و زارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بغداد
كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة
الدراسات العليا \ ماجستير

الأسس والتطبيقات الميكانيكية المتعلقة بقوانين نيوتن في المجال الرياضي.

محاضرة معدة من

أ.د زينه عبد السلام

١٤٤٧ هـ ٢٠٢٦م

الأسس والتطبيقات الميكانيكية المتعلقة بقوانين نيوتن في المجال الرياضي.

ان البايوميكانيك الرياضي هو العلم الذي يدرس الحركة من جانبين (الكينماتيك الكينتك) والجانب المهم لدراستنا لهذه المحاضرة الكينتك من خلال دراسة القوى التي تؤثر في الجسم سواء كانت داخلية ام خارجية في القرن السابع عشر الميلادي اقترح عالم الرياضيات الانكليزي (أسحاق نيوتن) ثلاثة قوانين للحركة وبما يفسر المسارات الحركية للفعاليات الرياضية وكيفية حدوثها باختلافها سواء اكانت خطية او دورانية ومن خلال معرفة او فهم هذه الحركات من الناحية الميكانيكية فأن ذلك يمكننا من تطوير الانجاز، لكي نفهم القوانين الثلاثة الاساسية للحركة وجب علينا ان نفهم **(القوة) حيث انها تعني (الفعل الميكانيكي الذي يغير او يحاول ان يغير من حالة الجسم الحركية او الشكلية)**

تعريف نيوتن: - هو مقدار القوة (ق) التي اثرت في جسم كتلته (ك) اكسبته تعجيل (ج)

- **قوانين نيوتن**

اولاً/ قانون نيوتن الأول (القصور الذاتي):

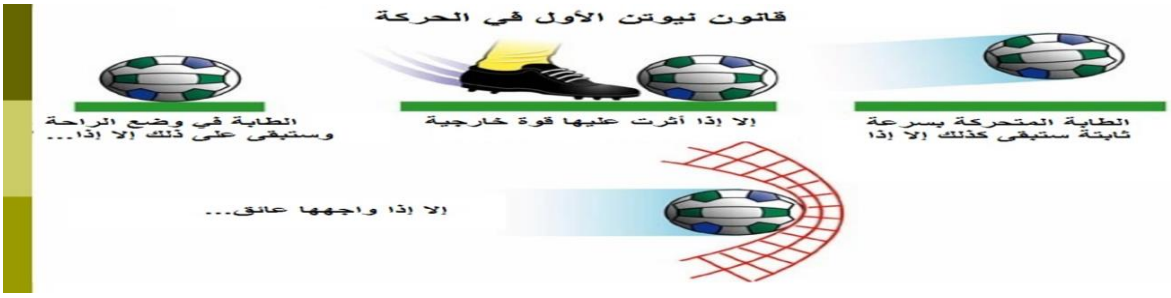
(كل جسم يستمر في سكونه أو حركته الخطية أو الدائرية ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تحاول تغيير حالته الحركية أو شكله).

يعرف هذا القانون بقانون الاستمرارية او عزم القصور الذاتي ويعني ان الجسم عاجز وقاصر عن تغيير حالته سواء كانت الحركية او السكون مالم تؤثر عليه قوى اخرى تغير من حالته وهذا ينطبق على الفعاليات الرياضية.

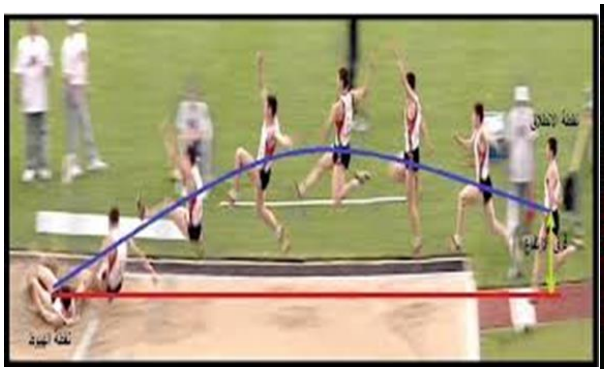
فالقصور الذاتي: وهي مقاومة الجسم للحركة في خط مستقيم، وكتلة الجسم هي مقياس قصوره الذاتي ووحدة القياس هي كغم.

