الجمهورية العربية السورية

جامعة حماه

كلية التربية الرياضية

السنة الرابعة

الفصل الاول

القسم النظري

علم الحركة الحيوي

تدريس الأستاذ : أحمد قباقجي

المرجع العلمي :

كتاب أالبايوميكانيک في الحركات الرياضية

أد. حسين مراد عمر – د. اياد عبد الرحمن أ

العام الدراسي ٢٠١٨-٢٠١٩

الفصل الاول

البايوميكانيك

تطور علم البايوميكانيك عما كان عليه في السابق وخاصة في بداية القرن التاسع عشر وأصبحت له إتجاهات مختلفة وواسعة ، في عام (٣٢٣-٢٨٤ ق.م) كان أرسطو أول من أشار الى البايوميكانيك في مؤلفاته تناول مركز ثقل الجسم وقوانين الروافع وأثرها على حركة الأجسام واثر حركة الذراعين على سرعة الركض وفي عام (٢٠١-١٣١ ق.م) برهن العالم والطبيب الروماني (جالن Galin) على ان الدفع الحركي ينتقل من الدماغ الى العضلات عن طريق الأعصاب وبدورها تسبب الحركة . ومن المعروف ان العالم (دافن شي Davinci) (١٤٥٢ م-١٥١٩م) ذلك الفنان الايطالي الكبير كان لديه اهتماما واسعا بحركة الكائن الحي من وجهة نظر البايوميكانيك وأعلن ان جسم الإنسان خاضع لقوانين الميكانيكا ومن بعده الطبيب والعالم الايطالي (الفوتو بوريلي boreli) الذي يعتبر أول من حدد عن طريق التجربة العملية موضع مركز ثقل الجسم للإنسان عام (١٦٧٩ م) كما ساهم في حل مشاكل الحركة وأوضح ان العمل العضلي الى حد ما يعمل على وفق القوانين الميكانيكية والطبيعية ويعتبر أول من وضع تدريبات العلاج الطبيعي على أسس ميكانيكية. وفي عام (١٦٤٢-١٧٢٧ م)كان إسحاق نيوتن علامة مهمة وبارزة من علامات تطور علم الميكانيكا والحركة بوضعه القوانين الميكانيكية الأساسية التي تعتبر الأساس للميكانيكا الحيوية ألان. وقد قاما العالمان الألمانيين (ادور وفيبر) في (١٨٣٦م) بنشر ميكانيكية آلات المشي للإنسان ووضعا سلسلة موضوعية من التحليل الحركي وفي عام (١٨٧٧م)جاء اختراع آلات التصوير الذي دفع بأبحاث الحركة خطوات الى الأمام. وكان قبلهم

من العلماء العرب أمثال (الخوارزمي ٧٨٠ –٨٥٠م) و(ثابت بن قرة ٨٣٦ – ٩٠١م) و (ابن الهيثم ٩٦٥ –١٠٣٩م) حيث ساهموا في تطوير علم الميكانيكا الحيوية.

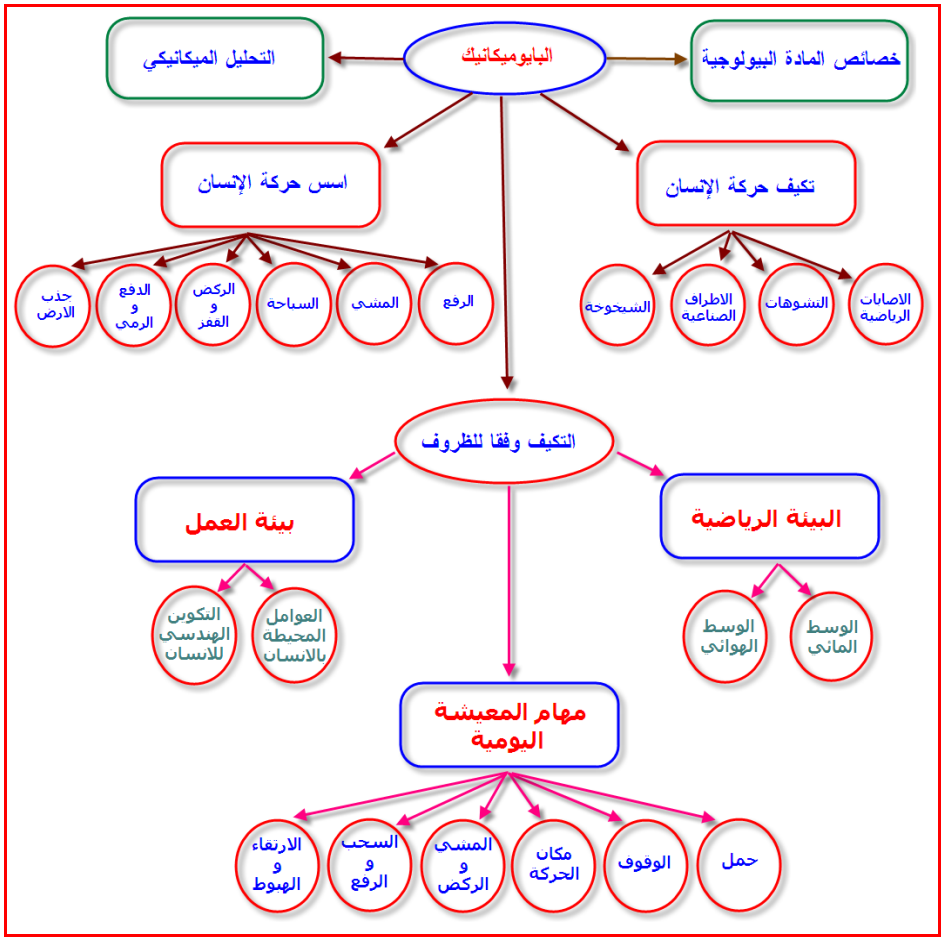
وإذا تتبعنا الأرقام القياسية المسجلة في الوقت الحاضر ، فأننا نجد تطورا ملموسا في كافة المستويات ، وهذا التطور جاء نتيجة للأبحاث المستمرة للحركة وظهور الآلات التقنية ودراسة الحركة دراسة وافية من حيث زمانها ، إضافة الى القوى المسببة في حدوث هذه الحركة ، لذا وما سبق دراسته نجد ان علم البايوميكانيك قديم قدم الحركة منذ كانت الحركة غير مقننة ، بمعنى لا يتوفر فيها جانب الاقتصاد بالجهد للتغلب على المقاومة المعينة بمسار حركة وعمل عضلي بعد ما نكون قد وصلنا الى التوجيه الحركي الأفضل .

وعلم البايوميكانيك علم يبحث في حركة الإنسان او بعض أجزائه بطريقة موضوعية ملموسة سواء على سطح الأرض ، او في الماء ، او في الفضاء ، بهدف تحديد التكنيك المثالي للحركة ، ومصطلح البايوميكانيك يتكون من مقطعين يونانيين الأولى (Bio) أي الجانب العضوي الذي له التأثير المباشر في الحركة (الحياة) والثاني (Mechanic) أي الجانب الميكانيكي ، أي القوانين الميكانيكية الثابتة التي تحد من الحركة وتعني (الآلة) .

تم الاتفاق على اسم البايوميكانيك عام (١٩٦٠) في أول مؤتمر دولي في ألمانيا الديمقراطية للمهتمين والمشتغلين بالبايوميكانيك ، ولقد خرج المؤتمر بتوصيات عديدة عامة وخاصة ، وأصبح هذا المصطلح شائع الاستخدام منذ السبعينات للقرن الماضي على انه مجال الدراسة الذي يختص بالتحليل الميكانيكي لحركات الأجسام الحية .

ويمكننا وضع تعريف شامل للبايوميكانيك في المجال الرياضي فهو العلم الذي يهتم بتحليل الحركة وفقا للوضع التشريحي للعضلات العاملة ويعمل على

تشخيص نقاط القوة والضعف بغرض تقويمها ووضع القوانين المناسبة لتحديد هدف الحركة وتطويرها.



الشكل (١-١) : يوضح التطبيقات البايوميكانيكية لحركة الإنسان

اما التحليل الحركي فهو جزء من دراسات البايوميكانيك ويقوم على اساس قياس كل من مصطلحات الزوايا والمسافات والازمنة والمسارات بغرض تطوير المهارات.

ويرتبط البايوميكانيك بعلاقة مع علم التدريب الرياضي من خلال قوانين نيوتن الثلاث وقانون الجاذبية التي هي من الامور الضرورية لفهم الاداء الحركي وهي بالتالي ملائمة لوصف الحركات عن طريق الأمثلة .

