الدراسات العليا / الدكتوراة

مادة البايوميكانيك

المحاضرة التاسعة

قانون نيوتن الثالث في فعالية التصادم والارتداد

مبدأ الأجزاء المرتبطة ومجموع القوى المشتركة في أداء الحركة

إعداد

ا.د إنتصار كاظم عبد الكريم

1444هـ / 2023 م

✍ التصادم والارتداد

◎ الاصطدام

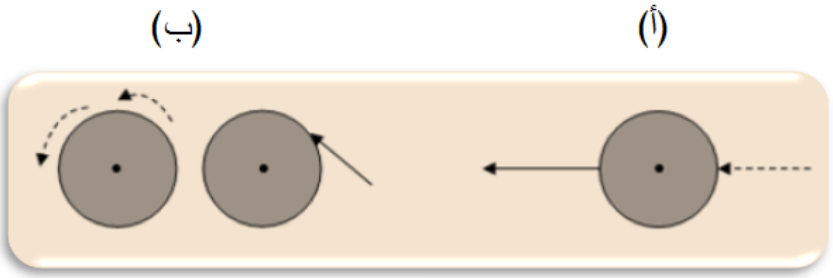
غالباً ما يحدث الاصطدام والارتداد في كثير من الحركات الرياضية سواء كان بجسم اللاعب أو بالأدوات التي يستخدمها في اللعب. ويحدث الاصطدام اما بصورة مباشرة أو غير مباشرة .

1. الأصطدام المباشر

ويحدث عندما تكون نقطة تأثير قوة التصادم للجسمين متعامدة أي أن خط عمل تأثير القوة يمر خلال مركز كتلة كل منهما أو لاحدهما ، مما يسبب حركة خطية لكلاهما أو حركة خطية لأحدهما كما في المضرب والكرة ، لاحظ الشكل (أ).

2. الاصطدام غير المباشر

أو ما يسمى بالاصطدام المائل ، وفي هذا النوع لا تمر نقطة تأثير قوة الاصطدام عبر مركز الجسمين المتصادمين ، أي إن تأثير قوة التصادم يكون خارج المركز ، لاحظ الشكل (ب) ، اصطدام المضرب مع الكرة بنقطة خارج المركز، وينتج عنها حركه دورانية للكرة.



أهم العوامل المؤثرة على مقدار قوة التصادم هي :

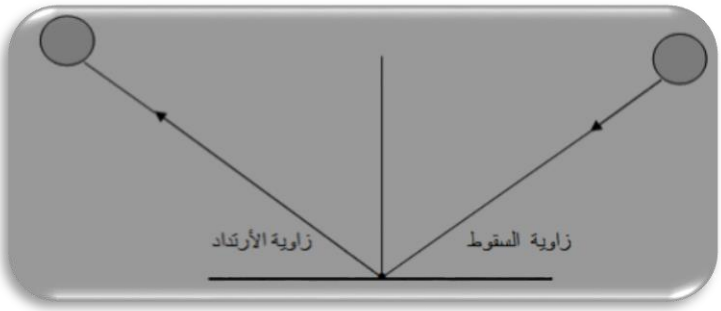
- ✧ الطاقة الحركية للجسمين المتصادمين .
- ✧ زمن التصادم .
- ✧ المسافة بين الأجسام المتصادمة

$$\text{قوة الأصطدام} = \tfrac{1}{2} \text{ الكتلة} \times \text{السرعة}^2 \ / \ \text{المسافة}$$

في المعادلة أعلاه نلاحظ أن قوة التصادم تزداد بزيادة الطاقة الحركية وتقل قوة الاصطدام بكبر المسافة بين الجسمين المتصادمين ، وذلك لأن كبر المسافة يؤدي الى امتصاص أو تقليل من قوة الاصطدا م.

- **الارتداد**

إن مصطلح الارتداد يستخدم لوصف كيفية عودة جسم اصطدم بجسم آخر ثم ابتعد عنه بسرعة معينة إلى المسار الأصلي أو أي مسار آخر ، وقد توصلت الكثير من البحوث والدراسات إلى أن الأجسام العالية المرونة تكون زاوية ارتدادها مقاربة إلى زاوية سقوطها .



ويمكن التأكد من مقدار مرونة الجسم من خلال التعرف على قيمة معامل الارتداد (الاسترجاع) ، فهو مؤشر تتراوح قيمته (0 ـــ 1) لقياس مدى او درجة الحفاظ على الطاقة الحركية أثناء الاصطدام ، إذ كلما اقتربت قيمة الارتداد من الواحد الصحيح كلما كان الاصطدام أكثر مرونة ومؤشر إيجابي لحفظ

معامل الارتداد = ارتفاع الارتداد / ارتفاع السقوط

الطاقة ، وكلما انخفضت قيمة الارتداد أصبح الاصطدام غير مرن وبالتالي ينتج عن ذلك عدم حفظ او فقدان بالطاقة، ومن الأمثلة الشائعة العاب المضرب لتوضيح الارتداد يمكن أن نلاحظ الارتداد في أنواع مختلفة من الفعاليات وعلى سبيل المثال ، في الضربة الامامية لتنس الطاولة أذ تمثل قوة المضرب على الكرة القوة التطبيقية التي ينتج عنها حركة الكرة ومن ثم اصطدامها بسطح الطاولة ، أما عملية ارتداد الكرة فيحدث نتيجة رد الفعل الذي يسببه سطح الطاولة .

