة:

لنتعامل مع المثال التالي ونكتب معادلات كمية التحرك لـ ($v_{١}$) و ($v_{٢}$):





محور(y):   بعد   =   قبل

$$w_1v_1 - w_2v_2\sin\emptyset = -w_1v_3\sin\Theta - w_2v_4\sin\emptyset$$

وحيث أن (w_1v_1 = ٠) على محور (y):

$$-w_2v_2\sin\emptyset = -w_1v_3\sin\Theta - w_2v_4\sin\emptyset$$

$$V_2 = \frac{w_1v_3\sin\Theta}{w_2\sin\emptyset} + \frac{v_4\sin\emptyset}{\sin\emptyset}$$

محور(x):   بعد   =   قبل

$$w_1v_1 - w_2v_2\cos\emptyset = w_1v_3\cos\Theta - w_2v_4\cos\emptyset$$

$$w_1v_1 = w_1v_3\cos\Theta - w_2v_4\cos\emptyset + w_2v_2\cos\emptyset$$

$$v_1 = v_3\cos\Theta + \frac{w_2}{w_1}v_4\cos\emptyset + \frac{w_2}{w_1}v_2\cos\emptyset$$

بعض الأمور الرئيسية للتعامل مع مسائل كمية التحرك الخطية:

١. عامل أي مسألة كأنها مسألة جديدة.

٢. لا تحفظ المعادلات.

٣. استنبط المعادلة النهائية لكل حالة.

٤. تذكر أن الطاقة وكمية التحرك شيئين مختلفين حيث أن كمية التحرك تزودنا بقوة الدفع من مركبة إلى مركبة أخرى ولكنها لا تسبب التحطم كما تفعل الطاقة.

٥. لكي تحل أي مسألة إتبع الخطوات التالية:

أ. أرسم مخططاً للحادث يوضح كافة الزوايا.

ب. قم باختيار مسار المركبات ليكون على محور (x)، أرسم هذا المحور على المخطط وقم بقياس زاوية الوصول الأخرى وزوايا المغادرة من هذا المحور، تذكر أن محاور (x)، (y)هما متعامدان.

ج. أكتب كل الأمور المعروفة وأرسم جدولاً يوضح إشارة المركبات الأفقية والعمودية وأكتب أيضاً أي معلومات قبل التصادم مثل مسافات التباطؤ ومعاملات الاحتكاك وأوزان المركبات.

د. أكتب المعادلة الأساسية لكمية التحرك على محور (y)أولاً وبهذه الطريقة نحل معادلة محور (y) مباشرة لأن المركبة التي تسير على محور(x) لا يوجد لها مركبات على محور (y) قبل التصادم وأكتب أيضاً (قبل) و(بعد)، أكتب تحت (قبل) الجزء من المعادلة الذي يحدث قبل التصادم. أكتب تحت (بعد) ما حدث بعد التصادم، إذا تجزأت مركبة ما بعد التصادم تأكد من ضم أي جزء له وزن مؤثر، حل المعادلة جبرياً لإيجاد السرعة قبل التصادم.

ه. بعد ذلك أكتب المعادلة على محور (x) واستخدم نفس الطريقة المتبعة على محور (y).

و. حل المعادلات لإيجاد السرعات بعد التصادم واستخدمها لحساب السرعات قبل التصادم للمركبة على محور(y) واستخدم كل هذه المعلومات لإيجاد السرعات قبل التصادم على محور (x).

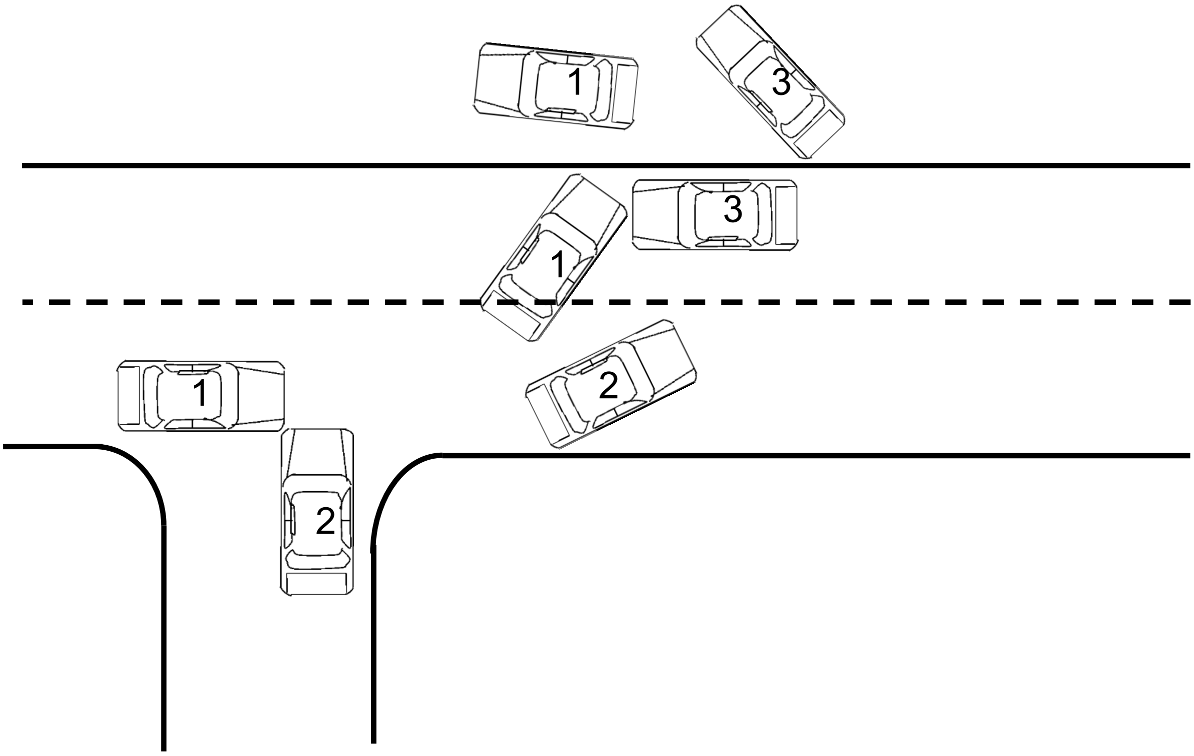
ز. إجمع السرعات قبل التصادم مع أي سرعات معروفة.