يرتبط البايوميكانيك ارتباط مهما بالتعلم الحركي من خلال استخدام هذه القواعد على ثلاث أسس مهمة تكمن في طبيعة الفراغ الذي تتم فيه الحركة والمستوى والعوامل المؤثرة في الحركة وزمان حدوثها

أغراض البايوميكانيك

في المجال الرياضي نستفاد من علم البايوميكانيك في :

١. ايجاد الحلول البايوميكانيكية المناسبة لتحقيق الهدف من الحركة
٢. التشخيص البايوميكانيكي للاختبارت والقياسات لغرض إيجاد التمارين الرياضية المناسبة في تطوير البناء البدني والمهاري
٣. وضع القوانين الميكانيكية المناسبة لتقنين بعض مكونات الحمل في علم التدريب الرياضي كالشدة والحجم
٤. توفير المعلومات العلمية باستخدام التقنيات الحديثة من نتائج المقارنات بين الفئات العمرية المختلفة ونتائج المقارنات بين المواصفات الجسمية المختلفة ونتائج اختلاف والجنس
٥. تشخيص العلاقة الميكانيكية بين الاداة والرياضي
٦. وضع النماذج الميكانيكية المناسبة لغرض التعلم والتدريب
٧. وضع الحلول النهائية لتأهيل الاصابات الرياضية وتحسين القوام
٨. توفر للرياضي المعلومات المناسبة لتطبيق مبادئ التشريح وقوانين الميكانيك على الحركات المطلوبة مع استمرار التدريب المناسب فيها .
٩. توفر للمدرب أساس علمي سليم لتحليل الحركات والمهارات وتدربه على اكتشاف نقاط الضعف ويعمل على إصلاحها.

فروع البايوميكانيك

تم تقسيم علم البايوميكانيك الى فرعين رئيسين هما :

١) السكون او الاستاتيك (Static's) .

٢) المتحرك أو الديناميك (Dynamics).

(١) السكون او الاستاتيك

وهو العلم الذي يبحث في حالة استقرار واتزان الأجسام وعندما يطبق هذا العلم على الجسم الحي تسمى البايوستاتيكية وهو الحفاظ على وضعية الجسم وأجزائه على قاعدة الارتكاز في حالة ثبات.

وقد عرف بأنه العلم الذي يغطي الحالات التي تكون فيها جميع القوى المؤثرة في الجسم متوازنة والجسم في حالة سكون او ثبات ويتناول ظواهر مهمة في حياتنا اليومية كالعتلات ومركز ثقل الجسم .

(٢) المتحرك او الديناميك

هو ذلك العلم الذي يبحث في حركة الجسم من حيث طبيعة القوى المحركة وغير الموازنة والتي تسبب تغيرا في سرعته واتجاهه ويتناول قوانين مهمة في حياتنا كقوانين القوة والطاقة والتعجيل الحركي. او هو العلم الذي يهتم بدراسة الأجسام المتحركة بتعجيل تزايدي او تناقصي او الاثنين معا ، ويقسم هذا العلم الى قسمين مهمين هما :-

(أ) الكينماتيك (Kinematics)

يشير هذا العلم الى هندسة الحركة ويصفها وصفا مجردا دون البحث في مسبباتها وهو يصف حركة الأجسام من جوانب الزمن والإزاحة والمسافة والزوايا والسرعة والتعجيل، ويدرس قسم الكينماتيك الحركي انتقاليا مستقيما ويسمى (الكينماتيك الخطي) او حول محور ثابت ويسمى (الكينماتيك الدائري) .

(ب) الكينتيك (Kinetics) :

وهو العلم الذي يدرس القوى التي تنتج او تغير الحركة وانه يصف حركة الأجسام من جوانب الوزن والكتلة والزخم والقوة والشغل والطاقة ، وقد يكون الكينتيك خطا مستقيما ويسمى (الكينتيك الخطي) او دائريا يسمى (الكينتيك الدائري).

الحركة

يطلق على جسم انه في حالة حركة من وجهة نظر البايوميكانيك عندما يغير مكانه خلال فترة زمنية ، ويدلل على حدوث الحركة بالمقارنة نسبة الى ثبات او حركة الاجسام في محيطه ويتم قياس اثر الحركة بالمقدار من خلال مصطلح المسافة اوالزاوية او الاثنان معا في وحدات مساحية او وحدات زمنية وينتج عن هذه الوحدات او المصطلحات مقادير للسرعة والتعجيل الخطي والزاوي.

أشكال الحركات :

توصف الحركة في البايوميكانيك بشكلين مهمين هما المسار الهندسي للحركة أولا والمسار الزماني ثانياً وأدناه الحركات وأشكالها .

(١) أشكال الحركة من ناحية مسارها الهندسي :

(أ) الحركة بالمسار الخطي.

في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجسم او مراكز ثقله او أجزاءه من وضع الى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية خطية خلال انتقالها وان سرعة هذه الأجزاء تكون متساوية وتحدث في خط مستقيم بالاتجاه الافقي او العمودي. ومن امثلة ذلك مسار مفصل الكاحل في التزلج على الجليد او مفصل الورك في الدراجات او في القفز العمودي.

(ب) الحركة بالمسار المنحي.

في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجسم او مراكز ثقله او أجزاءه من وضع الى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية منحية خلال انتقالها وان سرعة هذه الأجزاء تكون متساوية وتحدث في خط منحي بالاتجاهين الافقي والعمودي. ومن امثلة ذلك مسار مفصل الورك في اجتياز الحواجز او الوثب الطويل

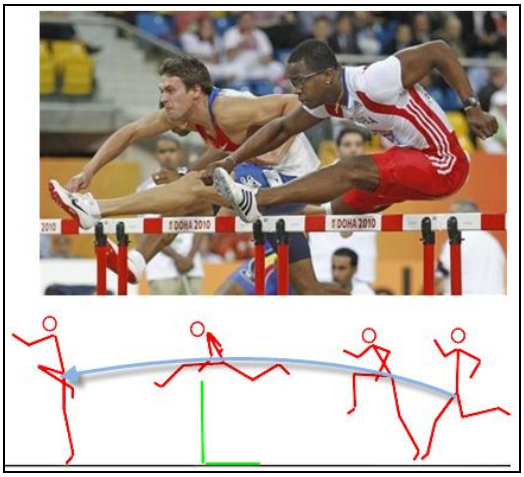
(ج) الحركة بالمسار الدائري.

في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجسم او مراكز ثقله او أجزاءه من وضع الى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية دائرية منتظمة او غير منتظمة وان سرعة هذه الأجزاء لاتكون متساوية وتحدث حول محور داخل الجسم او خارجه وان الجزء البعيد عن المحور يكون أسرع من الجزء القريب منه لأن المدى الحركي للجزء البعيد اكبر من المدى الحركي للجزء القريب . ومثال ذلك مسار مفصل القدم في الدراجات ومفصل الورك في الدائرة حول العقلة او في رمي القرص

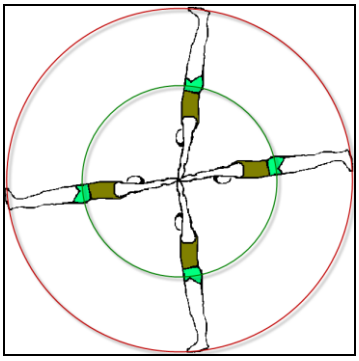
(د) الحركة بالمسار المتعدد:

في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال اجزاء الجسم او مراكز ثقله من وضع الى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية دائرية منتظمة او غير منتظمة او خطية او منحنية وان سرعة هذه الأجزاء لاتكون متساوية لتعدد مدياتها ، وربما ان الجزء نفسه ينتقل في الحركة نفسها من مسار الى اخر. ومثال ذلك مفصل القدم ومفصل الورك في الدراجات وكذلك مفصل اليد ومفصل الكتف في حركات الذراعين في السباحة حيث ان مسار مفصل اليد دائري في حين مفصل الكتف منحني ، وكذلك مسار مفصل الورك في القفز على حصان القفز فهو شبه

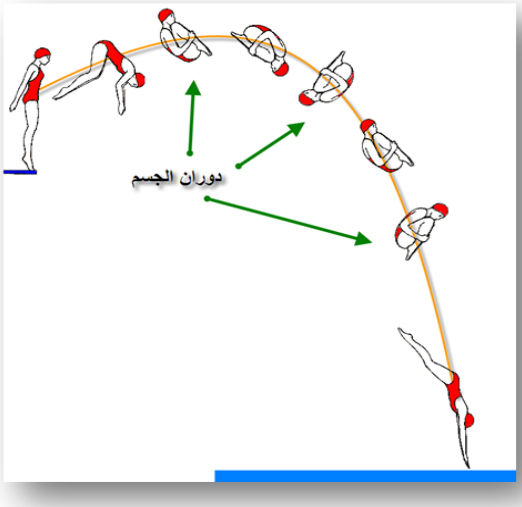
مستقيم في سرعة الركضة التقربية ثم منحني الى الارتكاز باليدين على الحصان ثم دائري في حالة اداء دورة خلفية في الهواء وكذلك الغطس في السباحة.



الشكل (١-٢) : يوضح اجتياز الحواجز وهي حركة انتقالية منحنية



الشكل (١-٣) : يوضح الدورة العظمى في الجمناستك وهي حركة دائرية حول محور خارجي



الشكل (١-٤) : يوضح فعالية الغطس وهي حركة مركبة انتقالية ومنحنية مع دوران الجسم حول محور داخلي

(٢) أشكال الحركات من ناحية المسار الزمني :

(أ) الحركة المنتظمة :

ويقطع فيها الجسم مسافات متساوية في ازمنة متساوية ، كما في مرحلة السرعة القصوى في عدو ١٠٠ متر. أي انه يتحرك بمعدل سرعة متساوي.

