وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة كربلاء
كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة
الدراسات العليا / الدكتوراه

تطبيقات قوانين نيوتن في الحركة الخطية والزاوية

الطالبان

عبد الستار خضير عباس زينب ناظم شاكر

بأشراف

أ . د نادية شاكر جواد

١٤٤١ هـ ٢٠٢٠ م

المحتويات

- قانون(نيوتن الاول) القصور الذاتي في الحركات الخطية
- قانون (نيوتن الاول)القصور الذاتي في الحركات الدورانية
- قانون(نيوتن الثاني) التعجل في الحركات الخطية
- قانون (نيوتن الثاني)التعجل في الحركات الدورانية
- قانون (نيوتن الثالث) الفعل ورد الفعل في الحركات الخطية
- قانون (نيوتن الثالث) الفعل ورد الفعل في الحركات الدورانية

قوانين نيوتن :-

كانت الحركة في الماضي تدرس من قبل العلماء ضمن اطر مختلفة وتفسيرات غير واضحة ولم يثبت بها في شكل نهائي ، وعند مجيء العالم الانكليزي اسحاق نيوتن تمكن من دراسة الحركة والقوة والعلاقة بينهما ووضعها على شكل قوانين اطلق عليها اسم قوانين نيوتن وتتعلق بعض هذه القوانين بالقصور الذاتي والتعجيل و الفعل وغيرهم ، نذكر منها ثلاثة قوانين أساسية تعتبر اعمدة علم البايوميكانيك في عام (١٦٤٢-١٧٢٧) م .

القانون الاول : قانون القصور الذاتي في الحركات الخطية

ينص هذا القانون على انه من طبيعة الاجسام اذا تركت في مكان معين وهي ثابته فسوف تستمر في ثباتها الى ما لانهاية مالم توثر فيها قوة اخرى لتحريكها او العكس اذا كان الجسم متحركا فانة يميل الى الاستمرار في حركته اذا مالم تحاول قوة اخرى ايقاف حركته او تقليلها او زيادتها عند اذ يمكن صياغة القانون بالشكل التالي .

(كل جسم يحاول الاستمرار في سكونه او حركته مالم توثر فيه قوة اخرى لتغير حالته)

اذا **القانون الاول** يدرس الاجسام من حيث قصورها الذاتي وتعتبر الكتلة مقياسا لها .

القصور الذاتي : مقدار المقاومة التي يمتلكها الجسم للحفاظ على حالة السكون او الحركة وكتلة الجسم عبارة عن قصور ذاتي .

القصور يعني العجز والذات يعني الشيء نفسه ويعني ذلك ان الجسم قاصر على تحريك ذاته بذاته الا بوجود قوة كما انه عاجز على ايقاف ذاته بذاته الا بوجود قوة ، فكلما زادت كتلة الجسم كلما كبر القصور الذاتي للجسم . لذلك صنفت الكثير من الالعاب الرياضية حسب وزن الرياضي كالمصارعة والملاكمة مثلا ، فالمصارع

ذات الكتلة الاكبر يجيد بسهولة كبيرة في تغير حركة اللاعب الاقل وزنا وبالعكس لذلك صنفت بعض الالعاب الرياضية على اساس وزن (الكتلة) اللاعب .
وكذلك تحتاج بعض الالعاب الرياضية قصورا ذاتيا قليلا (كتلة اقل) لكي يبذل قوى للتغلب على (الجاذبية الارضية) لتحقيق الانجاز كما هو الحال في لعبة الجمناستك وبعض العاب القفز .

فالقصور الذاتي يكون مفيدا في العوامل الاتية :

١- يحافظ الجسم على الاتزان اثناء الاداء على بعض الاجهزة مثل الاتزان على البساط في لعبة الجمناستك

٢- عندما يكون المطلوب استمرار حركة الجسم في بعض المهارات .

واحيانا القصور الذاتي يكون معوقا في النواحي الاتية :

١- في المهارات التي تتطلب قوة مميزة في السرعة (القوة السريعة) كحالات البداية جميعها .