حالات خاصة

١. التصادمات الثانوية:

لنفترض حالة تصطدم فيها مركبتان مع بعضهما البعض ثم تنحرف هاتين المركبتين بعد التصادم لتصطدمان بمركبة أخرى ثالثة، في هذه الحلة نطبق مبدأ حفظ كمية التحرك مرتين مبتدئين بالتصادم

الثاني (الثانوي) فنجد السرعات قبل هذا التصادم وبعد ذلك نطبق مبدأ حفظ كمية التحرك على التصادم الأول (الرئيسي) ولنوضح ذلك نأخذ المثال التالي:



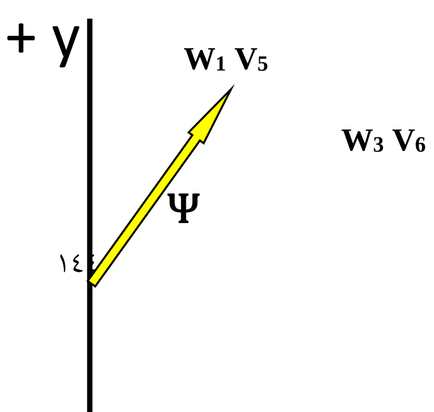
وبتطبيق مبدأ حفظ كمية التحرك الخطية على التصادم بين المركبتين (١) و (٣) وسوف نختار مسار المركبة (٣) ليكون محور (x):

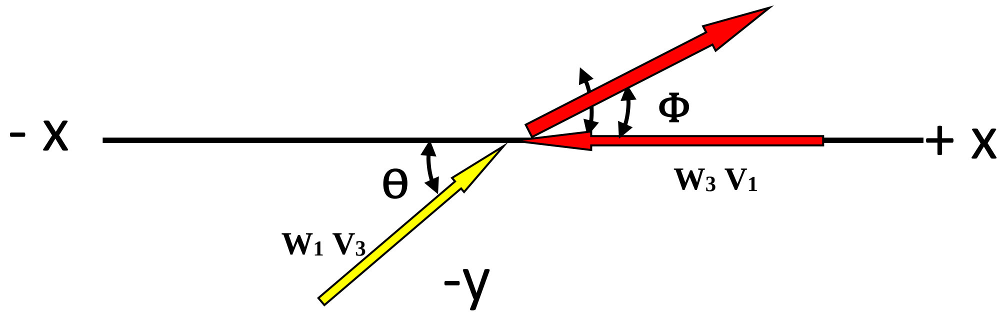
الحل: التصادم الثانوي:

ملاحظة: تذكر المعادلة التالية:

$$V = \sqrt{2(f)(g)(d)}$$

$$V = \sqrt{2(nf \pm m)(g)(d)}$$





محور (y):

$$\Theta = w_1 v_5 sin\Psi + w_3 v_6 sin\emptyset w_1 v_3 sin$$

$$V_3 = \frac{v_5 sin\Psi}{sin\Theta} + \frac{w_3 v_6 sin\emptyset}{w_1 sin\Theta}$$

