الدراسات العليا / الدكتوراة
مادة البايوميكانيك

المحاضرة الرابعة /

القوة ،القوى المؤثرة في الحركة، محصلة القوة
تطبيقات عملية لقوانين نيوتن

إعداد

ا.د إنتصار كاظم عبد الكريم

1444هـ / 2023 م

القـوة

تعرف القوة على انها فعل يؤثر على جسم ما بواسطة دفع أو سحب ويتسبب في تحريكه أو تغيير اتجاهه ؛ وتعرف ايضا هي كمية فيزيائية تصف التفاعل بين الأجسام التي يمكن أن تسبب تسارع الكتلة وتعد القوة كمية متجهة وتقاس بالنيوتن. ويمكن وصفها من خلال مقدارها واتجاهها ونقطة تأثيرها

ويعتمد نوع القوة ومقدارها في المجال الرياضي على الفعالية أو الحركة المطلوب تنفيذها؛ إن تفسير الحركة ميكانيكيًا في مواقف مختلفة في الحياة العادية او الرياضة تعود إلى تفاعل عدد من القوى. يتم إنتاج بعض هذه القوى داخلً للجسم يطلق عليها القوة الداخلية وتشمل قوة العضلات ، قوة ردود الفعل الداخلية (مقاومة المفاصل والأوتار) ، وقوى أخرى خارجية يكون للطبيعة دور في انتاجها اهمها الجاذبية ، ومقاومة الهواء ، الاحتكاك ، والوزن والقوة التطبيقية .

وتقسم القوى الخارجية الى :

- قوى خارجية إيجابية ، وتتمثل بالقوة التي يمكن ان تسبب حركة مثل قوة الزميل قوة مجرى الماء والجاذبية الأرضية .
- قوى خارجية سلبية ، مثل قوة الاحتكاك ، ومقاومة الماء في السباحة .

وتعد القوة الميكانيكية نوع من القوة الخارجية التي تعمل على الجسم ، ويمكن تصنيفها أيضًا إلى قوى اتصال وعدم اتصال ، تحدث قوى الاتصال عندما يتلامس جسمان مع بعضهما البعض ، مثل اصطدام الكرة بمضرب أو تعامل لاعب مع لاعب آخر ، بينما تحدث قوى عدم الاتصال عندما لا يكون هناك تماس بين جسمان ، مثل الجاذبية أو مقاومة الهواء . ولغرض فهم القوة ككمية ميكانيكية من المهم معرفة ان عمل القوة لا يقتصر على حدوث حركة وانما تستخدم القوة في الكثير من الحركات لا كساب الجسم حالة من الثبات أي محصلة القوى المؤثرة في الجسم تساوي صفر. وبالتالي تؤثر القوة :

- تأثير ديناميكي(حركي) ، أي ان القوة المؤثرة على الجسم تسبب حركته
- تأثير ستاتيكي (ثابت) وفي هذا النوع لا تستطيع القوة التغلب على مقاومة كبيرة (لا تتغلب القوة على القصور الذاتي لتلك المقاومة).

القوة (اللحظية ، النسبية والمطلقة)

- القوة اللحظية:

هي مقياس لمعدل إنجاز العمل في لحظة محددة من الزمن(أي فترة زمنية قصيرة) وتسمى أيضا بالقوة الزمنية اذ انها تستخدم اقصى قوة باقل فترة زمنية ؛ وفي الرياضة تستخدم القوة اللحظية لقياس مقدار اقصى قوة يبذلها الرياضي في أداء عمل منفرد . يمكن أن نلاحظها أيضا عندما يدفع متسابق البلوك في انطلاقة ركض 100 م ؛وفي الوثب الطويل لحظة الارتقاء.

- القوة المطلقة:

هي أقصى قدر من القوة التي يمكن أن يمارسها الفرد وهي تعكس القدرة القصوى للرياضي على تطبيق القوة ، بغض النظر عن حجمه او وزنه ؛ ويتم قياسها بمقدار الوزن المرفوع في تكرار واحد ويعتمد نجاح بعض الفعاليات عليها كما في المصارعة. ويمكن أن تستخدم القوة المطلقة لقياس القوة القصوى للرياضي ، وهو شيء مهم في الحركات الرياضية التي تتطلب دفعات قصيرة من أقصى جهد، مثل رفع الأثقال ورمي الثقل.