٢- وفي مرحلة النهاية لبعض المهارات التي تتطلب توقفا في الحركة او التوقف مرة واحد ، مثل الهبوط من الاجهزة ، وهي حالة معيقة للحركة لغرض التوقف عند اداء المهارة .

<u>العوامل التي توثر على القصور الذاتي</u>

١- كتلة الجسم : كلما كبرت كتلة الجسم كلما زاد القصور الذاتي للجسم والعكس صحيح .

تطبيق رياضي : من هنا جاء التقسيم للفعاليات الرياضية مثل رفع الاثقال والمصارعة وغيرها من الفعاليات القتالية حسب الفئات الوزنية وذلك لان صاحب الكتلة الاصغر سيكون صعب علية جدا من التغلب على الاعب ذو الكتلة الاكبر حيث الكتلة تلعب دور حاسما في كل الفعاليات الرياضية .

تطبيق رياضي : تحتاج بعض الرياضات ان يمتلك الاعب قصور ذاتي قليل لكي يبذل قوى تستطيع التغلب على قوة الجاذبية من اجل تحقيق انجاز اكبر كما هو الحال بالنسبة للاعبي الجمناستك عند اداء الحركات الدورانية وزيادة هذا القصور عند الهبوط .

٢- **الحالة الحركية للجسم :** حيث ان الجسم ساكن يحتاج الى قوة اكبر للتغلب على قصوره الذاتي من الجسم المتحرك اي تغير الحالة الحركية

٣- **مساحة قاعدة الارتكاز :** ان العلاقة طردية بين مساحة قاعدة الارتكاز ومقدار القصور الذاتي للجسم مثال رياضي على ذلك فالمصارع يوكد على الوقوف بقاعدة واسعة للمحافظة على الاستقرار لاسيما اثناء التلاحم مع المنافس لان قاعدة الارتكاز الواسعة تمنع خروج مركز ثقل الجسم خارج القاعدة .

٤- **ارتفاع مركز ثقل الجسم :** هنالك علاقة عكسية بين مركز ثقل الجسم والقصور الذاتي للجسم اي ان زيادة ارتفاع مركز ثقل الجسم يقلل من القصور الذاتي مثال رياضي على ذلك نجد دائما عند لاعبين القفز العالي يكون هنالك ارتفاع في مركز ثقل الجسم من خلال طول الاطراف السفلى للجسم وذلك للتقليل من القصور الذاتي للجسم .

٥- **طبيعة الارض او السطح :** لكي نتغلب على القصور الذاتي للجسم على سطح املس او خشن نحتاج الى قوة اكبر عما علية على السطح الاملس .

قانون القصور الذاتي في الحركات الدورانية :

حيث يطلق علية عزم القصور الذاتي وهو مقياس القصور الذاتي للجسم خلال الحركات الدورانية او الزاوي .

اي عندما يتحرك الجسم في حركة دورانية فان دور الكتلة في مقاومة الحركة في هذه الحالة تتغير الى حد كبير وتتعدى ذلك لتصل الى مكان تركيز هذه الكتلة بالنسبة للمحور الذي يدور علية الجسم .

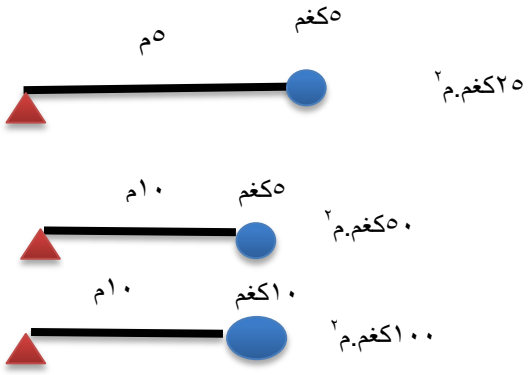
ويرتبط هذه التغير بوجود قوة لامركزية اي تؤثر على بعده عن مركز ثقل الجسم وان جميع حركات الجسم واجزاءه تعتبر حركات دورانية ترتبط بمحور دوران وتتوزع كل اجزاء الجسم حول هذه المحور وعندما يكون مركز الكتلة ذلك الجزء او الطرف القريب من محور الدوران فان ذلك الجسم يمتلك اقل قيمة عزم قصور ذاتي .