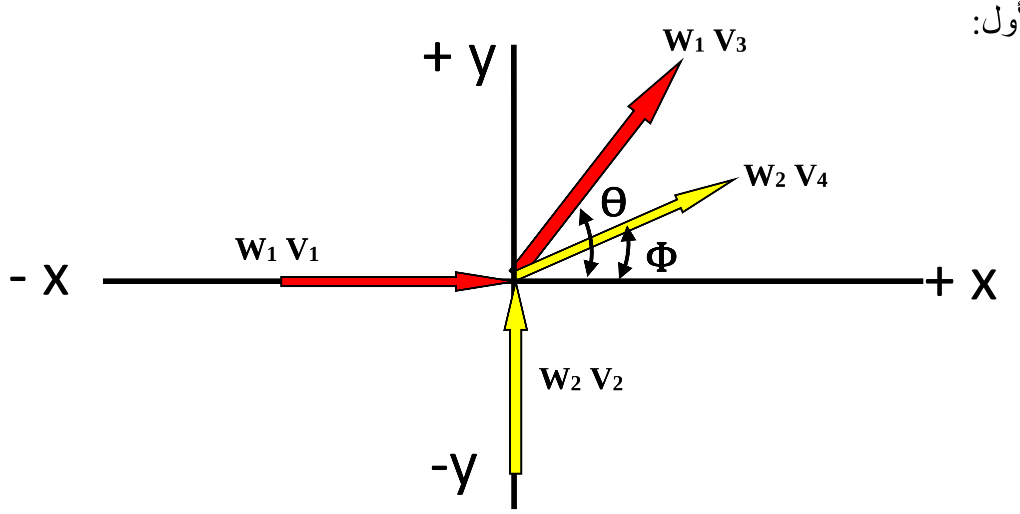
محور (x)

$$-w_3 v_1 + w_1 v_3 cos\Theta = w_1 v_5 cos\Psi + w_3 v_6 cos\emptyset$$

$$V_1 = \frac{w_1}{w_3} v_3\ cos\Theta - \frac{w_1}{w_3} v_5\ cos\Psi - v_6 cos\emptyset$$

إن السرعة (v_3) سوف تعطينا سرعة المركبةالأولى عند التصادم مع المركبة الثالثة:

التصادم الأول:



محور (y):

$$w_2 v_2 = w_1 v_3 sin\Theta + w_2 v_4 sin\emptyset$$

$$V_2 = \frac{w_1}{w_2} v_3 sin\Theta + v_4 sin\emptyset$$

محور (x):

$$w_1 v_1 = w_1 v_3 cos\Theta + w_2 v_4 cos\emptyset$$

$$V_1 = v_3 cos\Theta + \frac{w_2}{w_1} v_4\ cos\emptyset$$

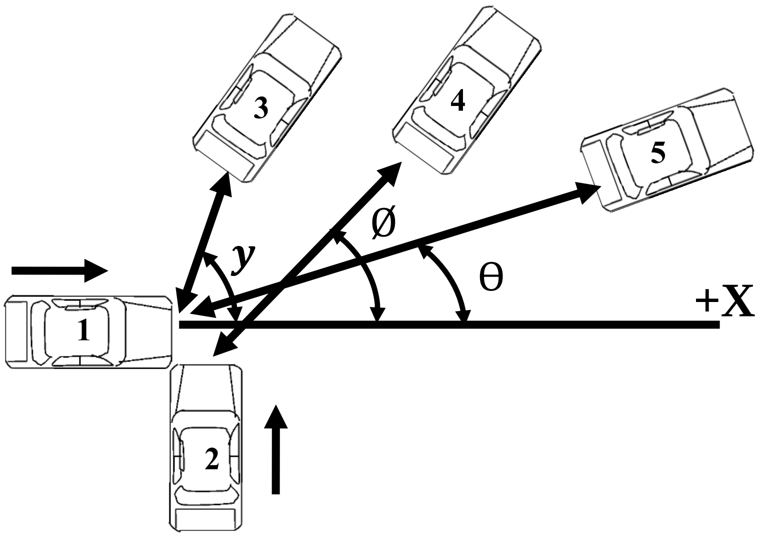
إن السرعة (v_1) هي سرعة اصطدام المركبة الأولى مع المركبة الثانية.

سرعة المركبة الأولى بعد التصادم الأول (سرعة مشتركة):

$$S_3 = \sqrt{254\,(fdn) + Si^2}$$

٢. انشطار المركبات:

افترض حالة يكون فيها التصادم رأسي على تقاطع (T) حيث تصطدم المركبة التي داخل (T) من قبل مركبة قادمة إلى (T) في الجانب الأمامي الأيمن وإنشطرت إلى قسمين.



المعلومات:

kg$w_1 = 1713$	$d_3 = 33.6m$	$f_3 = 0.69$
kg$w_2 = 2113$	$d_2 = 38.3m$	$f_2 = 0.67$
kg$w_3 = 757$	$d_5 = 20.7m$	$f_5 = 0.69$
kg$w_5 = 955$		
$\Theta = 46^{\circ}$	$\emptyset = 69^{\circ}$	$y = 75^{\circ}$

