القوة (:(Force

هو الفعل الميكانيكي الذي يحاول ان يغير من وضع الجسم من السكون الى الحركة او من الحركة الى السكون ، ان حدوث الحركة هي عبارة عن تأثير متبادل بين القوى التي تتمثل بقوة العضلات والقوى الخارجية المحيطة بالرياضي والتي تؤثر بشكل فاعل في مقدار القوة التي يستخدمها لاداء حركة معينة .

يمكننا تقسيم تأثير القوة الى :-

١- التأثير الديناميكي (الحركي) : ان تأثير القوة في هذه الحالة يسبب حدوث الحركة كما في حالة دفع الجسم او تحريك جزء من اجزاء الجسم لاداء حركة معينة.

٢- التأثير الاستاتيكي (الثابت) : يحدث هذا النوع من التأثير عندما تستخدم قوة للتغلب على مقاومة كبيرة جدا بحيث لا تتمكن القوة من التغلب على القصور الذاتي لتلك المقاومة .

مواصفات القوة

للقوة اربعة مواصفات مهمة وهي:

١- مقدار القوة .

٢- خط عمل القوة .

٣- اتجاه القوة .

٤- نقطة تأثير القوة .

اذا اثرنا في جسم بقوة لتحريكه فلابد ان يكون هناك وصف كمي لها فنذكر ان مقدار التأثير كان (١٠٠ نيوتن) ، ويختلف مقدار التأثير باختلاف خط العمل فاذ كان خط العمل مطابقا لمركز الجسم كان مقدار القوة مؤثرا بشكل اكبر لو انها على خط عمل مختلف ولا يكفي للتعريف بها ما لم يذكر اتجاهها ، لأن القوة عبارة عن كمية متجهة ، فأذا اردنا القول عند تسليط قوة ١٠٠نيوتن على جسم فان المفهوم الميكانيكي لا يعبر عن تأثير القوة ما لم يتم ذكر الجهة التي اثرت بالقوة وزاويتها ، اما الصفة الاخيرة للقوة فهي نقطة تأثير القوة فلابد من معرفة موقع تأثير القوة في الجسم المراد تحريكه ، لنأخذ على سبيل المثال عتلة من النوع الاول تستخدم لرفع ثقل معين ، فلرفع ذلك لابد من استخدام قوة تبعد عن محور الارتكاز بمقدار معين بمعنى اخر ان نقطة تأثير القوة تقع على ذلك البعد.

شكل (١-٣) يوضح عتلة من النوع الأول

محصلة القوى:

تعد القوة كمية متجهة وللتعبير عنها ينبغي ذكر مقدارها واتجاهها ، وعندما تؤثر اكثر من قوة في جسم فان محصلتهما تستخرج حسب خط فعل القوى المؤثرة في ذلك الجسم وتنقسم كما يلي :-

- اذا اثرت قوتان في جسم ، وكانت القوتان في اتجاه واحد فان الفعل التأثيري لهما أي محصلة القوتان هي المجموع الجبري لهما .

م = ق١ + ق٢

شكل (٢-٣) يوضح جمع القوى

- إذا أثرت قوتان في جسم ، وكانت القوتان في اتجاه متعاكس ، فان محصلة القوتان أي الفعل التأثيري لهما هي الفرق الجبري بينهما ، واتجاه المحصلة باتجاه القوة الكبيرة.

م١ = ق١ - ق٢

شكل (٣-٣) يوضح طرح القوى

- إذا أثرت قوتان في الجسم وبينهما زاوية قائمة فان محصلة هذه القوى يمكن الاستدلال عليها من خلال تطبيق نظرية فيثاغورس .

شكل (٤-٣) يوضح تعامد القوى

المحصلة = ق٢١ + ق٢٢+ ٢ ق١ × ق٢ × جتا هـ

ولان جتا الزاوية ٩٠ = صفرا فلا تبقى اهمية للشطر الثاني بعد علامة الجمع ، لذلك فان القانون يكتب على الشكل الاتي

المحصلة = ق٢١ + ق٢٢

- اما اذ اثرت قوتان في جسم وكانت الزاوية بينهما حادة او منفرجة فان محصلتهما يمكن استخراجها بتطبيق العلاقة التالية :

المحصلة = ق٢١ + ق٢٢+ ٢ ق١ × ق٢ × جتا هـ

شكل (٥-٣) يوضح رسم المحصلة في الزوايا التي تقل عن ٩٠ درجة بين القوى

مثال :

أثرت قوتان (ق١ ، ق٢) وقيمتهما (٢٠ نيوتن ، ٣٠ نيوتن) في جسم وكانت الزاوية بينهما هي ٨٥ درجة ، ثم اصبحت ٩٠ درجة ، وبعدها أصبحت ٩٥ درجة جد محصلة القوتين في الحالات الثلاثة .