وعلى هذه المبدئ يمكن التحكم في التدريب او التعلم وفق الهدف ومتطلبات المهاريه حيث يزداد عزم القصور الذاتي بسبب البعد العمودي بين مركز كتلة الجسم ومحور الدوران وعلى هذه الاساس يمكن زيادة سرعة الدوران او نقصانها حيث يمكن اعتمادها كمبدأ تدريبي من خلال التحكم بأنصاف اقطار اجزاء الجسم عند التدريب او التحكم بتقليل هذه الاجزاء عند التدريب بإضافة اوزان نسبية محددة

عند التدريب (قمصلة الحديدية) وكذلك كلما زادت المسافة بين مركز هذه الكتلة والمحور زادت المقاومة (عزم القصور الذاتي) وذلك لان عزم القصور الذاتي يتناسب تناسبا طرديا مع الكتلة

عزم القصور الذاتي = الكتلة × نصف القطر تربيع

والشكل التالي يوضح التأثير الذي يحدث لقيمة القصور الذاتي في حالة مضاعفة الكتلة او المسافة بين كتلة الجسم ومحور الدوران



قانون نيوتن الثاني (التعجيل)

ينص هذا قانون في الحركات الخطية :

ان تعجيل الجسم يتناسب تناسباً طردياً مع القوة المؤثرة وتحدث الحركة باتجاه القوة المؤثرة.

او يتناسب التغير في كمية الحركة تناسباً طردياً مع القوة المؤثرة وتحدث الحركة باتجاه القوة.

القوة = الكتلة × التعجيل

وينص ايضاً هذا القانون (ان تزايد سرعة الجسم تتناسب طردياً مع القوة المسببة لها وفي نفس الاتجاه وتتناسب عكسياً مع كتله الجسم) من المعروف ان الحركة عبارة عن التأثير الناتج بين القوة الداخلية والقوى الخارجية أي ان هنالك عملية فعل ورد فعل وهذه يتحدد من كون القوة الداخلية هي قوة العضلات والاربطة والتي تعمل على انتاج حركة الجسم خلال اداء المهارات الرياضية حيث ان كتلة الرياضي

تلعب دور مهم في الاداء الحركي مثل لعبة المصارعة والملاكمة له دور كبير لتحقيق الانجاز .

فلو اخذنا على سبيل المثال جسما بكتلة معينة يسير بسرعة معينة فان حاصل ضرب الكتلة × السرعة يطلق عليه كمية الحركة .

فاذا كان الجسم يسير بسرعة س١ ثم اثرنا فيه بقوة حتى اصبحت سرعته س٢ فان

كمية الحركة في الحالة الاولى = ك س١

وكمية الحركة في الحالة الثانية = ك س٢

فان الفرق بين كمية حركة الجسم تكون

ك س٢- ك س١

ولكن هذه التغير الذي حدث كان بفعل قوة اذا تصبح المعادلة

ق= ك (س٢- س١)

ولكن هذه التغير الذي حدث كان بفعل زمن اذا تصبح المعادلة

$$\text{ق} = \frac{\text{ك (س٢- س١)}}{\text{ن}}$$

ويوضح القانون اعلاه العلاقة العكسية بين القوة والزمن

اذا القوة = الكتلة × التعجيل

مثال/احسب مقدار التعجيل الناتج من قوة مقدارها ٢٠٠نت على ثقل كتلته ٥ كغم ؟

الجواب / القوة = الكتلة × التعجيل

٢٠٠نت = ٥كغم × التعجيل

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{٢٠٠نت}}{\text{٥كغم}}$$

التعجيل = ٤٠ متر/ثانية^{٢}

ق × ن = ك × (س٢- س١) .....

ان الطرف اليمين من المعادلة اعلاه يعني (الدفع) اما الطرف اليسار فيعني (التغير في الزخم او كمية الحركة) ان التغير في كمية الحركة يعني

(ك × س٢) – (ك × س١) (ولذلك فان هذا القانون يقيس تغير حركة الجسم نسبة الى ابتدائه) للتغير في كمية الحركة ثلاث حالات

١- تناقص التغير

٣- عدم التغير (التغير يساوي صفر)

٤- تزايد التغير

وبهذا فان للموضوع اصبح علاقة بالتعجيل أي هناك تعجيل تزايدي وتناقصي وتعجيل صفر غير متغير .

