جامعة المستقبل
كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة

القوة الطاردة (اللامركزية) والقوة الجاذبة (المركزية)

المحاضرة الثالثة عشر
اعداد

م.م. ضرغام جاسم جواد

2024 – 2023

القوة الطاردة (اللامركزية) والقوة الجاذبة (المركزية) .

حتى تكون فكرة قوة الطرد المركزي واضحة فإنه لا بد من تذكر انعطاف السيارة عند منعطفٍ ما (سواء كان دائرياً أو لا) فإن الشخص الجالس داخل السيارة سوف يشعر بقوة تدفعه بعيداً عن مركز الدائرة التي تدور حولها السيارة (أي قوة الدفع للخارج)، ومن هنا جائت تسميتها بقوة الطرد المركزي ، لأنها تطرد الجسم بعيداً عن المركز! لكن هذا الفهم غير صحيح ، حيث إن الشعور بالدفع للخارج لا يعني وجود قوةٍ ما تؤثر في الجسم. التفسير الصحيح لهذه الظاهرة ينبثق من قانون نيوتن الأول، حيث أن الأجسام قاصرة وتميل للبقاء في حركةٍ منتظمة (أي تتحرك بسرعة ثابتة وبشكلٍ مستقيم) فإنه عند الدوران عند منعطف ما أو حول أي مسار دائري فإن الجسم الذي يدور سوف يحاول المحافظة على حالة حركية منتظمة في كل مرة يتغير فيها اتجاه حركته أثناء الدوران ، وكأن جسد الشخص الذي داخل السيارة عند بداية الانعطاف يحاول بسبب القصور الذاتي الاستمرار في المسار الجديد الذي اتخذه من انعطاف السيارة، لكن مع استمرار السيارة في الانعطاف فإن الجسم القاصر يحاول في كل مرةٍ أن يتابع حركته في كل مسارٍ جديد في كل لحظةٍ خلال عملية الدوران، هذا الأمر هو الذي يسبب الشعور بالدفع للخارج بعيداً عن مركز الدائرة .

في المحصلة يمكن القول إن هذا الدفع ناشئٌ عن قصور الأجسام وليس بسبب وجود قوةٍ ما. لكن كيف يمكن للأجسام الحركة بمسارٍ دائري مع وجود القصور الذاتي؟ من المؤكد أنه يوجد قوة تجبر الجسم على المحافظة على مساره الدائري، ومقدار هذه القوة يكون مساوياً للطرد المركزي، حيث إنه لو كان الطرد المركزي أكبر من هذه القوة فإن الجسم سوف يتابع حركته بخطٍ مستقيم بسبب قصوره الذاتي، ولو كانت هذه القوة أكبر من الطرد المركزي فإن الجسم سوف يتجه نحو المركز. هذه القوة الأخرى والتي تسحب الجسم باتجاه المركز هي ما يُعرف بقوة الجذب المركزي، وهي التي تجعل الجسم يتحرك حركة دائرية .

مما سبق نلاحظ انه خلال دوران الجسم حول محوره يتعرض الى وقوعه تحت تأثير قوة تسحبه للخارج وبالاتجاه البعيد عن محور الدوران كما هو الحال برمي المطرقة . لذلك يعمد الرياضي الى موازنة هذه القوة التي يطلق عليها باللامركزية او (القوة الطاردة) من خلال اعطاء قوة للحد من تأثيرها يكون اتجاهها معاكس للقوة الطاردة أي باتجاه المركز والتي يطلق عليها بالقوة الجاذبة (المركزية) . فالقوة الطاردة تؤثر بشكل يؤدي الى حركة المطرقة على مماس الدائرة والقوة الجاذبة توازن هذا التأثير للحفاظ على الحركة الدائرية وحركة المطرقة المماسية والتي

لولاها لانطلقت المطرقة في الهواء كما هو الحال عند لحظة الرمي التي يعمل خلالها الرامي على ايقاف مفعول وتأثير القوة الجاذبة .