=76 km / hr$S_3 = \sqrt{254\ df} = \sqrt{254\ (33.6)(0.69)}$

$S_4 = \sqrt{254\ df} = \sqrt{254\ (38.3)(0.76)}$=80 km / hr

$S_5 = \sqrt{254\ df} = \sqrt{254\ (20.7)(0.69)}$=60 km / hr

محور (y):

$$w_1v_1 + w_2v_2 = w_3v_3 siny + w_2v_4 sin\emptyset + w_5v_5 sin\theta$$

$$V_2 = \frac{w_3v_3 siny}{w_2} + v_4 sin\emptyset + \frac{w_5v_5 sin\theta}{w_2} \qquad (w_1v_1 = 0)$$

$$v_2 = \frac{757(7.6)sin\,75}{2113} + 86 sin\,69 + \frac{955(60)sin46}{2113} = 126\ \mathrm{km\ /\ hr}$$

محور (x):

$$w_1v_1 + w_2v_2 = w_3v_3 cosy + w_2v_4 cos\emptyset + w_5v_5 cos\theta$$

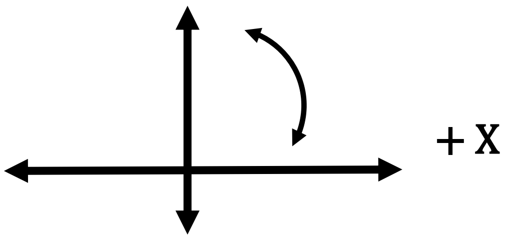
$$v_1 = \frac{w_3v_3 cosy}{w_1} + \frac{w_2v_4 cos\emptyset}{w_1} + \frac{w_5v_5 cos\theta}{w_1} \qquad (w_2v_2 = 0)$$

$$v_1 = [(757)(76)(cos75) + (2113)(86)(cos69) + (955)(60)(cos\,46)]/1713$$

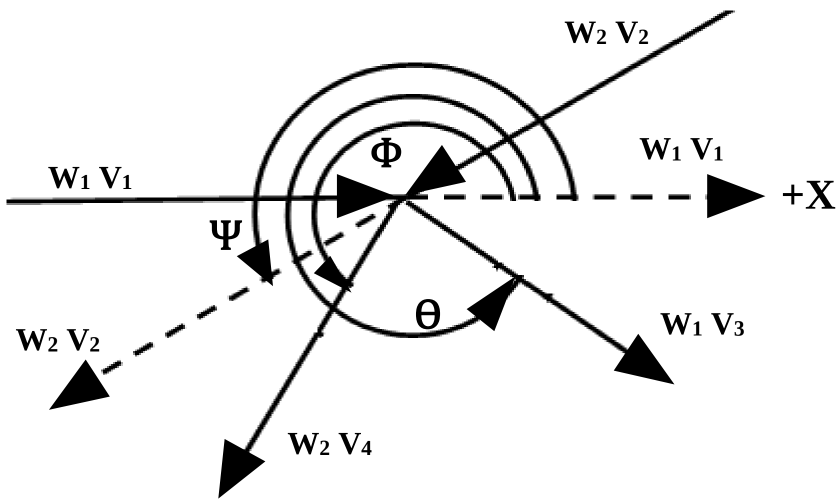
$$v_1 = 70\ \mathrm{km\ /hr}$$

٣. الانشطار (٣٦٠) درجة:

في الطرق التي استعملناها في المسائل السابقة كانت زوايا الوصول والمغادرة تقاس كزوايا حادة من محور (x)ثم أخذنا الاتجاهات سواء كانت موجبة أو سالبة حسب الاتجاه. أما الآن فسوف نستخدم طريقة أخرى لقياس هذه الزوايا وهي قياسها من محور (x+)سواء كانت حادة أو منفرجة، في هذه الطريقة ستكون قيم الجيب وجيب التمام موجبة أو سالبة حسب قيمة الزاوية ولذلك لن تحدد فيما إذا كان الحد موجباً أم سالباً.



تقاس الزوايا بعكس عقارب الساعة من محور ((x+)نحن بحاجة إلى أن نمد المتجه (w_1 $_1$) بالاتجاه الأمامي الذي يشير إليه وذلك برسمه بخط متقطع من نقطة الأصل.



وكما ذكرنا سابقاً، لا داعي لأن تقلق بشأن الإشارات(موجبة، سالبة) وكما أن المتجه (w_1 $_1$) على استقامةمحور(x) إلى اليمين فإن زاوية الوصول له تكون (٠) درجة وفي المعادلات التالية ستكون زاوية الوصول هي (A1∠).