(ب) الحركة غير المنتظمة :

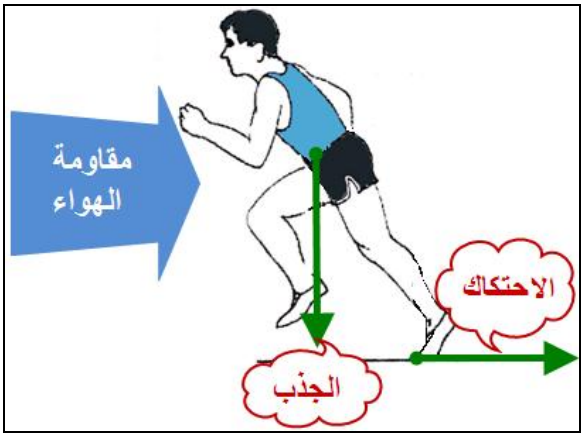
ويقطع الجسم فيها مسافات غير متساوية في ازمنة متساوية ، كما في حركة العداء الذي ينطلق من الثبات حيث تزداد سرعته تدريجيا لحين وصوله السرعة القصوى ، وفي هذه الحالة تكون حركته تزايدية.

وتقسم الحركات غير المنتظمة الى :

- حركة بتعجيل ثابت (موجبة او سالبة) .
- حركة بتعجيل متغير (موجبة او سالبة) .

العوامل المؤثرة في نوع الحركة:

فضلا عن قوة العضلات فان هناك قوى خارجية تؤثر في الحركة ومن هذه القوى (الاحتكاك ، مقاومة الماء ، مقاومة الهواء) ، وان هذه القوى يمكن ان تكون قوى مساعدة للرياضي او قوى معوقة له ، فمثلا الماء الذي يعيق حركة الرياضي الى الأمام في السباحة مثلا هو نفسه عامل مساعد لذلك الرياضي في حركته للأمام ، لأن الرياضي لا يستطيع الحركة للأمام بدون دفع الماء له كرد فعل لدفع يديه الى الخلف ، كذلك نجد الهواء الذي يعيق حركة الرمح للأمام هو نفسه يساعد على حمل الرمح مسافة أبعد الى الأمام.

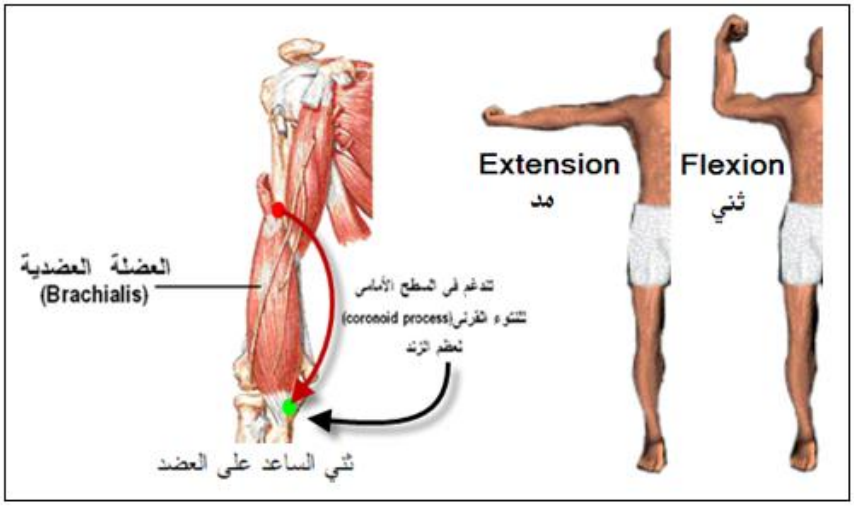


الشكل (١-٥) : يوضح بعض القوى المؤثرة في الأداء

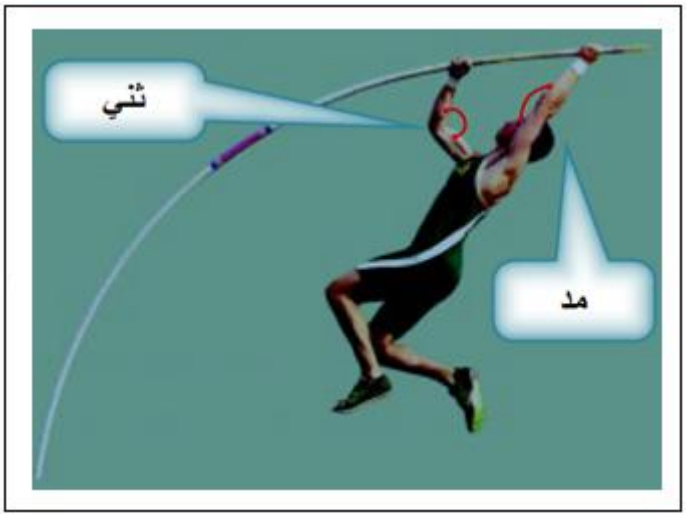
الحركات الأساسية في جسم الإنسان :

تظهر الحركة في المهارات الرياضية ويتم وصفها بمصطلحات تشريحية متفق عليها وهي حركات اساسية في جسم الانسان وادناه هذه الحركات:-

١. الثني : تقريب العظمين المتمفصلين الى بعضهما بحيث تصغر الزاوية بينهما. وتقوم العضلة العضدية (Brachialis) بثني الساعد (الزند) على العضد تقريب عظم العضد الى عظم الساعد.

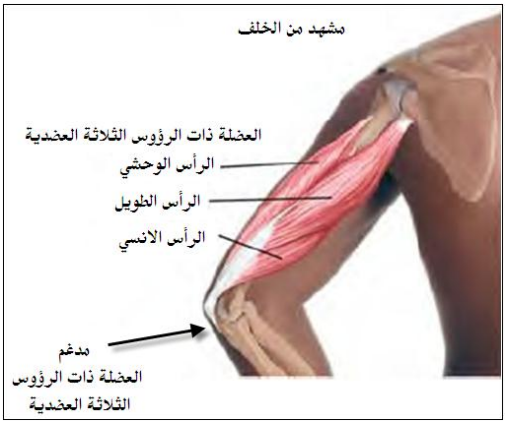


الشكل (١-٦) : يوضح العضلات العاملة عند حركتي المد والثني



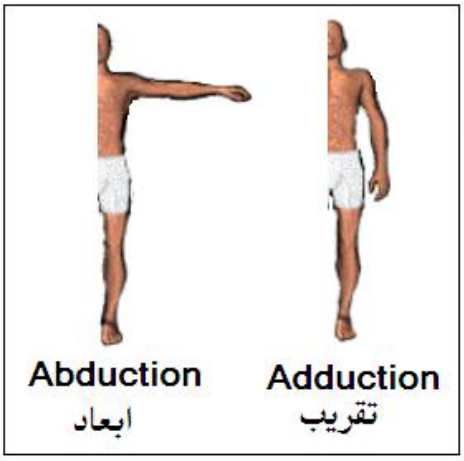
الشكل (١-٧) : يوضح حركتي المد والثني في فعالية القفز بالعصا

٢. المد : أبعاد العظمين المتمفصلين عن بعضهما بحيث تكبر الزاوية بينهما. وتقوم العضلة ذات الرؤوس الثلاثة (Triceps) بإبعاد الساعد عن عظم العضد.



الشكل (١-٨) : يوضح العضلة ذات الرؤوس الثلاث العضدية

٣. التقريب : تقريب أجزاء الجسم باتجاه المحور الشاقولي لـه. مثل تقريب الطرف العلوي او السفلي الى داخل الجسم.



الشكل (١-٩) : يوضح حركتي الابعاد والتقريب

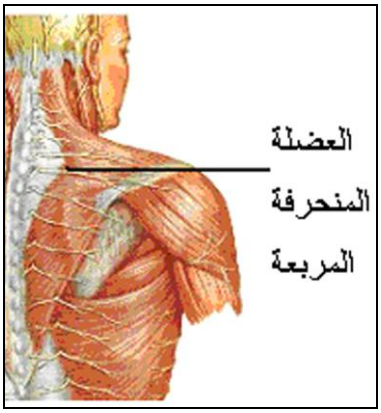
٤. الابعاد : أبعاد أجزاء الجسم بالاتجاه البعيد عن محوره الشاقولي.

٥. الرفع : وهو رفع أجزاء الجسم الى الأعلى .مثل حركة حزام الكتف.

٦. الخفض : وهو خفض أجزاء الجسم الى الأسفل.

تقوم العضلة المنحرفة المربعة (Trapezius) بمجموعة من الحركات الاساسية وتتواجد خلف العنق وفي أعلى الجذع وتنشأ من نتوء

العظم المؤخرى ومن الرباط القفوى والنتوءات الشوكية(spines) للفقرات الصدرية والفقرة العنقية السابعة وتندغم فى الثلث الخلفى والوحشى للترقوة والحرف العلوى لشوكة عظم اللوح والحرف الأنسى للنتوء الاخرومى وعمل هذه العضلة هو رفع الكتف بواسطة أليافها العليا وخفضه بواسطة أليافها السفلى أما الألياف الوسطى فتقرب اللوح للخط الأوسط من الجسم٠



الشكل (١-١٠) : يوضح حركتي العضلة المنحرفة المربعة

٧. التدوير : تتم الحركة حول المحور الطولي للعظم ويكون التدوير الى الداخل والى الخارج.
٨. الكب : ويقصد بها تدوير اليد والساعد من مفصل المرفق الى الداخل وحول المحور الطولي للساعد بحيث تواجه باطن اليد الأرض.
٩. البطح : ويقصد بها تدوير اليد والساعد من مفصل المرفق الى الخارج بحيث يواجه ظهر اليد الأرض .
١٠. الدوران : ويقصد بها ان الجزء المتحرك برسم أثناء حركته دائرة وتشغل هذه الحركة مجموعة حركات الثني ، التبعيد ، المد والتقريب ، الرفع والخفض .