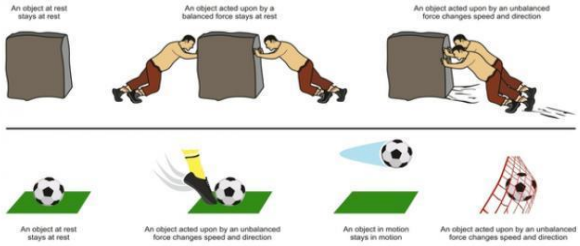
- حيث ان كرة القدم كأداة تبقى في مكانها مالم تؤثر عليها قوة خارجيه تحول حالتها من السكون الى الحركة وتستمر بالحركة الى ان تؤثر عليها قوة الاحتكاك ومقاومة الهواء او اي قوة خارجية لتغير حالتها للسكون مرة ثانية فالقصور الذاتي: هو مقاومة الجسم للحركة في خط مستقيم، وكتلة الجسم هي مقياس قصوره الذاتي ووحدة قياسه هي (كغم).

القصور الذاتي = الكتلة (ك)× نصف القطر^{٢} (نق)^{٢}



- ان العداء في سباق ١٠٠ متر يستمر في ركضه الا إذا كانت هناك قوة توقفه او تقلل من سرعته (ماهي هذه القوة؟) حيث يصعب عليه التوقف فجأة.
- وكذلك قافز العريض لتحقيق تلك القفزة لابد من **تحقيق سرعة خطية** لتغير حالة الجسم الحركية حيث ان وضع البداية يحاول الجسم الاستمرار في حالته من السكون الا إذا حدث تأثير من قوة داخلية تتغلب على قصوره الذاتي وتحول حالته من السكون الى الحركة وهنا سوف يكتسب الجسم زخماً خطيا ففي حالة التغلب على ذلك القصور الذاتي الذي يمثله مقدار الكتلة وتحريك الجسم مسافة معينة خلال زمن سوف تتولد سرعة.





ا ن التعامل في قانون نيوتن الأول يكون من خلال حالتين هما السكون أو الحركة، **ففي حالة السكون فأن محصلة القوى المؤثرة على الجسم يجب أن تساوي صفراً** وفي **حالة عدم تساوي هذه القوى فيتحول الجسم إلى حالة الحركة وهذا ينطبق على الحركة الخطية والدائرية.**

العوامل المؤثرة في قانون نيوتن الاول.

نستنتج من هذا القانون أن أي محاولة يقوم بها الجسم للاحتفاظ بسكونه أ و حركته تتناسب طرديا مع عدة عوامل هي:

١-**كتلة الجسم:** أن الزيادة في الكتلة تعني زيادة في القصور الذاتي اي ان العلاقة بين كتلة الجسم والقصور الذاتي علاقة طردية، من هنا جاء التقسم الفعاليات الرياضية مثل رفع الاثقال والمصارعة والملاكمة وغيرها من الالعاب والفنون القتالية حسب الفئات العمرية

ففي الجمناستك يكون هدف القوة باتجاه التغلب على وزن جسم اللاعب من هنا فان لاعبي الجمناستك من الضروري جدا ان يستمروا بالمحافظة على عدم زيادة كتلتهم مع العمل على تطوير القوة باتجاه التغلب على وزنهم او القصور الذاتي لأجسامهم. وفي فعاليات المصارعة والملاكمة نلاحظ ان كتلة اللاعب مهمه جدا في التأثير على الخصم كما في فعاليات المصارعة والملاكمة وهكذا للفعاليات الرياضية الاخرى