محور (y): **بعد** = **قبل**

$$\boldsymbol{w_1 v_1 sin\angle A_1 + w_2 v_2 sin\psi = w_1 v_3 sin\Theta + w_2 v_4 sin\emptyset}$$

$$\boldsymbol{sin\angle A_1 = sin0^\circ = 0}$$

$$\boldsymbol{w_2 v_2 sin\,\psi + w_1 v_3 sin\Theta + w_2 v_4 sin\emptyset}$$

$$\boldsymbol{v_2 = \frac{w_1 v_3 sin\Theta}{w_2 sin\,\psi} + v_4 \frac{sin\emptyset}{sin\,\psi}}$$

محور (x): **بعد** = **قبل**

$$\boldsymbol{w_1 v_1 cos\angle A_1 + w_2 v_2 cos\psi = w_1 v_3 cos\Theta + w_2 v_4 cos\emptyset}$$

$$\boldsymbol{cos\angle A_1 = cos0^\circ = 1}$$

$$\boldsymbol{w_1 v_1 = w_1 v_3 cos\Theta + w_2 v_4 cos\emptyset - w_2 v_2 cos\psi}$$

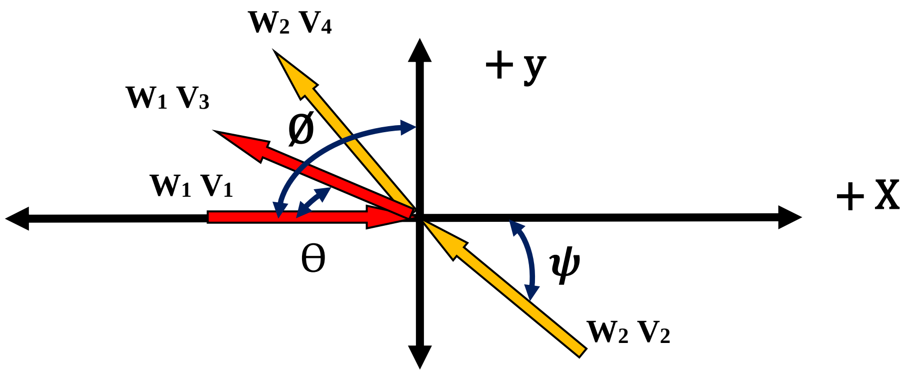
$$\boldsymbol{v_1 = v_3 cos\Theta + \frac{w_2}{w_1} v_4 cos\emptyset - \frac{w_2}{w_1} v_2\, cos\psi}$$

وهذه المعادلة هي نفس المعادلة التي تطرقنا لها سابقاً ولكن بعض الإشارات تختلف وهذا الاختلاف لأن الزوايا في الطريقة السابقة هي زوايا حادة أما في هذه الطريقة فالزوايا تقاس بعكس عقارب الساعة من محور (+x)ولكن الجواب النهائي يكون نفسه.

٤. تصادمات بزوايا صغيرة:

معظم التصادمات الأمامية – الأمامية التي ناقشناها تتضمن زوايا وصول صغيرة (خمس درجات أو أقل) نادراً ما نتعامل مع تصادم خلفي بزاوية (١٨٠) درجة.

إذا كانت زاوية الوصول أقل من (١٠) درجات فإنه بإمكاننا استخدام مبدأ حفظ كمية التحرك الخطية ولكن يجب علينا أن نقيس زاوية الوصول بدقة متناهية لأن قيمة الجيب لزاوية الوصول تتغير بسرعة للزوايا الصغيرة، ولتوضيح ذلك لنأخذ الحالة التي تتصادم فيها مركبتان في تصادم بزاوية وصول صغيرة حيث زاوية الوصول الحقيقية هي (٥) درجات وزاوية المغادرة للمركبة الأولى (١٠) درجات وللمركبة الثانية (١٣) درجة.



	sin	cos	f = 0.76 (لجميع المركبات)
$=5^\circ\psi$	0.087	0.996	$1813\ kg w_1 =$
$=10^\circ\Theta$	0.173	0.984	$2160\ kg w_2 =$
$Ø = 13^\circ$	0.224	0.970	$5\ m d_3 =$
			$6.7\ m d_4 =$

الحل: نحسب $_3$ ، v_4:

$$V_3 = \sqrt{254\ df} = \sqrt{254\ (0.76)(5)} = 31\ \text{km / hr}$$

$$V_4 = \sqrt{254\ df} = \sqrt{254\ (0.76)(6.7)} = 36\ \text{km / hr}$$

محور (y): **بعد** = **قبل**

$$w_2 v_2 sin\ \psi = w_1 v_3 sin\Theta + w_2 v_4 sinØ$$

$$v_2 = \frac{w_1 v_3 sin\Theta}{w_2 sin\psi} + v_4 \frac{sin\emptyset}{sin\psi}$$

$$v_2 = \frac{1813(31)sin10}{2160(sin5)} + 36\frac{sin13}{sin5} = 144\ km / hr$$

محور(x): بعد = قبل

$$w_1 v_1 - w_2 v_2 cos\psi = -w_1 v_3 cos\Theta - w_2 v_4 cos\emptyset$$

$$v_1 = w_2 v_2 cos\psi / w_1 - v_3 cos\Theta - w_2 v_4 cos\emptyset / w_1$$

$$v_1 = (2160)(144)(cos5)/1813 - (31)(cos10) - (2160)(36)(cos13)/1813$$

$$v_1 = 98 km / hr$$

لنعتبر الآن أن زاوية الوصول للمركبة الثانية هي أقل من الأصلية بدرجة واحدة (٤° = □)

محور (y):

$$v_2 = \frac{w_1 v_3 sin\Theta}{w_2 sin\psi} + v_4 \frac{sin\emptyset}{sin\psi}$$

$$v_2 = \frac{(1813)(31)(sin10)}{(2160)(sin4} + 36\frac{sin13}{sin4} = 180\ km / hr$$

ولذلك نلاحظ أن تغيرا بمقدار درجة واحدة اثر بشكل كبير على قيمة السرعة ولذلك يجب قياس زاوية الوصول بدقة.