العوامل التي تؤثر على ارتداد الأجسام بعد الاصطدام :

- **نوع السطح :**

في العاب الكرة يعد ارتداد الكرة عاملاً مهمًا يجب مراعاته فعلى سبيل المثال ، يمكن أن يؤثر نوع السطح الذي تصطدم به الكرة على ارتفاع واتجاه الارتداد حيث يمتص السطح الصلب مثل الخرسانة طاقة أقل مقارنة بالسطح الناعم مثل الأرضية المغطاة بالسجاد ؛ كلما زادت الطاقة التي يمتصها السطح يسبب تقليل ما تبقى من طاقة في الكرة حتى ترتد .

- **كتلة الجسم:**

يتأثر ارتفاع ارتداد الكرة المرتدة بكتلتها وسوف ترتد الكرة الأثقل بشكل أقل من الكرة الأخف عند سقوطها من نفس الارتفاع .

- **سرعة الجسم:**

يمكن أن تؤثر سرعة الكرة قبل اصطدامها بالأرض على ارتفاع ارتدادها ، وبالتالي فإن الكرة التي يتم إسقاطها من ارتفاع أكبر ستكون لها سرعة أعلى عندما تصطدم بالأرض مما يؤدي إلى ارتداد أعلى .

- **اتجاه القوة المضادة(رد الفعل)**

أن اتجاه قوة رد الفعل يكون عكس اتجاه قوة الفعل ، وتكون قوة الفعل اكبر تأثير عندما تكون عامودية على السطح ، وللحصول على اكبر مسافة عمودية (رد فعل) في الوثب العمودي يجب ان يكون تأثير القوة المطبقة فوق نقطة الارتقاء مباشرة.

- **الاتصال بالسطح**

في فعاليات الرمي او الضرب والدفع يجب ان يحافظ الرياضي على اتصال احد القدمين او كلاهما مع الأرض الى ان تكتمل القوة المسببة للحركة ، لان كسر الاتصال بالأرض قبل ان يكمل دفع الثقل او القرص فان القوة الناتجة سوف تتأثر بذلك كثيرا .

ينص قانون نيوتن الثالث للحركة على أن لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه ؛ وفي مفهوم التصادمات يعني هذا أنه عندما يصطدم جسمان فإنهما يؤثران على بعضهما البعض بقوة متساوية ومتعاكسة ، ان القوة المؤثرة التي يؤثر بها جسم على الآخر تسمى قوة الفعل ، بينما القوة التي يؤثر بها الجسم الآخر على الجسم الأول تسمى قوة رد الفعل .

إن نتيجة التصادم تختلف تبعاً لنوع الأجسام المتصادمة ، أي عندما يصطدم جسمان فمن الممكن أن يلتصقا ببعضهما أو يرتدا عن بعضهما ؛ ففي التصادم المرن فإنهما يتبادلان الزخم (الكتلة والسرعة) وترتد الأجسام عن بعضها البعض دون فقدان في الطاقة الحركية ، أي ان الزخم قبل الاصط

دام يساوي الزخم بعد الاصطدام وفقا لمبدأ حفظ الزخم ، وفي هذه الحالة تكون القوة التي يؤثر بها أحد الـ جسمين مساوية في المقدار ولكنها معاكسة في الاتجاه للقوة التي يؤثر بها الجسم الآخر .

اما في التصادم غير المرن تلتصق الأجسام ببعضها البعض وتتحرك معا كجسم واحد بعد الاصطدام ، وهذا يعني أن زخم الأجسام المتصادمة محفوظ ولكن اتجاه الاصطدام يتحدد من خلال كتل وسرعات الأجسام المتصادمة ؛ وعلى سبيل المثال عندما تصطدم سيارتان وجهاً لوجه وتلتصقان معًا فإنهما تتحركان معًا كجسم واحد بعد الاصطدام ، او عندما تصطدم سيارة بجدار يحدث فقدان بعض الطاقة الحركية أثناء التفاعل ، مثال اذا اصطدمت سيارة بجدار فان سرعتها تنخفض وينتقل جزء من طاقتها إلى الحائط على شكل حرارة وصوت وهذا يجعل السيارة ترتد بسرعة أقل من ذي قبل .