نسبية الحركة

ان الأجسام في تحركاتها تقارن بالموجودات حولها ، فيمكن اكتشاف تحرك لاعب الوثب العريض بالمقارنة مع ثبات لوحة الارتقاء ، وكذلك عداء الموانع والحواجز بالمقارنة مع المانع او الحاجز ، كما يمكن ملاحظة ارتفاع لاعب الوثب العالي من خلال ثبات ارتفاع جهاز العالي. اذن فالحركة تحدث نسبة الى الموجودات المتحركة او الثابته.

ان المفهوم العام للحركة هو ان الجسم او أي جزء منه ينتقل من مكان الى اخر في فترة زمنية محددة ، فراكب الطائرة على سبيل المثال يشعر وكأن الطائرة واقفة لا تتحرك خلال الليل وفي الارتفاعات الشاهقة ، اما عندما ينظر من النافذة ويقارن وضعه الحركي في داخل الطائرة مع البيانات الموجودة يشعر بالحركة للطائرة . ان السبب في ذلك هو المقارنة بين النظام الثابت (البيانات على الأرض) مع حركة الطائرة . والعداء على سبيل المثال لا يمكن مقارنة سرعته عندما يركض لوحده ، إلا انه يمكن مقارنة سرعته عندما يتسابق مع آخرين حيث يتمكن من قياس سرعة حركته مع سرعة حركة الآخرين وبناءا لهذه المعلومات يمكن توزيع جهده كما يحدث في اركاض المسافات الطويلة من خلال اللاعب الارنب.

بناءا على ذلك فان الحركة ودراستها تتطلب معرفة النقطة الثابتة الدالة (نظام نسبي ثابت) او (منظومة الحساب) لمعرفة كمية واتجاه الحركة ، فخط البداية لعداء ١٠٠م يعتبر النقطة الثابتة على سبيل المثال .

الأبعاد الأساسية للحركة

تشاهد الحركة في ثلاثة أبعاد او محاور ويمكن الحكم عليها من بعدين إلا ان البعد الثالث وجد لتحليل المشاهد غير القابلة للرؤية ، وهذه الأبعاد او المحاور هي:

❖ (البعد السيني) أي المحور الأفقي الأول ، وهذا المحور يوازي الأفق من اليمين الى اليسار ، ويلخص بالحرف (س) او (X).

❖ (البعد الصادي) أي المحور العمودي ، وهذا المحور يوازي خط الاتجاه مع الجذب الأرضي ، ويلخص بالحرف (ص) او (Y).

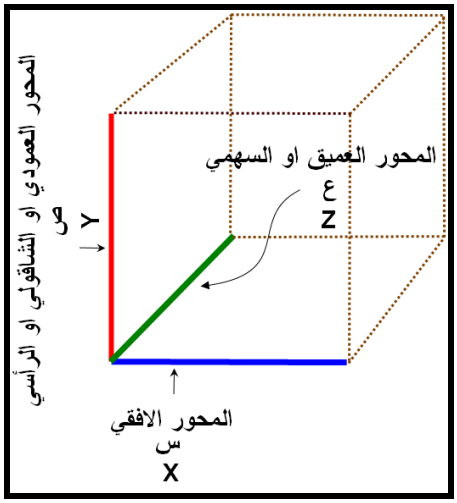
❖ (البعد العيني) أي المحور الأفقي الثاني ، وهذا المحور يوازي الأفق من الأمام الى الخلف ، ويلخص بالحرف (ع) او (Z).

الشكل (١-١١) : يوضح نسبية الحركة وفقا للاعب زميل او لنقطة معينة في السباق

المستويات التي تحدث فيها الحركة

- استنادا الى أبعاد الحركة او محاورها فانها أي الحركة تحدث في ثلاثة مستويات وهي:
- المستوى (المسطح) الأمامي Frontal plane :هو المستوى الذي يقسم الجسم الى قسمين متساويين احدهما أمامي والآخر خلفي.

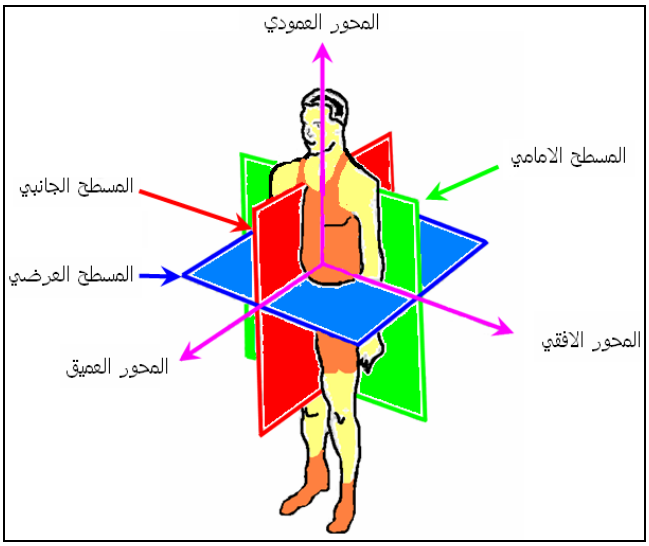
- المستوى (المسطح) العرضي Transverse plane : هو المستوى الذي يقسم الجسم الى قسمين متساويين احدهما علوي والآخر سفلي.
- المستوى (المسطح) الجانبي Profile plane: هو المستوى الذي يقسم الجسم الى قسمين متساويين احدهما في اليمين والآخر في اليسار.



الشكل (١-١٢) : يوضح البعد الثلاثي (المحاور الثلاثة)

المحاور والمستويات في بعض الحركات

- ثني الرقبة أماما خلفا يحدث حول المحور الافقي ، وفي المستوى السهمي.
- ثني الرقبة يمينا ويسارا يحدث في حول المحور العميق ، وفي المستوى الأمامي.
- دوران الرقبة من اليمين الى اليسار يحدث حول المحور الصادي ، وفي المستوى العرضي.
- الدحرجة الأمامية المتكورة (حول المحور الأفقي وفي المستوى الجانبي)
- العجلة البشرية (حول المحور العميق وفي المسطح الأمامي)
- الدوران حول النفس (المحور عمودي والمسطح عرضي)



شكل (١-١٣) : يوضح المحاور والمسطحات التي تجرى عليها الحركات الرياضية

الحركة والعمل العضلي.

تحدث الحركة وفقا لعمل العضلات وتتوقف القوة الناتجة لأداء حركة معينة على المجاميع العضلية المشتركة في الاداء فكلما ازدادت القوة المبذولة ازدادت كمية الحركة وبخاصة في الحركات الانتقالية ، بينما في الحركات الدائرية (الزاوية) يعتمد على بعد نقطة تأثير القوة عن محور الدوران . وتم تصنيف العضلات من حيث مشاركتها في الحركة الى اربع اصناف مهمة وهي:

(أ) العضلات المحركة الأساسية (Prime Movers):

هي العضلات المسئولة عن حدوث الحركة بشكل مباشر فمعظم حركات جسم الإنسان سببها عضلات محركة عديدة اما العضلات الأخرى التي تشارك كعضلات محركة بحكم انقباضها تحت ظروف خاصة تعد عضلات مساعدة .

(ب) العضلات المثبتة او الساندة (Stabilizing):

هي العضلات المسئولة عن تثبيت بعض أجزاء الجسم ضد شد العضلات المنقبضة او ضد القوى المتضادة ، واهم وظيفة تقوم بها هذه العضلات هي تثبيت طرق العظمة التي ترتبط فيها العضلة المنقبضة.

(ج) العضلات المعادلة (المكافئة) (Guiding and synergist) :

هي العضلات التي تعمل على تحديد عمل العضلات المحركة والتي تكون غير مرغوبة ، فإذا كان الغرض هو القبض فقط في حين ان العضلة المحركة يؤدي انقباضها الى القبض والتقريب فان إحدى العضلات المسئولة عن التبعيد تعمل في هذه الحالة كعضلة معادلة لإلغاء الجزء الخاص بالتقريب كعمل غير مرغوب فيه .

(د) العضلات المضادة او المقابلة (Contra lateral) :

هي العضلات التي تعمل بعكس العضلات المحركة لوجودها في الجانب المقابل ، ويطلق عليها احيانا (الجاذبة العكسية او المقابلة) ، فمثلا قابضات المرفق أمام الذراع تعد مضادة للعضلات الباسطة للمفصل نفسه والتي تقع خلف الذراع . ان العمل العضلي اثناء ثني مفصل المرفق يؤدي الى انقباض العضلة ذات الرأسين العضدية مركزيا أي اقتراب نهايتهما من بعضهما وفي نفس الوقت تبتعد نهايتا العضلة ذات الثلاث الرؤوس العضدية عن مركز العضلة ، وفي هذه الحالة يطلق على العضلة ذات الرأسين العضدية عضلة محركة ، اما دور العضلة ذات الرؤوس العضدية فتكون مضادة .