مثال:

كانت مركبة تسير باتجاه محور السيني الموجب (من اليسار إلى اليمين) وكانت كتلتها (٦٠٠٠) كغم وكانت تسير بسرعة (٨٠) كم/س واصطدمت بمركبة أخرى كانت متجهة باتجاه المحور السيني السالب (من اليسار إلى اليمين) كتلتها (٣٠٠٠) كغم وكانت تسير بسرعة (٦٠) كم/س وانفصلت المركبتين عن بعضهما بعد التصادم أحسب سرعة المركبة الأولى بعد التصادم واتجاه حركتها علما بأن سرعة المركبة الثانية بعد التصادم كانت (٤٠) كم/ س باتجاه المحور السيني الموجب.

الحل: بما أنه قد حدث هناك انفصال للمركبات بعد التصادم فإن

من مبدأ حفظ كمية التحرك فإن:

$$M1V1+ M2V2= M1V3+ M2V4$$

وبعد التعويض:

$$6000 \times 80 +3000 \times (- 60)= 6000 \times 40 + 3000 \times V_4$$
$$480000 – 180000 = 240000 + 3000 \times V_4$$
$$300000 = 240000 + 3000 \times V_4$$
$$60000 = 3000 \times V_4$$

بالقسمة على (٣٠٠٠):

$$V_4=20 \text{ km/hr}$$

نلاحظ أن سرعة المركبة الثانية بعد التصادم تساوي (٢٠كم / س) وأنها تحركت باتجاه المحور السيني الموجب أي باتجاه حركة المركبة الأولى (وسبب ذلك لان سرعة المركبة الأولى قبل التصادم أكبر من سرعة المركبة الثانية قبل التصادم وكتلة المركبة الأولى أكبر من كتلة المركبة الثانية)

مثال:

كانت مركبة تسير باتجاه محور السيني الموجب (من اليسار إلى اليمين) وكانت كتلتها (٣٠٠٠) كغم وكانت تسير بسرعة (٨٠) كم/س واصطدمت بمركبة أخرى كانت متجهة باتجاه المحور السيني السالب (من اليسار إلى اليمين) كتلتها (٣٠٠٠) كغم وكانت تسير بسرعة (٨٠) كم/س وانفصلت المركبتين عن بعضهما بعد التصادم أحسب سرعة المركبة الأولى بعد التصادم واتجاه حركتها علماًبأن سرعة المركبة الثانية بعد التصادم كانت (٤٠) كم/ س باتجاه المحور السيني الموجب؟

الحل: بما أنه قد حدث هناك انفصال للمركبات بعد التصادم فإن

من مبدأ حفظ كمية التحرك فإن:

$$M1V1+ M2V2= M1V3+ M2V4$$

وبعد التعويض:

$$(3000 \times 80) + (3000 \times (- 80))= (3000 \times 40) + (3000 \times V_4)$$

$$240000 – 240000 = 120000 + 3000 \times V_4$$

$$0 = 120000 + 3000 \times V_4$$

$$- ١٢٠٠٠٠ = ٣٠٠٠ \times V_4$$

بالقسمة على (٣٠٠٠):

V_4=40 km/hr

نلاحظ أن سرعة المركبة الثانية بعد التصادم تساوي (٤٠- كم / س) وأنها تحركت باتجاه المحور السيني السالب أي باتجاهها الأول ولكن إنخفضت سرعتها لأن المركبة الأولى لها نفس الكتلة ونفس السرعة أيأنه إذا اصطدمت مركبتين تسيران عكس بعضهما في الاتجاه ولهما نفس الكتلة والسرعة فإنهما سوف يؤثران على بعضهما نفس التأثير.

مثال:

كانت مركبة تسير باتجاه محور السيني الموجب (من اليسار إلى اليمين) وكانت كتلتها (٦٠٠٠كغم) وكانت تسير بسرعة (٨٠ كم/س) واصطدمت بمركبة أخرى كانت متجهة باتجاه المحور السيني السالب (من اليسار إلى اليمين) كتلتها (٣٠٠٠كغم) وكانت تسير بسرعة (٤٠ كم/س) والتحمت المركبتين مع بعضهما بعد التصادم أحسب سرعة المركبة الاولى بعد التصادم واتجاه حركتها .