وبما ان الدفع يتناسب طرديا مع التغير في كمية الحركة فان للدفع ثلاث حالات

١- تناقص الدفع

٢- عدم التغير (استمرار الدفع بمقادير ثابتة)

٣- تزايد الدفع

ماذا يحصل لكمية الحركة عند وضع القدم على لوحة الارتقاء؟

بما ان الحركة كانت في الركضة التقريبية في تزايد مستمر فان تغيير حالة الحركة تبدأ من لحظة وضع القدم على لوحة الارتقاء يحدث تناقص في كمية الحركة لحين اجتياز الاستناد العمودي ثم يحدث تزايد في كمية الحركة وفي الارتكاز العمودي لا تتغير كمية الحركة لفترة معينة ، اذن تناقص استمرار تزايد وبذلك يمكن اعتبار الارتكاز العمودي الفاصل بين التغير في كمية الحركة وبالتأكيد سيكون التغير بالتزايد مما يعني ان الجسم يحاول ان يغير حركته الى الزيادة وبذلك يكون هناك دفع تزايدي وللموضوع علاقة بقانون حفظ الزخم (ان ما يفقده جسم يكتسبه جسم اخر) وهنا يكون التغير في كمية الحركة لصالح الاداة اما الحالة الاولى فلصالح الجسم (مركز ثقل الجسم)

يمكن الاستفادة من مبدأ كمية الحركة على رماة الثقل فكمية الحركة التي يمتلكها الرامي كبير الكتلة يتحرك بسرعة (٤ م \ ثا) تختلف عن كمية الحركة التي يمتلكها الرامي صغير الكتلة (نصف كتلة الرامي الاول) اذا امتلك السرعة نفسها ،

من هذا المنطلق نجد ان طبيعة الفعالية المعينة ومتطلباتها الميكانيكية تحدد مواصفات الشخص المناسب لها وعلى ضوء القوانين الميكانيكية التي تحكمها يمكنه من تحقيق افضل النتائج .

قانون نيوتن الثاني (التعجيل) في الحركات الدورانية :

ينص على إن العزم المؤثر على جسم ما يتناسب مع التغير في كمية الحركة الزاوية، لذا يكون العزم له مواصفات القوة في تغير كمية الحركة للأجسام الدورانية، وعندما يرتبط العزم بزمن الفعل عند الأداء، فنطلق علية عزم دفع القوة الذي يكون السبب في تغير كمية الحركة الزاوية:

عزم دفع القوة = التغير في كمية الحركة الزاوية

ولما كانت كمية الحركة الزاوية = عزم القصور الذاتي × السرعة الزاوية

وبما أن عزم القصور الذاتي = الكتلة × نق ٢

والسرعة الزاوية = السرعة المحيطية / نق (الطول)

اذناً عزم دفع القوة = كتلة الجسم × نق × السرعة المحيطية

وبما السرعة × الكتلة تعني كمية الحركة الخطية (زخم خطي)

اذناً عزم دفع القوة = الزخم الخطي × نق

أي انه من الممكن ان يؤثر الزخم الخطي على جسم يرتبط بمحور وتبعد نقطة التأثير بمسافة معينه عن هذا المحور ويسبب في توليد عزم دوراني لهذا الجسم ووفقا للقانون اعلاه، واذا تم حدوث هذا العزم بزمن محدد فيمكن ان نقول عليه عزم دفع القوة الذي يعني استخدام دفع القوة باقل زمن ممكن لتوليد قوة دورانية:

((عزم دفع القوة يعني هنا القوة المبذولة بأقل زمن لا نتاج الدفع الدوراني))

[أي الدفع الزاوي = عزم دفع القوة × زمن التأثير]

- القانون الثالث (الفعل ورد الفعل action and reaction) :