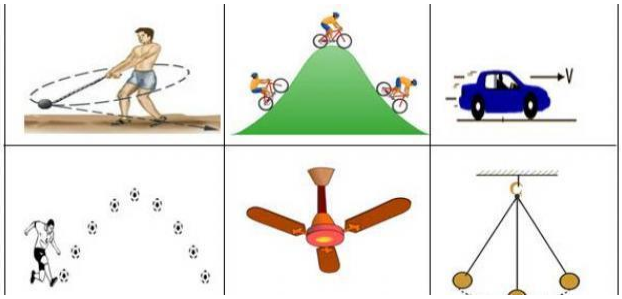
وتحتاج أيضا بعض الرياضات الى ان يمتلك اللاعب قصور ذاتي قليل في حالات القفز والوثب للتغلب على قوة الجاذبية من اجل تحقيق إنجاز أكبر، كما هي الحال للاعبي القفز العالي والتصويب عند أداء الحركات القفز عاليا لان هدف القوة باتجاه التغلب على وزن جسم اللاعب من هنا فأن من الضروري جدا ان يستمرون التدريب لتطوير القوة باتجاه التغلب على وزنهم او القصور الذاتي لأجسامهم مع الحفاظ على اتزان الجسم.

سؤال/ تم تقسيم اللاعبين في المصارعة الى أصناف وفق كتلهم في السباقات وكذلك الحال في الالعاب القتالية ورفع الاثقال ايضا.؟ فسري لماذا

ج/ تلعب الكتلة دورا حاسما في كل الفعاليات الرياضية لان بعض الألعاب تحتاج الى ان يمتلك اللاعب قصور ذاتي كبير، أذ لا يمكن أن يتصارع مصارع كتلته (٢٠٠ كغم) مع مصارع كتلته (١٠٠) كغم (وذلك لان صاحب الكتلة الأكبر سيكون سهل جدا عليه تغيير حركة اللاعب ذو الكتلة الأقل، وذلك لان القصور الذاتي للمصارع ذا الكتلة الأكبر سيكون أكبر بكثير من المصارع الأقل كتلة وبالتالي سيكون صعب جدا على المصارع الأقل كتلة من تغير حالة الحركة للمصارع الأكبر كتلة، وذلك لامتلاكه اتزان وثبات عاليين لان الكتلة أحد العوامل التي تتناسب طرديا مع الاتزان والثبات والذي يعني احتفاظ الجسم بحاله عالية لقصوره الذاتي.

٢- الحالة الحركية للجسم.

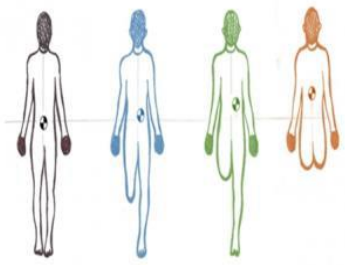
حيث أن الجسم الساكن يحتاج الى قوة أكبر للتغلب على قصوره الذاتي من الجسم المتحرك أي أن تغيير الحالة الحركية للجسم المتحرك يكون أسهل من الجسم الساكن، ونقصد بتغيير الحالة الحركية هو زيادة السرعة من خلال زيادة مقدار القوة المؤثرة بثبات كتلة الجسم، ومن الممكن أن يكون لدى المدرب الالمام بذلك حيث ان العمل على زيادة السرعة او التغيير في التعجيل اثناء العمل يكون له الاثر الاكبر في احداث التطور البدني المطلوب مع مراعات المسارات الحركية، ويظهر ذلك أيضا في تنفيذ الركلات الثابتة والمتحركة في كرة القدم وكذلك عند حدوث التصادم بين لاعبين أحدهما ثابت والآخر متحرك في الأرض أو في الهواء أثناء القفز.



٣- قاعدة الارتكاز

يجب ان يكون التناسب طرديا بين مساحة قاعدة الارتكاز ومقدار القصور الذاتي للجسم , من هنا كان لوقفة البداية في كثير من المها ا رت الرياضية المختلفة الاثر الاكبر في تحقيق استقرار اكبر لدى الرياضي, فالمصارع يؤكد على الوقفة بقاعدة واسعه للمحافظة على الاستقرار العالي لاسيما اثناء الاشتباك مع الخصم , وكذلك في الملاكمة فان وقفة الاستعداد تكتسب اهمية كبيرة لمنع سقوط بسهولة، ان القاعدة الواسعة والمتوازنة للجسم تمنع خروج مركز ثقله خارج قاعدة الارتكاز وتحددا ا زوية سقوطه وهو من العوامل المهمة التي تحدد مقدار القصور الذاتي للأجسام

٤- ارتفاع مركز ثقل الجسم عن الارض: من العوامل التي تحدد مقدار القصور الذاتي وتكون العلاقة عكسية حيث ان زيادة ارتفاع مركز ثقل الجسم يقلل من قصوره الذاتي وانخفاض مركز الثقل يزيد من القصور الذاتي، نلاحظ ان الاطفال بأعمار صغيرة (٤ – ٦) سنوات تكون خطواتهم غير مستقرة بسبب ارتفاع مركز ثقلهم بالنسبة لأطوالهم.