الفصل الثاني

الكينماتك الخطي

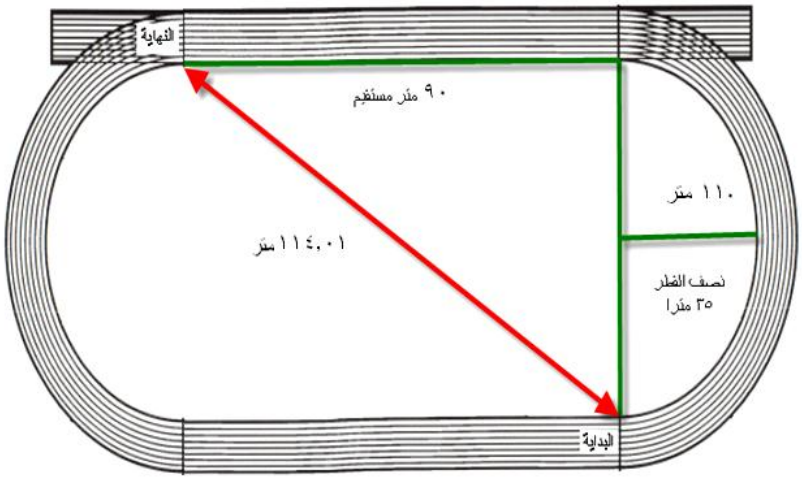
المسافة والازاحة

المصطلح الانكليزي للمسافة (Distance) والإزاحة (Displacement) ، وتعرف المسافة بأنها الفراغ المتاح بين نقطتين اما الإزاحة فتعرف بأنها الفراغ الموجود بين نقطتين ، ويجب ان نفرق بين المتاح والموجود فالمتاح يعني عدم القدرة على تخطي الموانع و الحواجز الطبيعية او المصطنعة مباشرة إلا بالمرور من فوقها او تحتها او جوانبها مثلما يحدث في تمرينات الرشاقة (الجري المتعرج) ، اما الموجود فيعني تخطيها بالاحتفاظ على المسار نفسه ، أي المرور مستقيما او قطريا ولكن لا انحناء ولا تعرج ، وبذلك فان المسافة دائما اكبر من الإزاحة او تكون متساوية في بعض الأحيان ، وفي المجال الرياضي فان المسار الحركي (المسافة) هي المهمة لأنها تفسر الحركة الصحيحة المتاحة.

ونرى بان المسافة والإزاحة متساوية عند ركض مستقيم طوله (١٠٠ مترا) لمتسابق الدراجات اما في الأركاض فان الوصف الصحيح هي ازاحة ١٠٠ متر وليس مسافة ١٠٠ متر لان مسار مركز كتلة الجسم لا يسير مستقيما وإنما منحنيا وبذلك فأننا نشترط المسار المتاح أصلا في التحليل وكذلك في ركض الحواجز فان الزمن المسجل لمسافة ١١٠ متر حواجز هو في الحقيقة زمن مسجل لمسافة اكبر من ١١٠ متر اذا أخذنا بنظر الاعتبار مسافات المرور من فوق الحاجز، والأمر يختلف في ركض ٢٠٠ متر فاننا نركض ٢٠٠ متر على مقطعين احدهما منحني بنصف قطر والاخر مستقيم وبذلك فاننا نركض مسافة قدرها ٢٠٠ متر اما الإزاحة فيتم حسابها وفقا لما يأتي:

نصف القطر لمسار العداء ٣٥ × ٢ = ٧٠

مسافة المنحنى (القوس) هي ١١٠ متر والمستقيم ٩٠ متر يصبح المجموع ٢٠٠ متر اما قيمة الإزاحة للمنحنى (القوس) فهي ٧٠ مترا والمستقيم ٩٠ متر وبذلك نجد نفسنا أمام مثلث قائم الزاوية وتكون الإزاحة هي الوتر وفقا لقانون فيثاغورس يصبح المجموع على الشكل الأتي



الشكل (٢-١) : يوضح مجالات مسابقات فعاليات العاب الساحة والميدان

مربع الإزاحة = مربع ٧٠ متر + مربع ١٠٠ متر

الإزاحة = $\sqrt{\quad}$ ٧٠ ٢ + ٩٠ ٢

الإزاحة = $\sqrt{\quad}$ ٤٩٠٠ + ٨١٠٠

الإزاحة = ١١٤,٠١ متر

ان عداء الحواجز يعدو اكثر من ١١٠ متر وكذلك عداء ١٠٠ متر لان الجسم يرتفع فيكتسب مسافة عمودية وهذه الأجزاء غير محسوبة في مسافة الركض ، ولكنها محسوبة في الزمن.

ان الفرق في المقدار ليس هو الفرق الوحيد بين المسافة والإزاحة فان الاتجاه هو الفرق الأخر بينهما ، والوحدة المستخدمة في الدلالة على المسافة او الإزاحة هي المتر وأجزائه.

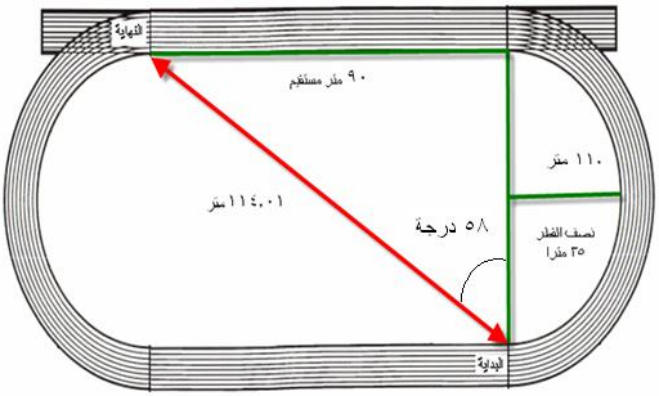
واذا اعتبرنا ان الازاحة في ركض ٤٠٠ متر هي صفر لان العداء يبدأ من نقطة البداية وينتهي اليها فاننا نتيقن ان السرعة المتجهة للعداء صفر أي ان اتجاهه لم يتغير اما معدل سرعته فيمكن حسابه من خلال المسافة المقطوعة في وحدة الزمن. وعلى هذا الاساس فاننا بتعويضنا لمصطلح الازاحة في معادلة السرعة فإنما هي للتعرف على الاتجاه فقط.

ومن مثالنا السابق ركض ٢٠٠ متر فان الاتجاه يمكن تقديره من خلال الدرجة أي مقدار ميلان المحصلة عن الخط الافقي او العمودي.

$$\text{جتا هـ} = \frac{\text{المجاور (٧٠ متر)}}{\text{الوتر (١١٤,٠١)}}$$

جتا هـ = ٠,٦١٢

اتجاه الإزاحة = ٥٨ درجة عن الخط العمودي



الشكل (٢-٢) : يوضح اتجاه الازاحة في عدو ٢٠٠ متر

مثال

عداء ٢٠٠ متر يركض المسافة الحقيقية وعداء اخر سيركض الازاحة ويبدأن من المكان نفسه وبسرعة ٨ متر\ثانية ، احسب زمن كل عداء وحدد موقع العداء الاخر عندما ينهي احدهما السباق.

عداء المسافة سينهي السباق في زمن قدره

$$\text{الزمن} = \frac{\text{المسافة}}{\text{السرعة}}$$

$$\text{الزمن} = \frac{٢٠٠}{٨}$$

الزمن = ٢٥ ثانية

عداء الازاحة سيركض ازاحة قدرها

مربع الازاحة = مربع ٧٠ متر + مربع ٩٠ متر

الازاحة = $\sqrt{٧٠^{٢} + ٩٠^{٢}}$

الازاحة = $\sqrt{٤٩٠٠ + ٨١٠٠}$

الازاحة = ١١٤,٠١متر

عداء الازاحة سينهي السباق في زمن قدره

$$\text{الزمن} = \frac{\text{الازاحة}}{\text{السرعة}}$$

$$\text{الزمن} = \frac{١١٤,٠١}{٨}$$

الزمن = ١٤,٢٥ ثانية

وعندما ينهي احد العدائين السباق يكون الاخر على بعد

الفرق = ٢٠٠-١١٤,٠١

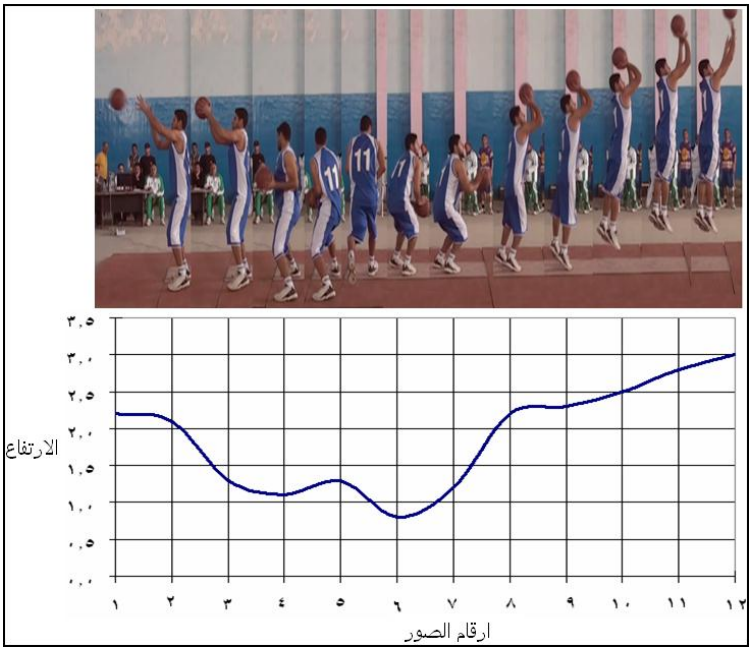
الفرق = ٨٥,٩٩ متر موقع تواجد عداء المسافة محسوبة من خط النهاية