كما ان التصادم لا يتأثر بكمية زخم الأجسام المتصادمة بل يتأثر بطبيعة التصادم ، وذلك لأن الزخم محفوظ في نظام مغلق كما ذكرنا سابقا ، ولكن طبيعة التصادم هي التي تحدد كيفية انتقال أو تغير زخم الأجسام المتصادمة أثناء التصادم وعلى سبيل المثال ، إذا اصطدم جسمان وجهاً لوجه فستكون لهما

قوى متساوية ومتعاكسة تؤثر عليهما مما يؤدي إلى عدم حدوث أي تغيير في زخمهما ، ولكن إذا اصطدم جسمان بزاوية فستكون لهما قوى مختلفة تؤثر عليهما كتلتهما وسرعاتهما .

إن اتجاه حركة الاجسام قبل التصادم ليس بالضرورة هو نفس اتجاه حركتهما بعد التصادم ، حيث يعتمد اتجاه الاصطدام على اتجاه القوى المؤثرة على الأجسام إذا كانت القوى في اتجاهين متعاكسين فإن الأجسام سوف تتصادم وجها لوجه ؛ أما إذا كانت القوى في نفس الاتجاه فسوف تصطدم الأجسام من الخلف ، واذا كانت الحركة باتجاهات مختلفة قبل التصادم فان اتجاه التصادم تمثله المحصلة .

لنفترض أن سيارة تتحرك شمالًا وسيارة أخرى تتحرك شرقًا ، ففي حالة اصطدام السيارتين فإن اتجاه التصادم سيكون في مكان ما بين الشمال والشرق (المحصلة) ، وسيعتمد الاتجاه الدقيق للاصطدام على سرعة وزاوية السيارات قبل الاصطدام .

- **قانون نيوتن الثالث في فعاليات التصادم والارتداد**

يمكن تفسير العلاقة بين قانون نيوتن الثالث، والتصادم، والارتداد من خلال مبدأ الحفاظ على الزخم ، وفقا لهذا المبدأ يتم الحفاظ على الزخم الإجمالي لنظام الحركة قبل وبعد الاصطدام ، أي ان الزخم الإجمالي للأجسام قبل الاصطدام يساوي الزخم الإجمالي للأجسام بعد الاصطدام ، ويعتمد هذا المبدأ على أن القوى التي تؤثر بها الأجسام على بعضها البعض أثناء التصادم متساوية ومتضادة .

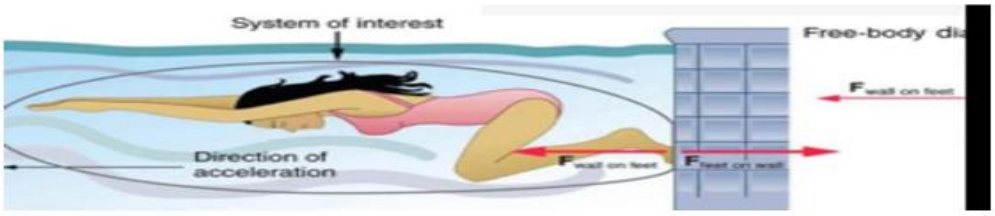
لذلك فإن علاقة قانون نيوتن بالزخم هو ان القانون يوضح العلاقة بين القوى التي يؤثر بها جسمان على بعضهما البعض أثناء التصادم ، بينما يوضح مبدأ الحفاظ على الزخم العلاقة بين زخم الجسمين قبل التصادم وبعده .

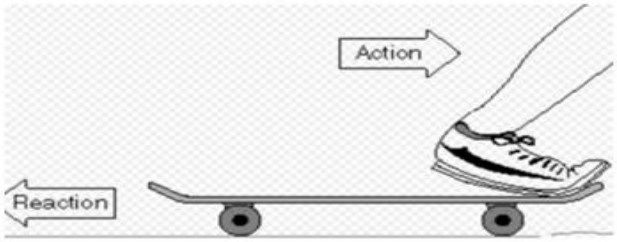
وفي المجال الرياضي يمكن القول ان جميع الحركات التي ينفذها الرياضي من قفز او رمي او ركض تحدث بتأثير قوى مشتركة العلاقة بين هذه القوى لحظة القيام بالحركة هي التي تنتج الفعل النهائي للقوة المؤثرة لغرض دفع الجسم في الوثب او الركض ، وهذا يعني ان جميع حركات الوثب والقفز هي عبارة عن فعل ورد الفعل متبادل بين القوة الداخلية والقوى الخارجية (الجاذبية) .