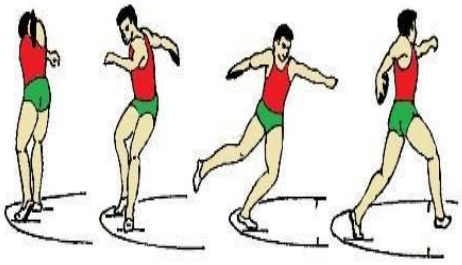
٥- طبيعة الارض او السطح

تعد الارض من العوامل المؤثرة في القصور الذاتي للجسم لكي تتغلب على القصور الذاتي لجسم على سطح أملس او صقيل نحتاج قوة اقل مما لو كان السطح خشن او متعرج، ان ذلك يتضح لنا من خلال ممارسة فعاليات رياضية مختلفة على ارضيات مختلفة، مثل لعب كرة القدم على التارتان وعلى العشب او التدريب على الارض رملية او ارض اسفلتية.

الاسس المتعلقة بقانون القصور الذاتي.

١ – الربط بين حركات الانتقال والدوران: يتميز الاداء الناجح في الغالب بالربط الفعال بين الحركات الانتقالية والحركات الدائرية.

مثال: يتوقف نجاح رمي القرص على اداء عدة حركات، فيقوم اللاعب بتحريك جسمه كله في خط من الخلف الى الامام داخل الدائرة وذلك للتغلب على القصور الذاتي للقرص في هذه الحركة.

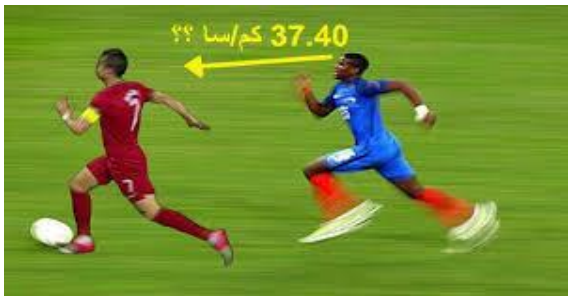


٢ – استمرارية الحركة: عند اداء الانشطة المكونة من حركتين متتاليتين او أكثر في اتجاه واحد يجب الا يكون هناك توقف ما بين هذه الحركات، وإذا حدث توقف بعد اداء الحركة فسوف يؤدي ذلك الى فقد اداء الحركة الاولى التي تقدمها الحركة الثانية كما ان القوى المؤثرة على الجسم لتحركه في الاتجاه المطلوب سوف تكون ذات تأثير كبير في تزايد سرعة وتغلبه على المقاومة.

مثال: دافع الجلة الذي يتردد في حركاته داخل الدائرة او اثناء الدفع النهائي سوف يفقد قيمة الحركة او فائدة القسم التحضيري لها ويطبق هذا المبدأ على السباحة والجري وانشطه الضرب والرمي.

٣- **تأثير كمية الحركة:** إذا كان هناك جسمان يسيران في نفس السرعة – فالجسم الاثقل كمية حركته أكبر – وكلما زادت كمية الحركة زادت القوة اللازمة لتغيير اتجاه الجسم او سرعته.

مثال: عندما يتحرك لاعب كرة القدم بكمية حركه كبيرة فانه سوف يحتاج لقوة كبيرة للعمل على تبديل او تغيير كمية حركته.



٤- **انتقال كمية الحركة:** ان كمية الحركة التي تنتج من اجزاء الجسم المختلفة من الممكن ان تنتقل الى الجسم كله في حاله اتصال هذا الجسم بالأرض وأطراف الجسم الطويلة الثقيلة ذات السرعة الكبيرة تؤدي الى زيادة كمية الحركة التي تقدمها للجسم كله، وجدير بالذكر ان المبدأ السابق يطبق في جميع مراحل الوثب.