ان الملاحظة الاولى عن الحالات الثلاث هي انه كلما كبرت الزاوية بين القوتين فان المحصلة تقل كون ان القوتين تميلان الى الاتجاه المعاكس عن بعضهما

شكل (٦-٣) يوضح قيمة المحصلة واتجاهها في الزوايا التي تقل عن ٩٠ درجة وتساويها وتزيد عنها

قيمة المحصلة للزاوية ٨٥ درجة

المحصلة = (٢٠)٢ + (٣٠)٢ + ٢ × ٢٠× ٣٠ × ٠,٠٨٧

م = ٣٧,٤٨ نيوتن

قيمة المحصلة للزاوية ٩٠ درجة

المحصلة = (٢٠)٢ + (٣٠)٢ + ٢ ×٢٠× ٣٠ × ٠

م = ٣٦,٠٥ نيوتن

قيمة المحصلة للزاوية ٩٥ درجة

المحصلة = (٢٠)٢ + (٣٠)٢ + ٢ × ٢٠× ٣٠ × (-٠,٠٨٧)

م = ٣٤,٥٨ نيوتن

مثال:

عضلتان (س ، ص) ، اعطت العضلة الاولى س قوة مقدارها ٦٠نيوتن على العظم أب ، والعضلة ص قوة مقدارها ٨٠ نيوتن ، وقد اشتركت العضلتان في عمل عضلي بزاوية قائمة ، اوجد محصلة القوة للعضلتين؟

المحصلة = ق٢١ + ق٢٢

المحصلة = (٨٠)٢+ (٦٠)٢

المحصلة = ٦٤٠٠ + ٣٦٠٠

م = ١٠٠ نت محصلة القوتان

تحليل القوى :

ان عملية تحليل القوة هي عكس تركيبها او جمعها ، ففي هذه الحالة نحصل على تحليل القوة الى مركباتها الافقية والعمودية عندما تكون المحصلة المؤثرة في الجسم معلومة وكذلك الزاوية التي تعمل عليها ، فلو اخذنا المثال التالي . لو كانت محصلة قوة مؤثرة في جسم مقدارها ٢٠ نيوتن بزاوية مقدارها ٣٠° مع الخط الافقي ، والمطلوب حساب مركباتها الافقية والعمودية؟

شكل (٧-٣) يوضح تحليل القوة المحصلة الى مركباتها

من المثلث (أدج) القائم الزاوية في (د) يعد (أج) هو وتر المثلث (أدج) و (أد) هو المجاور للزاوية (ج أ د) و (ج د) المقابل للزاوية ، فيمكننا استخراج المركبتين الأفقية والعمودية بالاعتماد على قوانين المثلثات كما يلي :

المقابل

جيب الزاوية = ـــــ

الوتر

المجاور

جيب تمام الزاوية = ـــــ

الوتر

المركبة العمودية

جيب الزاوية = ـــــ ------ (١)

المحصلة

المركبة الافقية

جيب تمام الزاوية = ـــــ ------ (٢)

الوتر

ولمعرفة قيمة المركبة العمودية نستخدم المعادلة رقم (١) بعد تعديلها

جيب الزاوية

المركبة العمودية = ـــــ

المحصلة

المركبة العمودية = جا ٣٠ × الوتر

المركبة العمودية = ٠,٥ × ٢٠ نت

المركبة العمودية = ١٠ نت

ولمعرفة قيمة المركبة الافقية نستخدم المعادلة رقم (٢) بعد تعديلها

جيب تمام الزاوية

المركبة الافقية = ـــــ

الوتر

المركبة الافقية = جتا ٣٠ × الوتر

المركبة الافقية = ٠,٧٦ × ٢٠ نت

المركبة الافقية = ١٥,٢ نت

القوى الخارجية والداخلية في الحركات الرياضية

من اجل تحليل وشرح الحركات الرياضية ، لابد من معرفة القوى المؤثرة على الحركات ، وهذا يعني معرفة جميع القوى التي تؤثر على جسم الإنسان ، وان هذه القوى المؤثرة تقسم الى قسمين وهما :-

(أ) القوى الداخلية : وهي التي تكون داخل الجسم ومن انواعها:

* قوة العضلات .