◎ تطبيقات قانون نيوتن الثالث

يمكن تطبيق قانون الاصطدام والارتداد في الألعاب الرياضية لتوضيح كيفية تأثير القوى على حركة الأجسام ، بعض الأمثلة على الألعاب الرياضية التي تنطوي على أحداث الاصطدام والارتداد:

في كل خطوة مشي او ركض وحتى القفز دائما يستخدم قانون نيوتن الثالث، حتى تنطلق للامام تدفع الارض بقوة (فعل) وتسلط الأرض قوة معاكسة (قوة رد الفعل) تدفع الجسم للامام





- **الأجزاء المرتبطة ومجموع القوى المشتركة في أداء الحركة**

مبدأ الأجزاء المرتبطة

إن مبدأ الأجزاء المرتبطة هو أحد المفاهيم الأساسية العشرة في الميكانيكا الحيوية ، وينص المبدأ على أن الجسم يعمل كسلسلة من الأجزاء المرتبطة حيث يؤثر كل جزء على حركة الأجزاء الأخرى ، وهذا يعني أن الحركة في جزء واحد من الجسم يمكن أن تؤثر على الحركة في جزء آخر من الجسم ، كمثال يمكن أن تؤثر حركة الورك على حركة الركبة أو القدم .

لذلك فإن فهم مبدأ الأجزاء المترابطة أمر مهم يسهل عملية تحليل الحركات ومن ثم تحسين الأداء وفي هذا المبدئ يتم وصف كامل لكيفية عمل الجسم على مراحل منفردة وبنفس الوقت مرتبطة ككل .

إن أبسط نموذج هو جسم الإنسان والذي يمثل سلسلة من الأجزاء الفردية متصلة مع بعضها بمفاصل وأن السرعة او القوة الناتجة لكل عضو من أعضاء الجسم تؤثر على سرعة او قوة العضو او الطرف البعيد للأجزاء المرتبطة مثل القدم في نهاية الساق أو اليد في نهاية الذراع ، وتحدد سرعة الجزء البعيد مقدار القوة التي يمكن تطبيقها مثل القدم على الأرض أو اليد على الكرة .

ويعد مبدأ الأجزاء المترابطة مهم أذ تساعد للمدرب في تحديد نقاط الضعف وكذلك تحسين الأداء من خلال تدريب الرياضي على حركات معينة ، وعلى سبيل المثال يمكن للرياضي الذي يريد تحسين قدرته في القفز العالي التركيز على حركة الجذع او الورك ، مما قد يؤدي إلى تحسين أداء القفز .

- **مبدأ جمع القوى المشتركة**

هو مفهوم أساسي في الفيزياء ، وينص المبدأ على أن القوة المحصلة المؤثرة على جسم ما تساوي المجموع المتجه لكل القوى الفردية المؤثرة على الجسم ، فعلى سبيل المثال إذا كانت هناك اكثر من قوة تؤثر على جسم ما ، فيمكننا إيجاد القوة المحصلة من مجموع القوى الفردية معا كمتجهات .

كما ينص المبدأ على أن القوة المؤثرة على جسم ما تتناسب مع كتلة الجسم وتسارعه ، وعليه إذا أثرت قوى متعددة على جسم ما يمكننا استخدام مبدأ جمع القوى لتحديد القوة الكلية المؤثرة على الجسم .أذ يمكن أن يساعدنا هذا في التنبؤ بكيفية تحرك الجسم .

ويمكن تطبيق مبدأ جمع القوى على الجهاز العضلي الهيكلي لتحليل الحركات وتحسين الأداء في الرياضة حيث تعمل مفاصل وعضلات الجسم معا لإنتاج الحركات ، وبما ان الجسم يتكون من أجزاء مرتبطة فإن مقدار القوة في الدفعة التي يطبقها الجزء البعيد هو في الأساس مجموع القوة من جميع المفاصل المستخدمة ؛ ويجب أن تساهم جميع المفاصل التي يمكن أن تشترك بالحركة ، كما يجب أن تكون القوة الناتجة عن كل منها بقدر الحاجة ، وفي حالة مساهمة المفصل بقوة أقل من إمكاناته فإن الدفعة المطبقة تكون أقل ، ان العامل المهم هو السرعة التي تتحرك بها ، ويشير عمل المفاصل الأسرع إلى مساهمة أكبر في قوة العضلات ويوفر دفعة تطبيقية أكبر لذلك .

كما يمكن استخدام هذا المبدأ لتحليل القوى المؤثرة على الرياضي أثناء حركة معينة ، فعلى سبيل المثال لنفترض أن لاعب كرة سلة يقفز ويرمي الكرة على الهدف . أثناء القفز ، وهنا يتعرض اللاعب لعدة قوى منها قوة الجاذبية ، وقوة مقاومة الهواء ، وقوة دفع الأرض للخلف تجاه قدمي اللاعب ، وباستخدام مبدأ محصلة القوى يمكننا جمع كل هذه القوى الفردية لتحديد القوة المحصلة المؤثرة على اللاعب ؛ وهذا يعني تحديد القوة الصافية المؤثرة على اللاعب أثناء القفزة .