تطبيقات قانون نيوتن الاول في الحركات الخطية.

يكون القصور الذاتي مفيدا عند تطبيق بعض الحركات، عندما يحتفظ الجسم باتزان عالي في إثناء الأداء على بعض الأجهزة، عندما يكون المطلوب استمرار حركة الجسم في بعض المهارات، على المدرب ان يضع بنظر الاعتبار عند تعليمه الحركات او تدريبها لاعبيه هذا المبدأ المهم والاستفادة منه

ويكون القصور الذاتي معيقا عندما:

١-في بعض حالات البداية لبعض المهارات التي تتطلب قوة مميزة بالسرعة وانطلاق سريع.

٢- وفي مرحلة النهاية لبعض المهارات التي تتطلب توقف في الحركة او التوقف مرة واحدة، مثل الهبوط من الأجهزة. •

٣- وهي حالة معيقة للحركة لغرض التوقف عند اداء المهارة

تطبيقات قانون نيوتن الاول في الحركات الدورانية (عزم القصور الذاتي).

ان أي جسم يميل للاستمرار بالدوران بكمية حركة ا زوية الا إذا إثر عليه عزم قوة خارجية لامركزية أو زوجين من القوى في نقطة تبعد بمقدار معين عن مركز كتلة الجسم.

القصور الذاتي في الحركات الدورانية (الزاوية) نطلق علية عزم القصور الذاتي بسبب البعد عن محور الدوران

بما ان الحركات الدائرية لا تحدث الا بوجود محور تحدث عليه عملية الدوران للطرف وان ابتعاد أطراف الحركة عن المركز محكم بأنصاف الاقطار فان عزم القصور الذاتي في الحركات الدائرية يقابل القصور الذاتي في الحركات الخطية أي ان مقاومة الحركة الدائرية لا تتوقف على الكتلة فقط كما هي في الحركات الخطية وانما على بعد الجزء العمودي عن محور الدوران. وعليه فأن عزم القصور الذاتي يتناسب طرديا مع كتلة الجسم ومربع نصف القطر ان عزم القصور الذاتي هو العامل الرئيسي في الحركات الدورانية، والكتلة هنا لها نفس التأثير في الحركات الخطية، ان كمية الحركة الزاوية يمكن ان تتحدد من خلال القانون الآتي:

عزم القصور الذاتي = الكتلة (ك)× نصف القطر٢ (نق) ٢ او (مربع الطول) ٢

– الطول هنا نعني به طول الجسم او جزء الجسم اي نصف قطر الدوران والذي هو مقياس لمقارنة قصور هذا الجسم حول المحاور المختلفة له.

– الكتلة ومربع نصف القطر كل منهما يتناسب طرديا مع عزم القصور الذاتي وهذا معيق في الكثير من الحركات الرياضية

جميع حركات جسم واجزاءه تعتبر حركات دورانية ترتبط بمحاور دوران(مفاصل) وتتوزع كتل أجزاء الجسم حول هذه المحاور. يزداد عزم القصور الذاتي بزيادة البعد عن محور الدوران مع ثبات الكتلة ويمكن الاستفادة من ذلك في التدريب من خلال تقليل انصاف الاقطار لزيادة السرع الزاوية او زيادة اوزان الاجزاء من خلال استخدام اوزان اضافية، ولابد من الانتباه الى تأثير القوى المركزية واللامركزية اثناء حدوث الحركات الدورانية، مع ملاحظة ان جزاء الجسم ترتبط فيما بينها من خلال مفاصل تتم عليها الحركة.

مثال تطبيقي / سهولة رفع الرجل وهي مثنية عن رفعها وهي في حالة مد.؟ فسري ذلك

رفع الرجل وهي مثنية أسهل بسبب البعد والقرب عن محور الدوران) مفصل الورك (وتأثير ذلك على زيادة عزم القصور الذاتي والجذب على نقاط الأرضي الجسم في حالة المد وتقليله في حالة ثني الرجل وهذا يفسر سهولة رفعها عند الثني بسبب تقليل القصور الذاتي المعيق للحركة.

ايضا تعمل لاعبة الجمباز على تقريب اجزاء الجسم عن محور الدوران لزيادة سرعة الدوران الزاوية وتقليل عزم القصور المؤثر وفرد الذراعين الى الجانب في حالة تقليل السرعة او التوقف.