- القوة النسبية:

هي مقياس لمدى قوة الرياضي بالنسبة لوزن جسمه ؛ ويتم حسابها عن طريق قسمة (القوة المطلقة) على (وزن الجسم) .

والقوة النسبية مهمة في الحركات الرياضية لأنها تعكس قدرة الرياضي على التحكم أو تحريك جسمه في الفضاء ، وهي سمة حيوية في جميع ألعاب القوى و كذلك الكثير من الألعاب الرياضية ، وتكون القوة النسبية مرغوبة أكثر من القوة المطلقة ليس فقط للرياضيين الذين يتنافسوا في فئة الوزن ولكن أيضًا للرياضيين الذين يحتاجون إلى إزاحة وزن الجسم كما في رياضة المصارعة.

يمكن تحسين القوة المطلقة والنسبية في نفس الوقت من خلال ممارسة التمارين الرياضية التي تستهدف كلا النوعين من القوة ؛ اذ يمكن استخدام التمارين المخصصة لتحسين القوة المطلقة ، مثل رفع الأثقال والتمارين الثقيلة ، وتمارين الظهر والصدر والأطراف السفلى المخصصة لتطوير القوة النسبية .

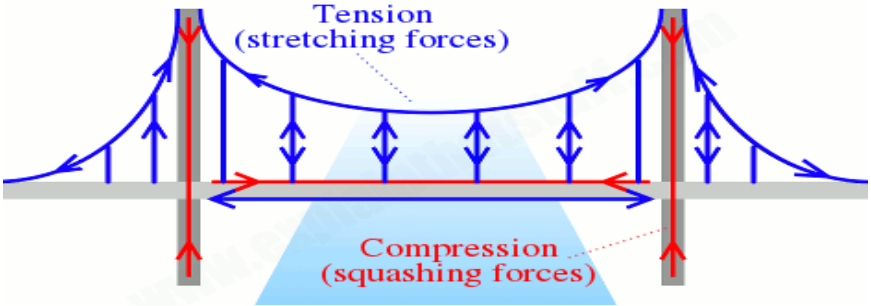
القوى المؤثرة في الحركة

عندما ننظر إلى الأجسام كيف تعمل أو تتحرك، فان السؤال الذي يتبادر الى الذهن هو ، كيف يتم تحديد القوة المسؤولة ؟ .

من النادر أن تجد قوة واحدة فقط تؤثر على حركة جسم ما ، فكثير ما نلاحظ وجود قوى مختلفة تعمل في نفس الوقت ؛ وعلى سبيل المثال عندما يضرب اللاعب كرة القدم فان لحظة تعرض الكرة الى القوة التطبيقية سوف تنضغط الكرة إلى الداخل قليلاً ويمكن ان تتسبب في تغيير شكل الكرة ، ومن ثم تعود بسرعة مرة أخرى إلى الشكل الاول .

وعندما تحلق الكرة في الهواء ممكن ان تتعرض الى مقاومة الهواء ، ومن ثم هبوط الكرة الى الأسفل واصطدامها بالأرض بفعل الجاذبية ، ويمكن ان يؤدي إلى ارتدادها في الهواء مرة أخرى لعدة مرات ، وعندما تتدحرج الكرة على الأرض فإنها تحتك بسطح ما وتتوقف تدريجيًا . لذا فإن كل ما يحدث للكرة من لحظة ضربها بالقدم إلى لحظة استقرارها على الأرض يتضمن سلسلة من القوى .

كذلك في حالة جسر معلق عملاق فأن القوى المؤثرة على الجسر متساوية والمتمثلة في قوة الشد وقوة الضغط .



مثال //

متسابق في مركب شراعي يحاول احراز تقدمًا في ظل وجود رياح قوية وامواج عالية ويستخدم محرك خارجي ؛ أضافة الى قوة أخرى بين قاع القارب والماء، ان جميع هذه القوى تعمل في اتجاهات مختلفة ، ولكن يجب أن يكون هناك تفوق لأحدى القوى حتى يتحرك القارب في اتجاه معين ؛ ان هذه القوة تسمى بالقوة المحصلة ، والتي تحدث عندما تؤثر عدة قوى على جسم ما في نفس الوقت ، أي ان القوة المحصلة هي القوة الوحيدة المؤثرة على الجسم .