التمثيل البياني للمسافة او الازاحة

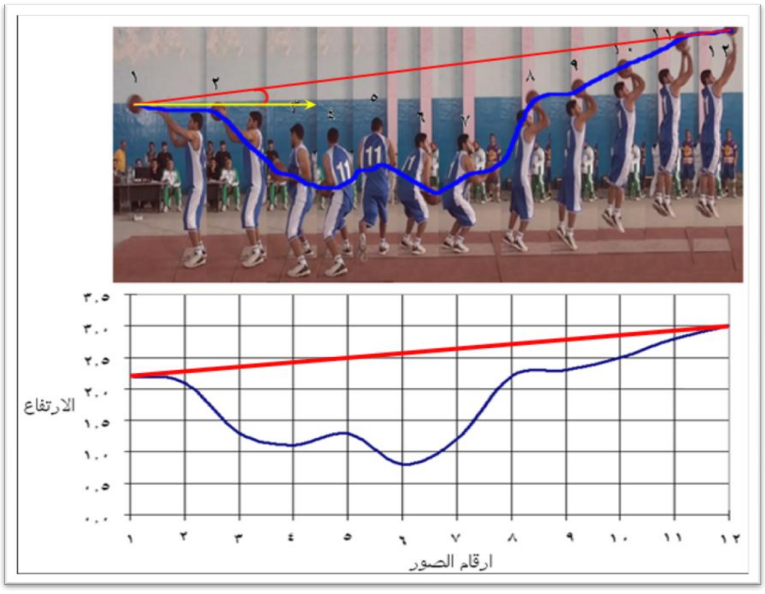
يكون المحور الافقي (س) للنقاط والمحور العمودي (ص) لقيم المسافة او الازاحة

الشكل (٢-٣) : يوضح صور متسلسلة للتصويب من الدوران في كرة السلة

الشكل (٢-٤) : يوضح المسافة التي تقطعها كرة السلة من بداية الحركة وحتى اطلاقها



الشكل (٢-٤) : يوضح التمثيل البياني للمسافة التي تقطعها كرة السلة من بداية الحركة وحتى اطلاقها



الشكل (٢-٥) : يوضح التمثيل البياني للمسافة والازاحة التي تقطعها كرة السلة

السرعة

وفقا لمصطلحي المسافة والإزاحة فان للسرعة مصطلحين أيضا والسبب يعود الى ان السرعة هي العلاقة بين المسافة والزمن

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{السرعة المتجهة} = \frac{\text{الازاحة}}{\text{الزمن}}$$

ان استعمال كلمة السرعة التي نتناولها دائما في المجال الرياضي هي ترجمة لكلمة (Speed) ويعبر هذا المصطلح عن كمية السرعة اما السرعة المتجهة (Velocity) فتمثل السرعة التي يتحرك بها الجسم إضافة الى اتجاهها وتعني السرعة المتجهة تغير الإزاحة في وحدة الزمن.

تمثل السرعة عاملا مهما من عوامل تحديد المستوى الرئيسية في سباقات العاب القوى المختلفة ولها علاقة مهمة مع القوة ويعتمد هذان العنصران على سرعة وقوة الانقباض كما ان نوعية الالياف العضلية المشتركة في الاداء .

ويمكن تعريف السرعة على انها قدرة الانسان على اداء الحركات في اقل زمن ممكن ، وتعرف ميكانيكياً بانها المعدل الزمني للمسافة المقطوعة ، وتقاس بالمتر لكل ثانية ، ويمكن اعتبارها كمية قياسيه او متجهه عند ذكر مقدارها او مقدارها واتجاهها .

وهناك مصطلحات مهمة تستخدم في السرعة مثل السرعة الانية (اللحظية) ومتوسط السرعة (معدل السرعة) والسرعة الابتدائية والسرعة النهائية والسرعة الأولى والسرعة الثانية ، وغيرها.

وعندما تتغير سرعة العداء من نقطة الى اخرى يتم احتساب السرعة وفقا للمعادلة ادناه

$$\text{معدل السرعة} = \frac{\text{السرعة الاولى} + \text{السرعة الثانية}}{٢}$$

أما إذا كانت حركة الجسم من الثبات فأن السرعة الابتدائية تساوي صفر فيمكن استخراجها عن طريق العلاقة التالية.

$$\text{معدل السرعة} = \frac{\text{السرعة النهائية} - \text{السرعة الابتدائية}}{٢}$$

ويمكن احتساب السرعة خلال فترات معينة عند حصول زيادة او نقصان فيها وتسمى بالسرعة اللحظية

$$\text{السرعة اللحظية} = \frac{\text{التغير الحاصل في المسافة}}{\text{اقل فترة زمنية}}$$

وتعرف السرعة في علم الفسلجة بانها قدرة الجهاز العضلي العصبي على اداء الحركات البدنية بأقل زمن ممكن ، وتقسم من النواحي الفنية الى مايلي:

*سرعة رد الفعل (كما في بداية السباقات للمسافات القصيرة)

*سرعة الحركة (كما في الالعاب الجماعية)

*سرعة الانتقال (كما في سباقات الركض، طول وتردد الخطوة)

اما عند مراحل سباقات الركض فتحدد ذلك نوع السباق ويطلق عليها بالمراحل الفنية للسباقات كما في ١٠٠ متر مثلا

١- مرحلة سرعة رد الفعل

٢- مرحلة التدرج في السرعة

٣- مرحلة السرعة القصوى

٤- مرحلة تحمل السرعة

ان السرعة التي نقيسها لدى عداء ١٠٠ متر في الحقيقة هي معدل السرعة وذلك لأننا نقسم مسافة السباق على الزمن (الانجاز) مما يعني اننا نفترض ان الحركة منتظمة

مثال:

يقطع عداء ١٠٠ متر ٥٠ متر الاولى بزمن قدره ٦,١٢ ثانية و ٥٠ متر الثانية بزمن قدره ٥,١٨ ، احسب معدل سرعته في ركض ١٠٠ متر

$$\text{السرعة الاولى} = \frac{٥٠}{٦,١٢}$$

السرعة الاولى = ٨,١٧ م\ثا

$$\text{السرعة الثانية} = \frac{٥٠}{٥,١٨}$$

السرعة الثانية = ٩,٦٥ م/ثا

$$\text{معدل السرعة} = \frac{\text{السرعة الاولى} + \text{السرعة الثانية}}{٢}$$

$$\text{معدل السرعة} = \frac{٨,١٧ + ٩,٦٥}{٢}$$

$$\text{معدل السرعة} = \frac{١٧,٨٢}{٢}$$

معدل السرعة = ٨,٩١ م/ثا

مثال:

ينطلق عداء ١٠٠ متر من مكعبات البداية ليقطع ٥٠ متر الاولى بزمن قدره ٦,١٢ ثانية ، احسب معدل سرعته في ركض ٥٠ متر

بما ان العداء ينطلق من الثبات فسرعته الابتدائية صفر

٥٠

السرعة النهائية = ــــــــ

٦,١٢

السرعة النهائية = ٨,١٧ م\ثا

السرعة النهائية – السرعة الابتدائية

معدل السرعة = ــــــــــــــــــــــ

٢

٨,١٧ – ٠

معدل السرعة = ــــــــــــــ

٢

معدل السرعة = ٤,٠٩ م\ثا

مثال:

تبين ان اقل زمن يستغرقه الثقل عند انطلاقه من يد الرامي الى لحظة اجتيازه مسافة بقدر قطره قد بلغ ٠,٠٢ ثانية ، احسب السرعة اللحظية لانطلاق الثقل.

بما ان قطر الثقل (١٢ سم) أي (٠,١٢ متر) فان السرعة اللحظية ستبلغ

التغير الحاصل في المسافة

السرعة اللحظية = ــــــــــــــــــــ

اقل فترة زمنية

٠,١٢

السرعة اللحظية = ــــــــــ

٠,٠٢

السرعة اللحظية = ٦ م/ثا

السرعة كمية متجهه

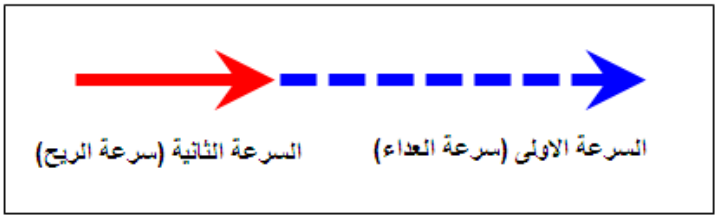
يمكن تمثيل هذه الكمية الميكانيكية بسهم يمثل طوله مقدار السرعة فيما يمثل تأثير السهم اتجاهه.