قانون نيوتن الثاني (التعجيل والتسارع) القانون الذهبي

تعد القوة العامل الرئيس لحدوث الحركة وإن مقدار الحركة وكميتها (الزخم) متعلق بمقدار القوة المؤثرة وهذا القانون يعد القاعدة الميكانيكية الرئيسة لجميع الحركات وعن العلاقة الداخلية بين القوة والكتلة والتعجيل في الحركات الخطية، وينص القانون على:

يتناسب تعجيل الجسم تناسبا طرديا مع مقدار القوة المؤثرة عليه وتكون الحركة باتجاه القوة،(في الحركات الخطية)

فان قانون التعجيل هو القوة = الكتلة × التعجيل (التعجيل ج = س ٢ – س ١ / ن)

ق = ك × ج

تعتبر القوة السبب الرئيسي في أحداث جهد عند الدفع أو السحب أو الرفع وان الحركة عبارة عن ناتج التأثير المتبادل بين القوة الداخلية والقوى الخارجية، وهذا يتحدد من خلال كون القوة الداخلية هي قوة العضلات التي تعمل على انتاج حركة الجسم خلال اداء المهارات ت الرياضية، ويتناسب التغير في كمية الحركة (الزخم) طردياً مع القوة المؤثرة وهذا هو الاساس في الانجاز الرياضي وتنظيم عمليات التدريب.

من الملاحظ ان كتلة الرياضي تلعب دو ا ر مهما في الاداء الحركي سيما في الفعاليات التي تلعب فيها الكتلة دوراً حاسماً في تحقيق الانجاز مثل المصارعة والملاكمة والكثير من الفعاليات الاخرى حتى في الاركاض فأن القوة المنتجة من قبل الرياضي تتناسب طرديا مع مقدار كتلته.

سؤال / احسب مقدار التعجيل الناتج من قوة مقدارها ١٠٠ نيوتن على ثقل كتلة ١٠ كيلوغرام؟

الحل / ق = ك × ج

١٠٠ = ١٠ × ج

ج = ١٠٠ /١٠ = ١٠ م/ ثا٢ مقدار التعجيل الذي يكسبه الثقل

وكمثال لذلك سرعة كرة التنس عند أداء ضربة الإرسال تعكس القوة التي إثر بها المضرب على الكرة اذ تتحرك الكرة في اتجاه تأثير القوة لحظة ضربها، وكذلك حاجة لاعب ١٠٠ م الى القوة تكون كبيرة لكي ينطلق بتزايد بالسرعة مقارنة بحاجته لقوة اقل عند إيقاف الجسم في نهاية المسافة، وفي كلا الحالتين يتناسب معدل التغير في السرعة طرديا مع مقدار القوة المبذولة وفي نفس اتجاهها.

سؤال/ ما هو مقدار كتلة العداء الذي لديه قوة مقدارها (٨٠٠ نت) تمكنه من قطع مسافة سباق (١٠٠ م) بتعجيل قدره (١٠ م / ثا^{٢})؟

الحل / ق = ك × ج

٨٠٠ = ك × ١٠

ك = ٨٠٠ / ١٠ = ٨٠ كغم، مقدار كتلة العداء

١. **واجب / رامي ثقل يصدر قوة مقدارها (١٤٠٠ نت) بسرعة (٥ م / ثا) وبزمن (٠.٤ ثا). احسب كتلة الرامي؟**

٢. **وا جب / احسب مقدار القوة المبذولة لتحريك ثقل كتلته ١٠ k وإكسابه تعجيلا مقداره ٥م/ثا^{2}**

تطبيق قانون نيوتن الثاني في الحركات الرياضية من خلال التحكم بـ (القوة – الكتلة – التعجيل) كما يلي:

١ – إذا كانت الكتلة ثابتة فانه كلما زادت القوة المؤثرة زاد تعجيل الجسم.