* قوة مقاومة الأجهزة والأعضاء الداخلية .

* قوة ردود الفعل الداخلية (مقاومة المفاصل والأوتار) .

(ب) القوى الخارجية : وهي القوى الخارجية التي تؤثر على الجسم وتتمكن من تغيير خط سير مركز ثقل الرياضي ومن أنواعها:

* الجاذبية الأرضية .

* قوة جسم آخر (الزميل ، الخصم ، القفاز) .

* قوة مقاومة من المحيط (مقاومة الماء والهواء ، الاحتكاك ، رد فعل الارتكاز).

ان القوى الخارجية تقسم إلى :

- القوى الخارجية الايجابية : وهي تلك القوى التي تتمكن من أن تأتي بحركة كالجاذبية الأرضية ، قوة الزميل ، قوة الخصم ، قوة مجرى الماء في النهر .

- القوى الخارجية السلبية : وهي تلك القوى التي تأتي على أساس رد فعل لقوى أخرى او في أكثر الأحيان رد فعل لقوة عضلات الرياضي ، كنقطة الارتكاز في القفز ، قوة الاحتكاك في الركض ، مقاومة الماء بالسباحة .

القوة الطاردة والقوة المركزية

ان حدوث الحركة هو عبارة عن مزيج من تأثيرات قوى معينة في الجسم اثناء حركته فمنها ما يؤثر بشكل ايجابي وهنا يعمل الرياضي على تعزيز هذه القوى ورسم مسار حركته بما يتفق والطبيعة الايجابية لتلك القوى المؤثرة ، ومنها ما يؤثر بشكل سلبي وهي القوى التي يحاول الرياضي ان يحد منها ، فنجد ان القوى المؤثرة في حركة الجسم اثناء الحركة المستقيمة تكاد تكون متوازية مقارنة بتأثير القوى الخارجية فيه اثناء حركة الدوران ، فنتيجة لدوران الجسم حول محور نجد ان الجسم يقع تحت تأثير قوة تحاول ابعاده من المسار الدائري الى الخارج ، وبكي يستمر في مساره الدائري يجب عليه ان يوازن بين قوتي الفعل (المتمثلة بالقوة الطاردة) ورد الفعل (المتمثلة بدرجة الميلان) كشكل ظاهري اما الشكل الكيناتيكي فيتم حسابه أي حساب مقدار القوة من خلال القوة المتولدة تحت قدم اللاعب (الدفع المائل تجاه المركز) وهنا

يتحقق قانون الفعل ورد الفعل فالقوة الطاردة ((Centrifugalتحاول ابعاد الجسم اما القوة الرادة لها فتتجه بعكس الاتجاه (نحو المركز كقوة مركزية .(Centripetal

ان القوة الطاردة تكون سلبية على العداء في المنحنى وايجابية على رامي القرص والمطرقة ، ويمكن مشاهدة تأثير القوة الطاردة على سلك المطرقة فضلا عن مقدار الشد على عضلات الطرف العلوي فيما تنفرد فعالية القرص بمقدار الشد على العضلات المشاركة ، وقد تؤدي الى اصابة في حالة القطع عندما لا يتحقق الواجب الحركي ما يجب ان يتم وما تم فعلا وذلك لان لاعب القرص او المطرقة يقع تحت تأثير قوتين احدهما القوة الطاردة عليه لانه في حالة دوران والاخرى القوة الطاردة للثقل لذا يجب حساب ميل الجسم اثناء الدوران وفقا للقوتين.