محصلة القوى

غالبا ما يكون لدى القوة ميل إلى تغيير حركة أو شكل الجسم ، ولفهم الوظائف الميكانيكية للقوة من المهم التعرف على مفهوم محصلة القوى التي تعكس التأثير المشترك للعدد من القوى على جسم ما ؛ وتمثل المجموع المتجه لجميع القوى المؤثرة على الجسم اعتمادًا على الحركة ، ويمكن حساب المحصلة حسب خط فعل القوة المؤثر في ذلك الجسم ، فاذا كان تأثير القوتين في نفس الاتجاه ، فإن القوة المحصلة هي المجموع الجبري للقوتين .

اما اذا كانت في اتجاهين متعاكسين، فإن القوة المحصلة هي الفرق الجبري بين القوتين أي طرح مقدار القوة الأصغر من مقدار القوة الأكبر ، ويكون اتجاه القوة المحصلة في نفس اتجاه القوة الأكبر .

ان في الصورة ادناه نلاحظ قوة إجمالية إلى اليسار المتمثلة باللون الابيض تسمى القوة المحصلة ، ناتجة من الفرق الجبري بين القوة الحمراء و القوة البرتقالية .

وتوجد طرق أخرى لقياس المحصلة في حالة تأثير قوتان على جسم وكانت بينهم زاوية ولتكن قائمة فان محصلة القوى يتم حسابها بواسطة تطبيق نظرية فيثاغورس ، اما إذا كانت القوى المؤثرة في اتجاهين متعاكسين متساوية في الحجم فان قيمة المحصلة تساوي صفر ، وهذا ينطبق على قانون (نيوتن 3) .

القوى والحركة

ان القوة هي سبب الحركة فهما في الأساس وجهان لعملة واحدة ؛ فاذا تحرك جسم ما فلابد ان تكون هناك قوة تؤثر على ذلك الجسم وتسبب التغير في حركته ، أي ان بدون القوة لا تحدث حركة ؛ وتلعب القوى الميكانيكية دورا حاسما في الحركات الرياضية ، ففي كل مرة نحتاج زيادة سرعة حركة جسم ما أو إبطاء سرعته فلابد من استخدام القوة.

ولقد كان العالم الإنجليزي إسحاق نيوتن من الاوائل الذين فسروا كيف تغير القوى حركة الأجسام ، وكذلك العلاقات بين نظام القوة المؤثر على الجسم والتغيرات التي تحدث في حركة الجسم ؛ لذلك تعد قوانين نيوتن أساسية تحكم العلاقة بين الجسم والقوى المؤثرة عليه، وحركة الجسم الناتجة عن هذه القوى .

❖ تطبيق قوانين نيوتن في المجال الرياضي :

- قانون نيوتن الأول :الاستمرارية(القصور الذاتي)

ينص على أن الجسم الساكن سيظل ساكنًا والجسم المتحرك سيستمر في التحرك في خط مستقيم بسرعة ثابتة ما لم تؤثر عليه قوة خارجية. وبالنسبة للحركات الدائرية يستمر الجسم بالدوران حول محور مالم تؤثر عليه قوة خارجية

عندما تؤثر قوة على جسم ما فإنها غالبًا ما تجعله يتحرك بشكل أسرع أو في اتجاه مختلف ؛ ولكن عندما يكون الجسم متحرك فلا نحتاج إلى قوة لتبقيه متحركا فهو سيستمر في التحرك من تلقاء نفسه ما لم توقفه قوة أخرى ؛ ان مقدار القوة المستخدمة لتغير حالة الجسم تختلف باختلاف وضع الجسم اذا كان ثابتا أو متحرك ؛ فعلى سبيل المثال لوكان الجسم ثابتا فانه يحتاج الى قوة حتى نستطيع ان نتغلب على القصور الذاتي للجسم والمتمثل بكتلته وبالتالي تعتمد زيادة القوة ونقصانها على مقدار كتلة الجسم الثابت ، اما

الاجسام المتحركة فتمتلك قصور ذاتي اقل من الثابت لذلك فان القوة المطلوبة لزيادة سرعة جسم متحرك تكون اقل مما لو كان الجسم في حالة ثبات.