ق= ك ×ج

وهذا يفسر انه كلما بذل اللاعب قوة أكبر لدفع الاداة زادت سرعة الاداة وقطعت مسافة أكبر الى الامام او الاعلى. كذلك في حركات الدفع والوثب والتهديف والمناولة بكرة القدم واليد والسلة ومهارات الطائرة والعاب المضرب والعاب الرمي... الخ، من الالعاب الاخرى. هذه المبادئ الميكانيكية تعد مبادئ اساسية في التدريب ممكن ان تصاحبها التغذية الراجعة على شكل معلومات ميكانيكية ذات علاقة بالكتلة والتعجيل والقوة التي تستخدم في رياضية متعددة

٢– يتناسب تعجيل الجسم يناسبا عكسيا مع كتلة الجسم فكلما زادت الكتلة قل تعجيل الجسم

ج = ق/ ك

وهذا فان العلاقة يبين الكتلة والتعجيل والقوة تستخدم في مهارات رياضية متعددة) كالتهديف والمناولة في كرة القدم واليد والسلة والطائرة والعاب المضرب وفعاليات الرمي بالساحة والميدان والملاكمة وغيرها من الالعاب).

الاسس المتعلقة بقانون نيوتن الثاني:

١- تزايد السرعة يتناسب طرديا مع القوة المؤثرة.
٢- اقصى تعجيل وكفائه الحركة.
٣- تأثير قطر الجسم على سرعة الدوران (الزاوي).
٤- المحافظة على كمية الحركة في حالات المرجحة، لنحافظ على كمية الحركة اما نطول من (نق) وكتلته، او نقلل من (نق) ونزيد السرعة وبالتالي تزداد كمية الحركة.
٥- الحركات التي تؤدى دون استناد في الهواء.

هذه المبادئ الميكانيكية تعد مبادئ اساسية في عملية التعلم والتدريب الرياضي

١- **بثبات الكتلة** (مثل كتلة الكرات او الاثقال او الأدوات) يمكن زيادة القوة للحصول على تعجيل عالي، وهذا ما يخدم الاداء الفني وما يرتبط بهذا الاداء من صفات بدينة اساسية لتطبيقة كالقوة في تدريب وتعليم اللاعبين.
٢- **بثبات القوة** (القوة العضلية المستخدمة في الأداء) وتغير كتل الادوات المستخدمة يعطي ايجابية عالية في تطوير القوة السريعة في الالعاب. ويمكن التحكم بتعجيل هذه الادوات (مثل استخدام اقصى قوة عضلية لرمي الأدوات).

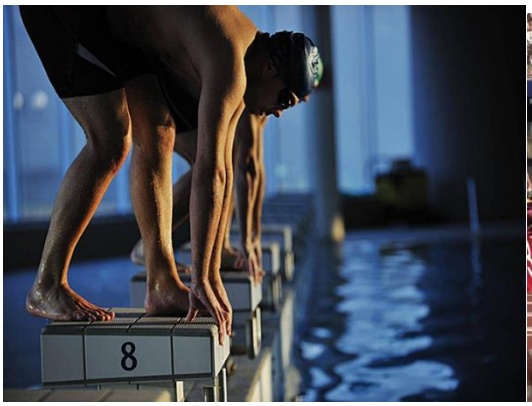
القانون الثالث (قانون) رد الفعل

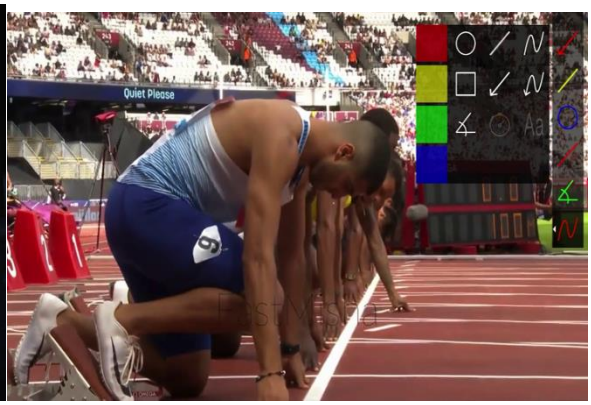
((لكل فعل رد فعل يساويه بالمقدار ويعاكسه بالاتجاه))

إذا وقفت على الأرض فإنك تضغط بقدميك عليها بقوة تساوي قوة جذب الأرض لجسمك، والأرض ترد على هذا الضغط (الفعل) برد مساوي في المقدار ومضاد في الاتجاه (رد الفعل). وهذا المبدأ خطأ حيث ان الفعل هو جذب الارض للأجسام بفعل كتلته اما رد الفعل فهو ناتج من قوة عضلات الجسم التي تحاول التغلب على الجاذبية الارضية للبقاء بشكل وقوف مستقيم وهذا هو ما نطلق عليه التأثير المتبادل بين قوة العضلات والقوى الخارجية الاخرى مثل قوة الجاذبية والاحتكاك.