شكل (٨-٣) يوضح زاوية ميل العداء نحو الداخل

فعلى سبيل المثال ، هناك نوعين من القوة تنشأ خلال حركة الدوران عند أداء فعالية رمي المطرقة ، وهاتان القوتان مرتبطتان مع بعضهما طبقاً لقانون نيوتن من علاقة الارتباط بين الفعل ورد الفعل ، ويمكن ملاحظة ذلك بوضوح عند مهارة المطرقة ، فالمطرقة خلال الدوران المماسي تعمل على سحب الرياضي للخارج و كرد فعل يعمل الرياضي على سحب المطرقة باتجاه محور دورانه ، وفي الحالة الاولى يطلق عليها القوة الطاردة (اللامركزية) ، وفي الحالة الثانية تسمى بالقوة الجاذبة (المركزية) ، وتقاس وفقاً للعلاقة الرياضية التالية :

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

$$\text{قط} = \frac{\text{ك} \times \text{س}^2}{\text{نق}}$$

ان هاتين القوتين متساويتان في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه ، والقوة الطاردة تتأثر بعاملين مهمين هما سرعة وكتلة المطرقة ، فكلما كانت حركة المطرقة سريعة كلما كانت القوة التي يولدها الرياضي كبيرة وكذلك للمحافظة على التوازن اثناء حركته الدورانية من تأثير القوة الطاردة كذلك نجد ان القوة التي يبذلها الرياضي للمحافظة على توازن حركته الدورانية كبيرة عندما تكون كتلة المطرقة كبيرة .. وبناء على ذلك نستطيع ان نقول ان القوة الجاذبة او القوة الطاردة تتناسب تناسبا طرديا مع كتلة الاداة المقذوفة ومربع سرعتها وان القوتين الجاذبة والطاردة تتناسبا عكسيا مع نصف قطر الدوران ، ذلك لأن تقصير نصف القطر يؤدي الى زيادة في القوة الجاذبة او الطاردة . كذلك نلاحظ العداء يحاول الحد من

تأثير القوة الطاردة في جسمه وخاصة عند الركض في الاقواس من خلال ميل الجذع نحو الداخل وتوسيع مدى حركة الذراع الخارجية بالمقياس لحركة الذراع الداخلية ، وكلما كان منحنى القوس شديدا ازدادت شدة الميلان.

وعلى هذا الاساس يعد معرفة درجة ميلان الرياضي عند ركضه في الاقواس ضرورية جدا لمعرفة زاوية الميل التي يجب ان يكون وضع جسم الرياضي فيها لكي يتجنب تأثير القوة الطاردة ، ويمكن استخراج درجة ميلان الجسم حسب العلاقة التالية:

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

$$\text{ظل زاوية الميلان} = \frac{\text{س}^2}{\text{ج} \times \text{نق}}$$

مثال:

عداء يركض بسرعة (٢٠قدم\ثا) وكان نصف قطر المضمار (١٠٠) قدم ، ما هي الزاوية التي يجب ان يميل بها نحو الداخل ليحافظ على مساره الدائري؟

$$\text{ظل زاوية الميلان} = \frac{(٢٠)^2}{٣٢ \times ١٠٠}$$

$$\text{ظل زاوية الميلان} = ٠,١٢٥$$

$$\text{زاوية الميلان} = ٧,١٢ \text{ درجة}$$

اذن الزاوية التي يجب أن يميل بها الرياضي بجسمه نحو الداخل هي تقريبا (٧) درجات عن الخط العمودي .

مثال :

احسب نصف قطر المنحني الذي يدور حوله عداء كتلته (٧٠كغم) بسرعة (٩م\ثا) علماً ان مقدار القوة الطاردة المؤثرة فيه (٦٠ نيوتن).

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

$$\frac{٧٠\text{كغم} \times (٩)^2}{}$$

٦٠ نت = ـــــ

نصف القطر

٦٠ نت × نق = ٧٠ كغم × ٨١

٧٠ × ٨١

نق = ـــــ

٦٠

نق = ٤,٥م

التأثير المتبادل للقوى الخارجية والداخلية

عندما يسلط الرياضي قوة على الأرض للنهوض إلى الأعلى فهذا يعني أن رد فعل الأرض يساوي 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 ١٠٠٠ نيوتن وكانت قوة العضلات في لحظة الثني ٨٠٠ نيوتن فان علامة رد الفعل ستكون سالبة لان:

رد الفعل = قوة العضلات – وزن الجسم

رد الفعل = ٨٠٠ – ١٠٠٠

رد الفعل = - ٢٠٠ نيوتن

ونستنتج من ذلك أن رد الفعل سيكون اقل من وزن الجسم في حالة الثني وبالضبط سيكون (١٠٠٠-٢٠٠=٨٠٠ نيوتن وهذه ملاحظة مهمة لتفسير بعض منحنيات دالة القوة-الزمن)، أما إذا عكسنا الحالة أي إن الرياضي سيمد مفصلي

الركبتين من وضع الجلوس فللتغلب على وزن الجسم الذي مقداره ١٠٠٠ نيوتن نحتاج إلى ١٢٠٠ نيوتن (افتراضا) فان علامة رد الفعل ستكون موجبة لان:

رد الفعل = قوة العضلات – وزن الجسم

رد الفعل = ١٢٠٠ – ١٠٠٠

رد الفعل = ٢٠٠ نيوتن

ونستنتج من ذلك أن رد الفعل سيكون اكبر من وزن الجسم في حالة المد وبالضبط سيكون (١٠٠٠+٢٠٠=١٢٠٠ نيوتن) وكما موضح في الشكل (٣-١١).