ان تأثير القوة الطاردة يظهر جلياً عند ركوب الدراجات الهوائية والنارية والسير بها في الاقواس والمنعطفات وكذلك العدائيين في سباقات (400 م) على سبيل المثال . فالرياضيون هنا يميلون الى تخفيف سرعتهم او زيادة درجة ميل اجسامهم نحو محور الدوران ، يمكن تعريف القوة الطاردة المركزية أو قوة الطرد المركزي : بأنّها القوة التي تُحافظ على حركة الأجسام في مسار دائري دون انحرافها عنه .

– من تطبيقاتها هي تلك القوة التي تسحب اللاعب او الرياضي بأتجاه محور الدوران اي تسحبه للداخل.

– القوة الطاردة المركزيه تعتبر عكس القوة الطاردة اللامركزية .

– كلما زاد منحنى شدة كلما يؤثر سلباً على السرعة .

– كلما زادت السرعة زادت القوة الطاردة .

ويمكن الحصول على مقادير القوتين الجاذبة او الطاردة بالمعادلة ادناه .

$$\text{القوة الطاردة} = \frac{\text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^2}{\text{نصف القطر}}$$

من المعادلة اعلاه يمكن ان نوضح ان كل من القوة الطاردة والجاذبة تتناسب طردياً مع كل من الكتلة ومربع السرعة وتتناسب عكسياً مع نصف القطر .

لبك :

احسب مقدار نصف قطر المنحنى الذي يجري عليه عداء كتلته (80 كغم) بسرعة (8 م / ثا) ومقدار القوة الطاردة المؤثرة عليه (50 نيوتن) ؟

لحل :

$$\text{القوة الطاردة} = \frac{\text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^2}{\text{نصف القطر}}$$

$$50 = \frac{80 \times (8)^2}{\text{نق}}$$

$$\frac{80 \times 64}{50}$$

نق = = 104.2 تقريباً .

ان الاساس الذي تبنى عليه المواجهة هو ليس معرفة مقدار القوة لمواجهة القوة الطاردة بل معرفة مقدار درجة الميلان لجسم العداء او راكب الدراجة للحد من تأثير القوة الطاردة للجسم خارج الدوران خلال السرعة الحركية والتي يمكن حسابها من خلال حساب ظل زاوية الميل وبالمعادلة التالية :

$$\text{ظل زاوية الميل} = \frac{(\text{السرعة})^2}{\text{التعجيل الارضي} \times \text{نصف القطر}}$$

مثال :

احسب مقدار الزاوية التي يجب ان يميل بها العداء الذي يجري حول الاقواس بسرعة (30 قدم / ثا) وان نصف قطر الدائرة يساوي (60 قدم) ؟

الحل :

$$\text{ظل الزاوية} = \frac{(30)^2}{32 \times 60} = \frac{900}{1920} = 0.648$$

ثم ذهبنا الى الجدول الخاص بقيم ظل الزاوية ووجدناها تعادل (25 درجة) .

تتاثر القوة الطاردة المركزية .

- نصف قطر الدوران في حسابات الحركة ألدورانية فان لطول نصف القطر أهمية كبيرة في تحديد مقدار قوة الطرد زيادة نصف القطر تقلل من قوة الطرد المركزي .

– كتلة الجسم الذي يتعرض لقوة الطرد مهمة حيث زيادة الكتلة تزداد قوة الطرد المركزي .

– للسرعة ايضا اهمية فزيادة السرع للجسم تعمل على زياد قوة الطرد المركزي .

وفي المجال الرياضي يلاحظ ميل العداء للداخل عند العدو في المنحنيات وتحدد درجة الميل هنا سرعة اللاعب فكلما ذاد سرعة اللاعب زاد ميله للدخل لمواجهة ما يتعرض له من طرد للخارج كما أن حركات الدورانات الكبرى على جهاز العقلة أو اللفات التي يؤديها لاعب المطرقة أو القرص تعتبر من النماذج التي توضح كيفية الاستفادة من هذه الظاهرة الطبيعية في أداء حركات اكثر صعوبة أو في تحقيق أرقام افضل فزيادة الدوران في الدورانات الكبرى التي تسبق النهايات

الحركية يتولد عنها قوة طرد مركزية كبيرة فإذا ما احسن اللاعب استغلالها أمكن تحقيق ارتفاع طيران أعلى مما يحقق بالتالي فرصة أداء مهارات ذات صعوبة أعلى .
كما أن زيادة اللف حول المحور الطولي في رمي القرص أو الإطاحة بالمطرقة سوف يؤدى الى تعرض الأداة إلي قوة طرد مركزي كبيرة من الممكن أن تستغل لتحقيق أرقام افضل.