الحل: بما أنه قد حدث التحام ولم يحدث انفصال بين المركبتين فإن:

M1= 6000كغم

M2= 3000كغم

V1 = ٨٠كم / س

V2 = -٤٠كم / س

V4 = V3 = Vf كم / س ?? =

من مبدأ حفظ كمية التحرك فإن:

$$M1i\ V1i + M2iV2i = Vf\ (M1f + M2f)$$

وبعد التعويض:

$$6000 \times 80 + 3000 \times (-40) = (6000 + 3000) \times V_4$$
$$480000 - 120000 = 9000 \times V_4$$
$$360000 = 9000 \times V_4$$
$$V4 = 40 \text{ km/hr}$$

نلاحظ أن سرعة المركبتين بعد التصادم تساوي (٤٠ كم / س) وأنهما تتحركان باتجاه المحور السيني الموجب أي باتجاه المركبة الأولى لأن كتلتها وسرعتها أكبر قبل التصادم

ويمكننا أيضاًأن نفكر بأمثلة أخرى بينما نستطيع ان نستخدم هذا المبدأ كثيراً في دراستنا للحوادث المرورية فتعلم طرق لاستخدام مبادئ حفظ الزخم الخطي لإعادة بناء سرعة المركبات المشتركة في تصادمات متشابكة وأنه ضرورياً لنا أن نوضح سرعات المركبات بعد التصادم بالإضافةإلى اتجاهاتها قبل وبعد التصادم وبهذه المعلومات فسيكون لدينا القدرة لإيجاد سرعة المركبة في وقد التصادم وسيكون لدينا أيضاً القدرة بربط هذه السرعة بمجموع سرعات المركبات.

المصطلحات (التعريفات الإجرائية)

١. الوزارة: وزارة الداخلية.
٢. الوزير: وزير الداخلية.
٣. المديرية: مديرية الأمن العام.
٤. المدير: مدير الأمن العام.
٥. إدارة الترخيص: الإدارة المختصة بترخيص السواقين والمركبات.
٦. الإدارات المرورية: الإدارات ذات العلاقة وتشمل:
   أ. إدارة الترخيص.
   ب. إدارة السير.
   ج. إدارة الدوريات الخارجية.
   د. المعهد المروري الأردني .
٧. المكتب الفني: المكتب الفني المركزي لشؤون السير المشكل وفقا لأحكام هذا القانون.
٨. المركبة: كل واسطة من وسائط النقل البري التي تسير بقوة آلية بما في ذلك الجر أو الرفع أو الدفع والمقطورات وأنصاف المقطورات المعدة للشحن ولا تشمل وسائط النقل المعدة للسير على خطوط السكك الحديدية.
٩. سيارة الركوب: المركبة المصممة لنقل ما لا يزيد على تسعة أشخاص بمن فيهم السائق.
١٠. الحافلة المتوسطة (سيارة الركوب المتوسطة): المركبة المصممة لنقل عدد من الأشخاص يزيد على تسعة ولا يزيد على ثلاثين شخصا بمن فيهم السائق
١١. الحافلة: المركبة المصممة لنقل أكثر من ثلاثين شخصا.
١٢. مركبة الشحن: المركبة المصممة لنقل البضائع.
١٣. مركبة النقل المشترك: المركبة المصممة لنقل الأشخاص والبضائع معا.
١٤. المركبة ذات الاستخدام الخاص: مركبة النقل أو الرفع أو الجر الآلية ذات المواصفات الخاصة والمجهزة بمعدات ثابتة بصورة دائمة وغير القابلة للتحويل أو التبديل إلى أي صفة استعمال أخرى والتي لا يمكن استعمالها إلا في الأغراض المخصصة لها.
١٥. الدراجات الآلية: مركبات ذات عجلتين أو ثلاث عجلات مجهزة بمحرك آلي ومصممة لنقل الأشخاص أو البضائع على أن لا يكون تصميمها على شكل سيارة، وتشمل الدراجات الهوائية

المجهزة بمحرك آلي غير كهربائي أو بمحرك كهربائي تزيد قدرته على الحد المقرر بمقتضى التعليمات الصادرة لهذه الغاية.

١٦. السائق: الشخص الذي يتولى قيادة المركبة.

١٧. الدراجة الهوائية: واسطة ركوب ذات عجلتين أو أكثر تسير بقوة دافعة من راكبها.

١٨. المدرب: الشخص المصرح له بالتدريب النظري أو العملي على قيادة المركبات أو كليهما.

١٩. المشاة : أي شخص يسير على قدميه على الطريق ويعتبر في حكمه سائق الدراجة الهوائية والشخص الذي يدفع أو يجر عربة أطفال أو عربة مريض أو مقعد أو عربة يد.

٢٠. الراكب: كل شخص موجود داخل المركبة أو أثناء نزوله أو صعوده إليها باستثناء السائق.

٢١. خط نقل الركاب: المسار المحدد لسير مركبات نقل الركاب العمومية.

٢٢. التسجيل: توثيق قيود المركبة في إدارة الترخيص بعد التخليص الجمركي عليها

٢٣. إعادة التسجيل: إعادة العمل بقيود المركبة في إدارة الترخيص وفقا لأحكام هذا القانون.

٢٤. رخصة القيادة: الوثيقة الرسمية الصادرة عن إدارة الترخيص والتي تجيز لحاملها قيادة فئة أو أكثر من المركبات.