فنرى ان الوثب من الثبات يحتاج الى قوة اكبر للتغلب على القصور الذاتي للجسم لأنه في حالة ثبات مقارنة بالوثب من خطوات الركض ؛ ينطبق هذا القانون على الحركة الخطية والزاوية ، وإن الفرق بين الاثنين يكمن في اتجاه القوة المؤثرة على الجسم . ففي الحركة الخطية تؤثر القوة في نفس اتجاه حركة الجسم ، على سبيل المثال إذا قمت بدفع كرة عبر طاولة فإن القوة التي تطبقها ستكون في نفس اتجاه حركة الكرة وستستمر الكرة في التدحرج في خط مستقيم بسرعة ثابتة حتى يواجه قوة أخرى تؤثر عليه ؛. اما الحركة الزاوية فان القوة تؤثر بشكل عمودي على اتجاه حركة الجسم على سبيل المثال ، إذا قمت بتدوير كرة على حبل رفيع ؛ ستستمر الكرة في الدوران في مسار دائري بسرعة زاوية ثابتة حتى تواجه قوة أخرى تؤثر عليها. حينما يطبق قانون نيوتن الأول على الحركة الخطية والزاوية، فأن اتجاه القوة المؤثرة على الجسم هو ما يميزهما

العوامل التي توثر في حالة تحريك جسم ساكن !

1. الدفع (الكتلة ، الاحتكاك):عندما تكون الكتلة كبيرة او السطوح خشنة نحتاج الى قوة اكبر للتغلب على القصور الذاتي للجسم.
2. قاعدة الارتكاز: مسافة الاستناد كلما زادت زاد القصور.

العوامل التي توثر في حالة الجسم المتحرك !

1. كمية الحركة: كلما قلت كمية الحركة زاد القصور الذاتي .

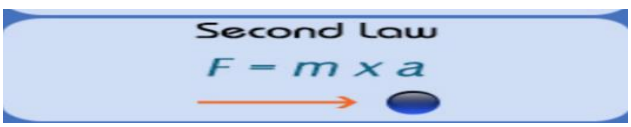
بعض الأمثلة الرياضية //

- رمي الكرة : عندما يتم رمي الكرة، فإن القوة الوحيدة المؤثرة عليها هي قوة الجاذبية ، ولو لم تكن قوة الجاذبية موجودة لظلت الكرة تسير بسرعة ثابتة حتى تتأثر بجسم ما أو إذا لمسها شخص آخر.
- عندما يتم تسديد كرة السلة نحو السلة ، فإنها ستستمر في الحركة حتى تصطدم باللوحة الخلفية او السلة . وكذلك حركة قرص الهوكي على الجليد ، سوف يستمر ينزلق على الجليد شبه الخالي من الاحتكاك أثناء الحركة ما لم يصطدم بجسم آخر .

- **قانون نيوتن الثاني:**

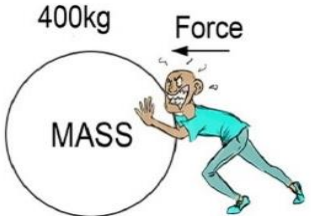
ينص قانون نيوتن الثاني للحركة على أن تسارع الجسم يتناسب طرديا مع القوة المؤثرة عليه وعكسيا مع كتلته ؛ يعتبر قانون نيوتن الثاني مفهومًا أساسيًا في الحركات والألعاب الرياضية. فهو يساعدنا على فهم كيفية تأثير القوى على الحركة وكيف يمكننا استخدام هذا القانون لتحسين الأداء .

ويعد قانون نيوتن الثاني حاسمًا في فهم الحركة الرياضية ، فهو يساعد في تحديد تسارع الأجسام كما أنه يساعد في تحديد الكميات الأخرى مثل السرعة، الإزاحة والزمن للحركة .



$$F = \frac{m\,(V_1 - V_0)}{(t_1 - t_0)}$$

ففي الحركة الخطية ، يستخدم هذا القانون لتحديد تسارع الجسم في اتجاه القوة المطبقة عليه ، اي تحدد القوة المؤثرة على الجسم تسارعه في اتجاه القوة ، فكلما زادت القوة المطبقة زاد التسارع الناتج .



وفي الحركة الزاوية ، يُستخدم هذا القانون لتحديد التسارع الزاوي ويحدد عزم الدوران المنفذ على الجسم تسارعه الزاوي حول محور عمودي على مستوى الحركة ، اي كلما زاد عزم الدوران زاد التسارع الزاوي الناتج .