ومن ذلك نستنتج أيضا إن رد فعل الأرض سيكون صفرا أو قريبا إلى الصفر إذا تساوت قوة العضلات مع وزن الجسم وسوف لن تكون هناك علامة (موجبة أو سالبة لرد الفعل) مما يؤشر أو يدل على الثبات أو الاستقرار وهذا يوضح أيضا عدم استطاعة الأطفال من الوقوف على القدمين في سن مبكرة بسبب ضعف العضلات (تغلب وزن الجسم على قوة العضلات)

شكل (٩-٣) يوضح مسار التعجيل عن وزن الجسم عند الوقوف والجلوس

يمكننا الاستفادة من ذلك في قانون نيوتن الثاني لمعرفة التعجيل أو العجلة:

القوة = الكتلة × التعجيل

القوة

التعجيل = ـــ

الكتلة

ولو عوضنا عن القوة برد الفعل

رد الفعل

التعجيل = ـــ

الكتلة

ومن معلوماتنا أعلاه فان رد الفعل = قوة العضلات – وزن الجسم

فان:

قوة العضلات – وزن الجسم

التعجيل = ـــــــ بوحدة م\ثا٢

الكتلة

مثال :

ما مقدار التعجيل (محسوبة بوحدة م\ثا٢) لجسم وزنه ٨٠٠ نيوتن يسلط على الأرض قوة مقدارها ٨٧٠ نيوتن .

الحل:

قوة العضلات – وزن الجسم

التعجيل =

الكتلة

نجد الكتلة من خلال قسمة وزن الجسم على الجذب (٩,٨١ م\ث٢)

القوة

الكتلة =

التعجيل

٨٠٠

الكتلة =

٩,٨١

الكتلة = ٨٢ كغم تقريبا

٨٧٠ – ٨٠٠

التعجيل =

٨٢

٧٠

التعجيل =

٨٢

التعجيل = ٠,٨٥ م\ث٢ بما أن التعجيل موجب فان الجسم في حالة مد

ويمكننا من خلال ملاحظة الشكل التالي أن نتوقع الخط البياني للتعجيل ، إذ يتضح لاعب الوثب الطويل (العريض) في حالتين على لوحة الارتقاء الحالة الأولى الهبوط والثانية الانطلاق (نرسم من مشط اللاعب خطا عموديا وهميا إلى الأعلى فيكون في حالة الارتكاز الأمامي عندما يكون الخط الوهمي أمامه وبالعكس يكون في حالة الارتكاز الخلفي عندما يكون الخط خلفه)، وبما إن اللاعب يثني ركبته بعد هبوطه على لوحة الارتقاء فالخط البياني سيكون بالاتجاه السالب

أما إذا كان الدفع على سطح الأرض بشكل مائل مثلما هو واضح في مرحلة الارتكاز الخلفي فان القوة تتحلل إلى مركبتين (إذا كانت تمر بمركز كتلة الجسم) احديهما المركبة الأفقية والتي ستتعامل مع اتجاه الحركة إذ سيكون رد الفعل بعكس اتجاه الحركة أي لا تتعامل مع وزن اللاعب، والمركبة الأخرى ستكون عمودية وهي مثلما مر سابقا، أي:

قوة العضلات

التعجيل الافقي =

الكتلة

على الأغلب فان التعجيل الأفقي سيتعامل مع قوة الاحتكاك والذي تم إهماله

$$\text{التعجيل العمودي} = \frac{\text{قوة العضلات} - \text{وزن الجسم}}{\text{الكتلة}}$$

وعن طريق قانون فيثاغورس يمكننا من ايجاد المحصلة

الشكل (١٠-٣) : يوضح مرحلة الاستناد الامامي والخلفي لحظة الارتقاء في الوثب العريض