تعد تمارين البلايومترك من انواع التدريب التي تعتمد على مبدأ استخدام القفز من ارتفاعات مختلفة وبالتالي الحصول على ردود افعال عضلية مختلفة تسهم في تطوير العمل العضلي باتجاه المسارات الحركية، وهي تعتمد على مقدار رد فعل السطح الذي يقوم الرياضي بالتدرب عليه. وقوة رد الفعل متجهة تتعلق بالزاوية التي يتم التأثير فيها وتكون على نفس خط عمل القوة المؤثرة

ان ترك العداء لمنصة الركضة بقوة يدفعه الى الامام بنفس القوة، وكذلك في السباحة حيث ان عملية السحب تولد في الوقت نفسه دفع الجسم الى الامام وتناسب ذلك مع مقدار قوة السحب بالذراع اثناء السباحة الحرة، ومن الامثلة الاخرى ارتداد كرة السلة من الارض حيث ان ارتفاعها يتحدد من خلال مقدار قوة ارتطامها بالأرض كرد فعل لذلك.





قانون الفعل ورد الفعل في الحركة الدورانية.

((لكل عزم قوة مؤثر عزم قوة آخر مساوى له ومعاكس له بالاتجاه ويحدث في نفس اللحظة))

ويظهر تطبيق ذلك في الكثير من الفعاليات الرياضية ففي القفز العالي فأن عملية ارجاع الرأس الى الخلف فوق العارضة يؤدي الى رفع القدمين فوق العارضة كرد فعل.

في الموانع فأن عملية ثني الجذع تؤدي الى ان تتجه الساق القائدة باتجاه الجذع كرد فعل ، ان سرعة الاداء يتوافق مع المهارة الجل تحقيق الهدف الحركي المطلوب

الاسس المتعلقة بقانون نيوتن الثالث

١-اختلاف السطح وكمية القوة المضادة.

٢- اتجاه القوة المضادة (رد الفعل).

٣- القوة المضادة في حركات الضرب.

٤- القوة المضادة المخزونة لفترة ما.

٥- الاتصال بالسطح عند تطبيق قوة ضد اجسام خارجية.

المصادر

١-سمير مسلط الهاشمي؛ البايوميكانيك الرياضي، ط٣ :(بغداد النبراس للطباعة والتصميم ،٢٠١٠).

٢- صريح عبد الكريم الفضلي؛ تطبيقات البايوميكانيك في التدريب الرياضي والاداء الحركي، ط٢ :(بغداد، جامعة بغداد، ٢٠١٠).

٣- صريح عبد الكريم الفضلي ووهبي علوان البياتي؛ موسوعة التحليل الحركي، ١ج: (بغداد، مطبعة العكيلي، ٢٠٠٧).

٤- طلحة حسام الدين؛ مبادىء التشخيص العلمي للحركة: (القاهرة، دار الفكر العربي، ١٩٩٤).

٥- محمد جاسم محمد الخالدي؛ البايوميكانيك في التربية البدنية والرياضة: (بغداد، جامعة الكوفة، ٢٠١٢).

٦- ياسر نجاح حسين واحمد ثامر محسن؛ التحليل الحركي الرياضي :(النجف الاشرف، دار الضياء للطباعة، ٢٠١٥).

٧- حسين مردان؛ محاضرات في البايوميكانيك: (كلية التربية الرياضية، جامعة القادسية)

٨- rd edition: (New٣G.Hay: The Biomechanics of Sports Techniques, James
.(١٩٨٥Jersey, prentice Hall,

٩- ,J. Hall; Basic Biomechanics, sixth edition: (New York, McGraw-Hill Susan
(٢٠١٢