أ-اذا كانت السرعتان في اتجاه واحد فأن محصلتها هي عبارة عن مجموعهما هندسيا

س(المحصلة) =س١+س٢

=٤م/ثا +١م/ثا

=٥متر /ثا



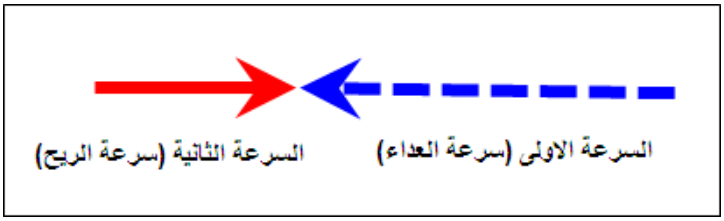
الشكل (٢-٦) : يوضح جمع المتجهات

ب-اذا كانت السرعتين متعاكستين فأن محصلتهما النهائية هي الفرق بينهما .

السرعة المحصلة = س١-س٢

= ٤م/ثا -١م/ثا

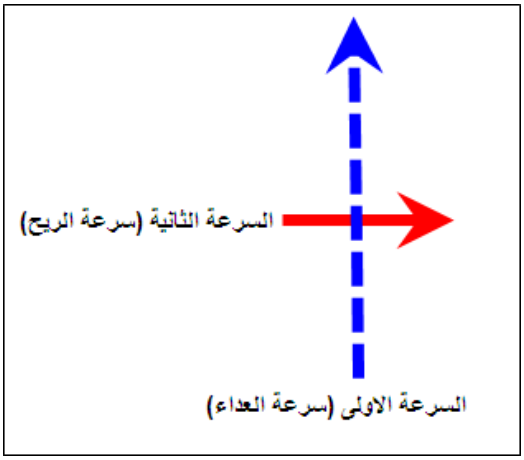
= ٣م/ثا



الشكل (٢-٧) : يوضح طرح المتجهات

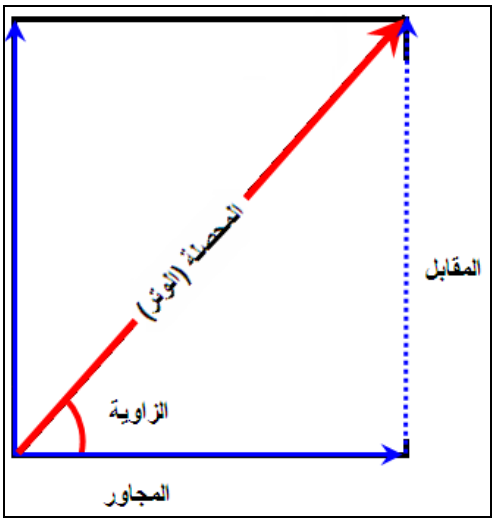
ج-اذا كانت السرعتين متعامدتين فيتم استخراج المحصلة عن طريق تطبيق نظرية فيثارغوس

$$\text{محصلة السرعة} = \sqrt{\text{السرعة الاولى}^{٢} + \text{السرعة الثانية}^{٢}}$$



الشكل (٢-٨) : يوضح تعامد المتجهات

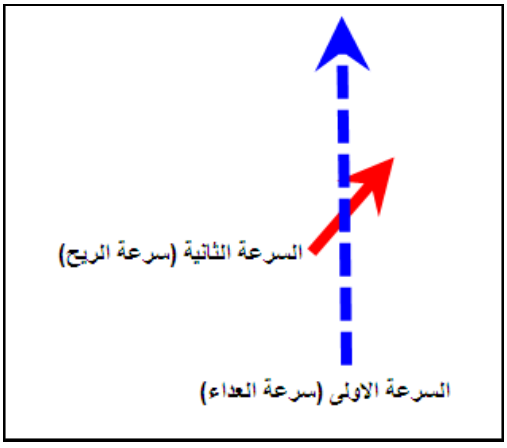
ويمكن حساب الاتجاه من خلال ظل الزاوية او جيبها او جيب تمامها



الشكل (٢-٩) : يوضح المحصلة عند تعامد المتجهات

$$\text{ظا}\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$$

د – اذا كانت الزاوية بين السرعتين حادة او منفرجة . فيتم إيجادها من خلال قانون متوازي المستطيلات



الشكل (٢-١٠) : يوضح المتجهات بزوايا اقل او اكبر من ٩٠ درجة

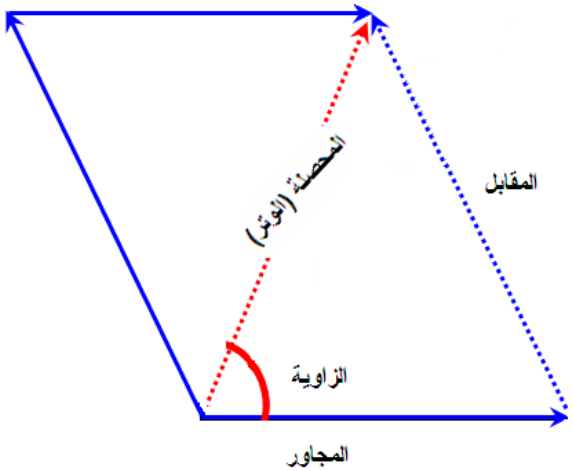
ولتحليل محصلة السرعة الى مركباتها العمودية والأفقية عندما تكون السرعة المحصلة معلومة القيمة والاتجاه .

السرعة العمودية = الوتر × جا الزاوية

السرعة الأفقية = الوتر × جتا الزاوية

$$\text{السرعة المحصلة} = \sqrt{\text{سرعة اولى}^2 + \text{سرعة ثانية}^2 + 2 \times \text{سرعة اولى} \times \text{سرعة ثانية} \times \text{جتا الزاوية}}$$

اما الاتجاه فنجده من قانون الظل السابق



الشكل (٢-١١) : يوضح حل المتجهات بطريقة متوازي المستطيلات

التمثيل البياني للسرعة

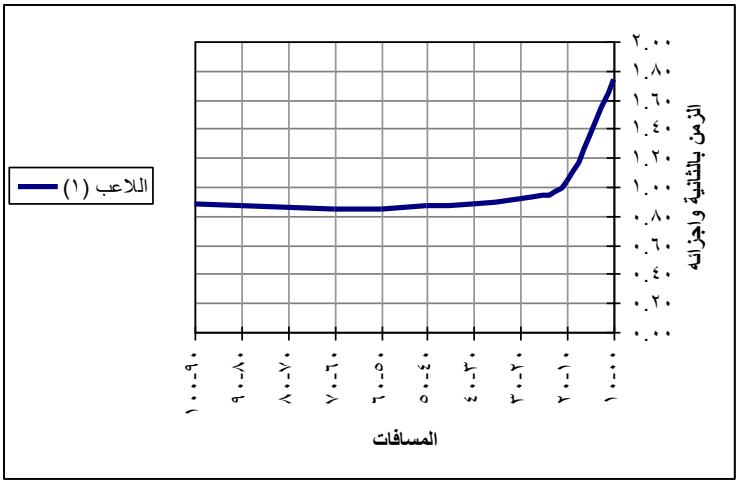
ونعني بالتمثيل البياني للسرعة هو ترجمة قيم السرعة الى رسومات تصلح للمقارنة بالعين المجردة بشكل افضل عند المقارنة بين العداء ومسافاته المختلفة او بين العداء مع عداء اخر ، ويتم تمثيل المحور الافقي (س) للزمن او للنقاط والمحور العمودي (ص) لقيم السرعة ، وكما موضح في المثال ادناه:

مثال

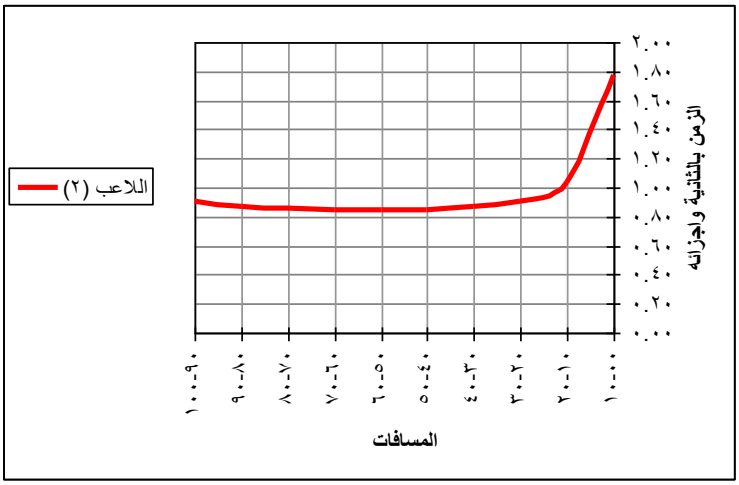
الجدول ادناه لعدائين في ركض ١٠٠ متر ، المطلوب رسم بياني منفرد لكل حالة ثم رسم بياني اخر للحالتين معا