مما سبق يتضح أن القوة الطاردة المركزية هي قوة تتولد مع الدوران بحكم قصور الجسم الذي يدور وان كل من سرعة الدوران وكتلة الجسم وطول نصف قطر الدوران هي عوامل تؤثر في مقدار هذه القوة.

قوة الجذب المركزية .

قوة الجذب المركزي الفكرة من التسمية هي وجود قوة تجبر الجسم على الحركة بشكلٍ دائري وتسحبه باتجاه المركز. المثال هذه المرة سوف يكون عبارة كرة مربوطة بحبل ويتم تحركيها بشكلٍ دائري، قوة الشد في الحبل عند التلويح بالكرة بشكلٍ دائري هي ما يمثل قوة الجذب المركزي، وهي ما يبقي الكرة متحركةً بمسارٍ دائري، فلو قطع الحبل فإن الكرة سوف تتابع حركتها بخطٍ مستقيم (تذكر قوة الطرد المركزي). عند الحديث عن سيارة تتحرك على مسار دائري فإن ما يبقيها في المسار الدائري هو قوة الاحتكاك، إذاً قوة الاحتكاك هنا هي التي تمثل قوة الجذب المركزي هذه المرة (لذلك يكون من الصعب الانعطاف بالسيارة عند حدوث الانجماد؛ حيث إن **الاحتكاك يقل مما** يؤدي بالسيارة إلى اتباع قصورها الذاتي). أخيراً قوة الجاذبية هي ما يبقي الأقمار الصناعية في مسارها الدائري حول الأرض، وهنا قوة الجذب المركزي هي قوة الجاذبية الأرضية.

قوة الجذب المركزية = الكتلة × التسارع المركزي 2 / نصف القطر

التاثير المتبادل بين القوى الخارجية والداخلية

عندما يسلط الرياضي قوة على الأرض للنهوض إلى الأعلى فهذا يعني أن رد فعل الأرض سيساوي القوة المسلطة ويعاكسه في الاتجاه ، ومن المعلوم لدينا أن اتجاه الوزن (وزن الرياضي) دائما إلى الأسفل كتوضيح لمفهوم جذب الأرض للأشياء فان اتجاه رد فعل الأرض سيكون إلى الأعلى أي بمعنى أن الرياضي عندما يؤثر بقوة إلى الأرض فان الأرض سيرد ذلك إلى الأعلى أي إن رد الفعل سيكون بالاتجاه الموجب ومع اتجاه قوة العضلات أي:
رد الفعل = قوة العضلات
وبما أن وزن الجسم في اتجاه معاكس لرد الفعل فإننا نستطيع أن نستنتج أن

رد الفعل = قوة العضلات – وزن الجسم

ولتوضيح ذلك في مثال ، لو أدى الرياضي حركة ثني مفصلي الركبتين من الوقوف بشكل غير مبالغ فيه (انسيابي) فهذا يعني تغلب وزن الجسم على قوة العضلات وافتراضا أن وزن الرياضي كان (1000 نيوتن) وكانت قوة العضلات في لحظة الثني (800 نيوتن) فان علامة رد الفعل ستكون سالبة لان

رد الفعل = قوة العضلات – وزن الجسم

رد الفعل = 800 – 1000

رد الفعل = – 200 نيوتن

ونستنتج من ذلك أن رد الفعل سيكون اقل من وزن الجسم في حالة الثني وبالضبط سيكون (1000–200 = 800 أما إذا عكسنا الحالة أي إن الرياضي سيمد مفصلي الركبتين من وضع الجلوس فللتغلب على وزن الجسم الذي مقداره 1000 نيوتن نحتاج إلى 1200 نيوتن (افتراضا) فان علامة رد الفعل ستكون موجبة لان

رد الفعل = قوة العضلات – وزن الجسم

رد الفعل = 1200 – 1000

رد الفعل = 200 نيوتن

ونستنتج من ذلك أن رد الفعل سيكون اكبر من وزن الجسم في حالة المد وبالضبط سيكون (1000 + 200 = 1200 نيوتن) وكما موضح في الشكل