٢٥. رخصة المركبة: الوثيقة الرسمية الصادرة عن إدارة الترخيص التي تثبت ملكية المركبة ومواصفاتها وتجيز سيرها.

٢٦. الحادث المروري: كل واقعة غير مقصودة تسببت فيها على الأقل مركبة واحدة متحركة في إلحاق أضرار بشرية أو مادية أو كليهما.

٢٧. أجهزة الرقابة المرورية: الأجهزة التي تعمل بشكل آلي أو يدوي لغايات ضبط مخالفات السير.

٢٨. الوسائل الالكترونية: أي وسيلة تقنية تستخدم للتصوير والتسجيل وغيرها من الاستخدامات يعتمدها الوزير.

٢٩. هيكل المركبة: جسم المركبة باستثناء المحرك والمحاور وقاعدة المركبة (الشاصي).

٣٠. محرك المركبة: الآلة التي تحول الطاقة إلى قوة ميكانيكية دافعة للمركبة

٣١. قاعدة المركبة (الشاصي) : الجسور الطولية والعرضية التي ترتبط مع محاور الدواليب (العجلات) وتربطها مع بعضها بعضا.

٣٢. المحور: ما يربط الدواليب (العجلات) بقاعدة المركبة (الشاصي).

٣٣. الطول الإجمالي للمركبة: المسافة بين أقصى نقطة من مقدمة المركبة وأقصى نقطة من مؤخرتها.

٣٤. العرض الإجمالي للمركبة: المسافة بين أقصى نقطتين بارزتين من جانبي المركبة باستثناء المرايا المثبتة عليها.

٣٥. الارتفاع الإجمالي للمركبة: ارتفاع المركبة ابتداء من السطح الذي تقف عليه بعجلاتها إلى أعلى نقطة في هيكلها أو حمولتها.

٣٦. وزن المركبة فارغة: وزن المركبة مضافا إليه وزن سائقها والمحروقات التي تستوعبها والإطارات الاحتياطية وعدة التصليح الخاصة بها.

٣٧. الوزن الإجمالي للمركبة: وزن المركبة فارغة مضافا إليه وزن حمولتها.

٣٨. الوزن الصافي لحمولة المركبة: الفرق بين الوزن الإجمالي للمركبة ووزنها فارغة.

٣٩. الحمولة المحورية: ما يتحمله كل محور من محاور المركبة من وزنها الإجمالي.

٤٠. الطريق: السبيل المخصص للمرور العام بما في ذلك مرور المركبات والمشاة ويشمل الجسور والأنفاق والساحات المعدة للوقوف.

٤١. الطريق السريع المحدود: الطريق الذي لا يسمح بالدخول إليه أو الخروج منه إلا من أماكن محددة.

٤٢. التقاطع: مكان تلاقي أكثر من طريق أو تقابلها أو تفرعها على مستوى واحد، وتشمل تقاطع الطرق مع خطوط السكك الحديدية.

٤٣. الجزيرة: كل ما ينشأ على الطريق أو التقاطع من فواصل أو علامات أو خطوط أرضية لتقسيمها وتنظيم حركة المرور عليها.

٤٤. إشارة الطريق: الإشارة الضوئية أو الشاخصة أو الخطوط أو العبارات أو الكلمات أو الرموز ذات الدلالات المرورية المعروفة والتي ترسم أو تكتب على الطرق أو تثبت على جوانبها أو فوقها لتنظيم حركة السير أو إلزام مستخدمي الطريق أو تحذيرهم أو إرشادهم .

٤٥. مسافة التتابع الآمن: المسافة التي يجب تركها أثناء الحركة بين المركبة الخلفية والمركبة التي تسير أمامها.

٤٦. التجاوز: تخطي أي مركبة أو عائق على الطريق.

٤٧. مخالفات السير: المخالفات والجنح المنصوص عليها في هذا القانون.

المصادر والمراجع

المراجع الأجنبية:

١. Traffic Accident Reconstruction, Lynn B. Fricke, Northwestern University Traffic institute, Evanston, 2010.

٢. Fundamentals of Traffic Accident Reconstruction/ john Daily/University of North Florida/ institute of police Technology and Management/ Jacksonville, Florida 32216 USA /First edition/1988.

٣. Principles of Accident Investigation/ Jon neades & Ric ward/ Because. 6 Region Police Driving School/ Devizes, Great Britain, wilts. S N10 2DN/ Volume One

٤. Handbook for the Accident Reconstruction, Myron. J. Lofgren, Institute of Police Traffic Management University of North Florida, *1985.*

المراجع العربية:

١. منهاج دورة إعادة بناء الحادث المروري / المعهد المروري الأردني، ٢٠٠٤ الرائد المهندس حسام المصري.

٢. قوانين في الفيزياء / بنان راجي كريم ٢٠١٧.

٣. قانون معدل لقانون السير رقم (١٨) لسنة ٢٠٢٣م