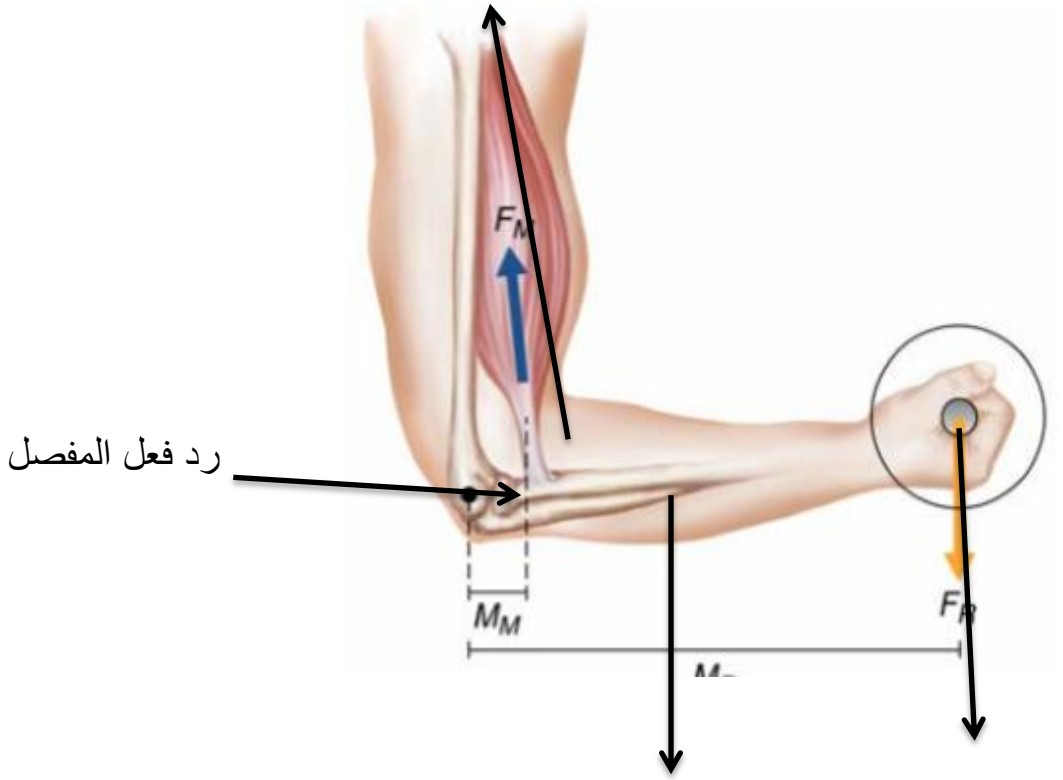
ينص هذا القانون في الحركات الخطية /

(لكل فعل رد فعل يساويه في المقدار ويعاكسه في الاتجاه ويقعان على خط فعل واحد)

فعل = رد الفعل

ان القيام بحركة معينة تتم من خلال قوة يصدرها الرياضي ويعبر عن تلك القوة بمصطلح الفعل ونتيجة لهذا الفعل يحصل على قوة مضادة ومساوية لمقدار الفعل يطلق عليها رد الفعل ، وفي المجال الرياضي قد يكون هذا الفعل كيميائيا ويكون رد الفعل ميكانيكيا ، فإثارة موقع معين من الجسم بنبضة كهربائية او اثارته بصوت الاطلاقة يقابله حركة في العضلة بنفس قوة الاثارة فاذا كانت الاثارة كبيرة قوبلت برد كبير والعكس صحيح ، وقد تكون عملية الفعل ورد الفعل بين عظمين تشدهما عضلة ، اما الاستفادة من المحيط في تعزيز رد الفعل فيتضح كثيرا في المجال الرياضي فقافز العريض يستخدم الارض لتعزيز ردود افعال التقلص المركزي للعضلات العاملة وكذلك يعمل القافز من منصة القفز في السباحة وفي الوقت الذي يعتبر الارض محيط صلب فان القفاز محيط ارتدادي والترامبولين كذلك وللماء محيط سائل ، فردود الافعال في المجال الرياضي قد لا يأخذ المعنى المطابق لقانون نيوتن الثالث الا في حالات الاصطدام .