ومما تقدم يمكن استخدام قانون نيوتن الثاني لتحديد التسارع الخطي والزاوي ؛ ففي الحركة الخطية يتم استخدامه لتحديد التسارع في اتجاه معين ؛ اما الحركة الزاوية فان القوة تؤثر بشكل عمودي على اتجاه حركة الجسم على سبيل المثال ، في فعالية المطرقة اذ تكون القوة عمودية على اتجاه الحركة وإن التوتر في الحبل (قوة الشد) توفر قوة الجذب المركزية اللازمة للحركة الدائرية والتي تعمل على تغير اتجاه السرعة مسببة التسارع المرك لذلك عندما يحدث انقطاع الحبل فسوف تتلاشى القوة المركزية فورا وتسلك الكرة مسار عبر خط مستقيم نيوتن 1

فيما يلي بعض الأمثلة على كيفية تطبيق هذا القانون في المجال الرياضة :

- رمي كرة القدم ، البيسبول : إذا تم تطبيق نفس المقدار من القوة على كرة القدم أو البيسبول ، فإن كرة البيسبول سيكون لها تسارع أكبر بكثير من كرة القدم مع تساوي جميع العناصر الأخرى ، وذلك لأن كتلة كرة القدم أكبر بثلاث مرات تقريبامن كتلة البيسبول .

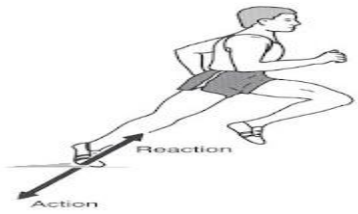
- رمي الرمح : يجب على رامي الرمح أن يستخدم القوة في الرمي حتى يتمكن الرمح من البقاء في الهواء إلى أقصى حد ممكن ،ان القوة التي يطبقها الرامي تتناسب طرديا مع تسارع الرمح .

- **قانون نيوتن الثالث :**

ينص قانون نيوتن الثالث للحركة على أن لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه ؛ وينطبق هذا القانون على الحركة الخطية والزاوية ، ففي الحركة الخطية ،

على سبيل المثال ، عندما يسلط رياضي قوة دفع على قفاز جمناستك فإن القوة التي تسلط من قدم الرياضي على القفاز تؤدي إلى انتاج قوة مساوية ومعاكسة تسلط من القفاز على الجسم مما يدفعه إلى الأعلى ؛ أما في الحركة الزاوية ، ففي فعالية رمي المطرقة نتيجة الدوران ينشأ نوعين من القوة (قانون نيوتن الثالث) ، حيث نلاحظ خلال الدوران المماسي للمطرقة تنتج قوة فعل تحاول ان تسحب جسم الرياضي للخارج والذي يطلق عليها بالقوة الطاردة او لامركزية ، وكرد فعل يحاول الرياضي ومن اجل الحفاظ على توازن الجسم ان يسلط قوة لسحب المطرقة باتجاه محور الدوران وتسمى هذه القوة (بالقوة المركزية) وبالتالي فان القوة المركزية ولامركزية تكون متساوية بالمقدار ومتعاكسة بالاتجاه ، لذلك نرى عندما يركض الرياضي في الاقواس يميل بجسمه الى الداخل .

- الجري : في كل مرة تلمس فيها قدميك الأرض أثناء الجري ، تضرب الأرض قدميك بقوة مساوية ومعاكسة .



- السباحة : عندما يدفع السباح الماء بذراعيه ، سوف يدفع الماء السباح بنفس القوة وباتجاه معاكس.

بعض وظائف القوة

القوة هي عنصر حاسم في العديد من الألعاب الرياضية. ويمكن تعريفها بأنها القدرة على ممارسة القوة ضد المقاومة .

وفي المجال الرياضي للقوة عدة وظائف منها:

- تحسين الأداء : يمكن أن يساعد تدريب قوة الرياضيين على تحسين أدائهم من خلال زيادة قوتهم وسرعتهم وقدرتهم على التحمل.
- تقليل مخاطر الإصابة : يمكن أن تساعد العضلات والأنسجة الضامة القوية في تقليل خطر الإصابة لدى الرياضيين.
- إعادة التأهيل: يمكن استخدام تدريبات القوة لإعادة تأهيل الرياضيين الذين تعرضوا لإصابات. وفق المديات الزاوية

- منع التدهور المرتبط بالعمر : يمكن أن يساعد تدريب القوة لكبار السن في الحفاظ على قوتهم وقدرتهم على الحركة.