العضلات ذات الرأسين



وزن الثقل

وزن الذراع

((بعض مظاهر رد الفعل في العضلات))

ومن النواحي التي يجب الاهتمام بها انطلاقا من التطبيق الامثل لهذا القانون واستثماره في اداء تكنيك الفعاليات المختلفة هو ان يكون خط عمل جميع اجزاء الجسم التي تسهم في مقدار قوة الفعل باتجاه واحد ونمط عمل واحد عملا بمبدأ وجوب صغر الزاوية بين مركبات القوى كي تبلغ المحصلة بمبدأ اكبر قيمة لها عندما تتطابق خطوط عمل مركبات القوى وتقل قيمة المحصلة كلما كبرت الزاوية بين هذه المركبات ، وبذا يمكن القول بأن مقدار المحصلة تتناسب عكسيا مع مقدار الزاوية .

قانون نيوتن الثالث (الفعل ورد الفعل)

ينص هذا القانون في الحركات الدورانية /

(ان لكل عزم عزم مضاد له يساويه بالمقدار ويعاكسه في الاتجاه)

ولما كانت الحركات التي يقوم بها الجسم مرتبطة بأجزاء جسمه وكتلها ، لذا فان العزوم التي تتساوى في المقدار يجب ان تكون قصور هذه الاجزاء ، والتي لا يمكن ان تتساوى لان كتله هذه الاجزاء غير متساوية ، لذا يفترض ان يكون الفعل الاول هو عزم قصور جزء الجسم الاول وسرعته الزاوية والفعل المقابل له هو عزم قصور الجزء الثاني وسرعته الزاوية ، اذ يفترض ان تكون سرعة الجزء الاقل كتله اعلى بكثير من السرعة الزاوية للجزء الاكبر كتله لكي تتساوى ردود الافعال في المقدار ، حتى يمكننا استخدام قانون بقاء كمية الحركة الزاوية (حفظ الزخم الزاوي) والذي يعطي معنى تفصيلي لقانون نيوتن الثالث في الحركات الدورانية ، وينص هذا القانون على ان عزم الدفع الكلي لحركة دائرية يظل ثابتاً اذا كان حاصل ضرب عزم القصور الذاتي في السرعة ثابتا . يمكن تفسير حركة كابس الكرة الطائرة بهذا الصدد ، أو حالات الاتزان في بعض الألعاب ، وكذلك لاعب الحواجز الذي يبدو واضحا على حركته أثناء اجتياز الحاجز إن حركة الرجل القائدة وسرعتها تعتبر فعل تحتاج الى فعل أيضا لرفع الطرف العلوي (كرد فعل) لذا فأن الطرف العلوي سوف يعمل على الثني للأمام في الاتجاه العكسي للرجل كرد فعل وكل هذه الحركات عبارة عن عزوم قوى وعزوم مقاومة.

عزم القصور الذاتي الاول xالسرعة الزاوية الاولى =عزم القصور الذاتي الثاني x السرعة الزاوية الثانية

قائمة المصادر

* حسين مردان و اياد عبد رحمن، البايوميكانيك في الحركات الرياضية،ط١،النجف، مطبعة النجف الاشرف ،٢٠١١ .

* سمير مسلط الهاشمي، البايوميكانيك الرياضي ،مطبعة جامعة الكوفة ،٢٠١٠ .

* صريح عبد الكريم الفضلي : تطبيقات البايوميكانيكية في التدريب الرياضي والاداء الحركي ، ط٢ : (بغداد، جامعة بغداد ، ٢٠١٠) .

* صريح عبد الكريم و وهبي علوان ،البايوميكانيك الحيوي الرياضي، ط١،بيروت،مطبعة الغدير ، ٢٠١٢ .

* صريح عبدالكريم ،تطبيقات البايوميكانيك في التدريب الرياضي والاداء الحركي ، ط٢ ، ٢٠١٠.

* قاسم حسن وايمان شاكر، الأسس الميكانيكية لحركات الرياضية ، القاهرة ، دار الفكر العربي ، ب.م.

* قاسم محمد حسن الخاقاني : محاضرات لطلبة الماجستير ، كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة ، جامعة الكوفة ، ٢٠١٤.

* حسين مردان ، مواضيع في البايوميكانيك ، ط ١ ، العراق ، العراق ، مطبعة جامعة كركوك ، ٢٠١٩ .