الجدول (٢-١) يبين المقارنة في الزمن ومعدل السرعة بين لاعبين في عدو ١٠٠ متر

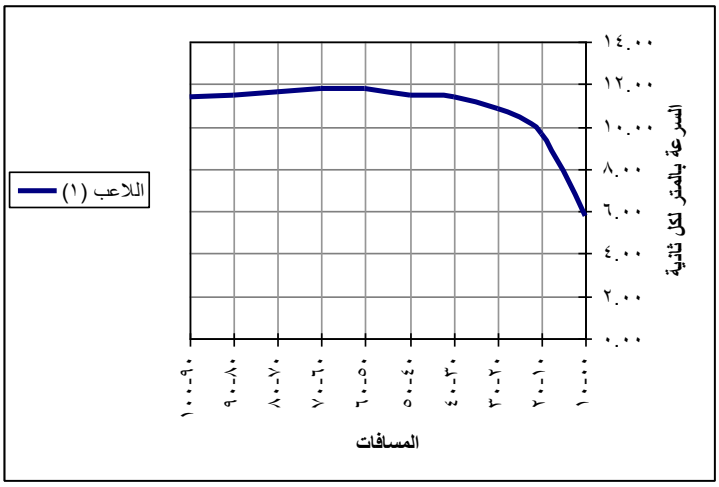
المسافات	الزمن				معدل السرعة	
	اللاعب (١)		اللاعب (٢)		اللاعب (١)	اللاعب (٢)
	الزمن لكل جزء	الزمن تراكمي	الزمن لكل جزء	الزمن تراكمي		
١٠-٠٠	١,٧٤	١,٧٤	١,٧٧	١,٧٧	٥,٧٥	٥,٦٥
٢٠-١٠	١,٠٤	٢,٧٨	١,٠٣	٢,٨	٩,٦٢	٩,٧١
٣٠-٢٠	٠,٩٢	٣,٧	٠,٩١	٣,٧١	١٠,٨٧	١٠,٩٩
٤٠-٣٠	٠,٨٨	٤,٥٨	٠,٨٧	٤,٥٨	١١,٣٦	١١,٤٩
٥٠-٤٠	٠,٨٧	٥,٤٥	٠,٨٥	٥,٤٣	١١,٤٩	١١,٧٦
٦٠-٥٠	٠,٨٥	٦,٣	٠,٨٥	٦,٢٨	١١,٧٦	١١,٧٦
٧٠-٦٠	٠,٨٥	٧,١٥	٠,٨٥	٧,١٣	١١,٧٦	١١,٧٦
٨٠-٧٠	٠,٨٦	٨,٠١	٠,٨٦	٧,٩٩	١١,٦٣	١١,٦٣
٩٠-٨٠	٠,٨٧	٨,٨٨	٠,٨٧	٨,٨٦	١١,٤٩	١١,٤٩
١٠٠-٩٠	٠,٨٨	٩,٧٦	٠,٩	٩,٧٦	١١,٣٦	١١,١١



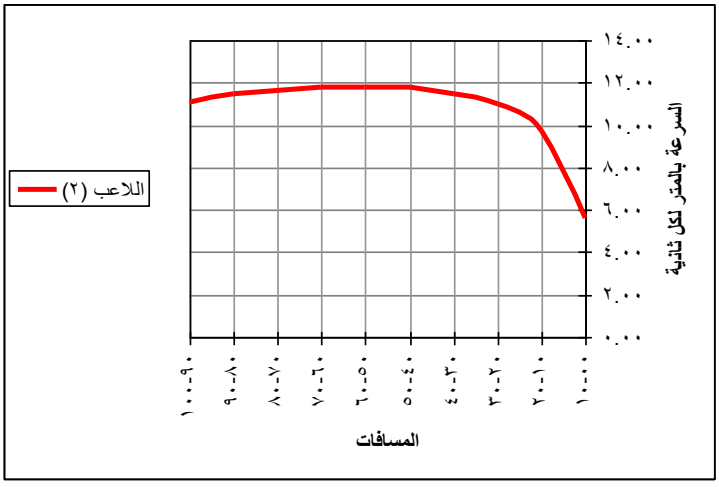
الشكل (٢-١٢) : يوضح المنحنى البياني للزمن وفقا لمسافات السباق للعداء الاول



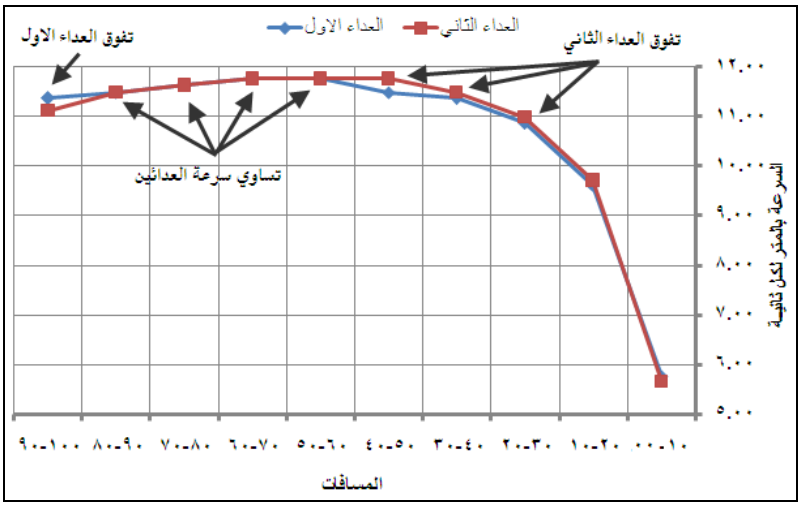
الشكل (٢-١٣) : يوضح المنحنى البياني للزمن وفقا لمسافات السباق للعداء الثاني



الشكل (٢-١٤) : يوضح معدل السرعة للعداء الاول



الشكل (٢-١٥) : يوضح معدل السرعة للعداء الثاني



الشكل (٢-١٦) : منحنى بياني يوضح المقارنة بين العدائين في معدل السرعة

العلاقة بين السرعة والدقة في الأداء الحركي

تعني الدقة القابلية على التحكم بالعمل الإرادي وفقا للتوافق العالي بين الجهازين العصبي والعضلي وكلما كانت وتيرة الاداء المهاري بطيئة كلما ساعدت على التحكم بشكل افضل ، يدفعنا هذا الحديث الى الاستنتاج بان العلاقة ستكون عكسية بين السرعة والدقة ، وتختلف درجة التحكم وفقا للهدف المطلوب بلوغه فالدقة المطلوبة للتصويب في كرة السلة تكون عالية وتتطلب درجة توافق عالية مقارنة بالتهديف في كرة القدم ويأتي السبب المباشر في هذا الاختلاف من مساحة منطقة الدقة (هدف كرة القدم ، سلة التصويب) ووفقا لذلك فان مقادير السرعة تختلف من حالة الى اخرى

لو أردنا دراسة ركلة الجزاء من ناحية المتغيرات الميكانيكية(الكينماتيكية) فهي ركلة حرة مباشرة وبما إن حدوثها داخل منطقة الجزاء فيتعامل معها الحكم كركلة جزاء تؤدى وفق أسس القانون التي تنص على أن يقف اللاعبون على بعد عشرة ياردات عن مكان تواجد الكرة على نقطة الجزاء وان يكون اللاعب المنفذ معرف من قبل الحكم وان لايتحرك حارس المرمى إلى الإمام قبل تنفيذ الركلة وان

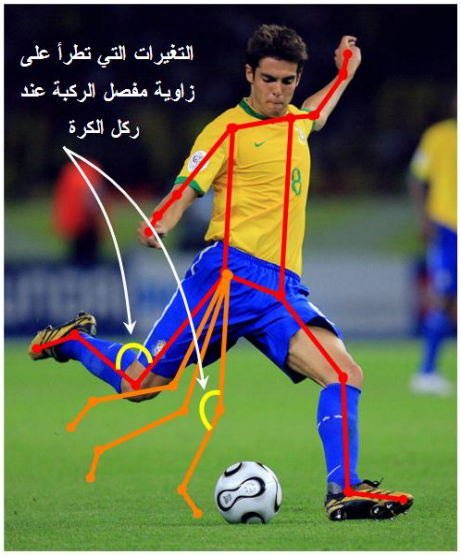
لايدخل معه زميله قبل التنفيذ وان تنفذ الركلة إلى الأمام بعد صفارة الحكم وغيرها من المهام الإدارية التي يقوم بها الحكم والحكم المساعد والمهم في هذا الموضوع هو كيف ندرس هذه المتغيرات ؟

إن عملية التصدي لركلة الجزاء هو ضد القوانين الطبيعية لعلم الفيزياء ... وتفسير الأمر واضح جدا بسبب إن عرض المرمى هو سبعة أمتار واثنان وثلاثون سنتمترا وارتفاعه مترين وأربع وأربعون سنتمترا . .. والمسافة بين خط المرمى ونقطة الجزاء هي احد عشر مترا ومحيط الكرة (٦٨) –(٧٠) سنتمترا .. وان غالبية الكرات التي تسدد من نقطة الجزاء تتراوح سرعتها بين خمس وسبعون إلى تسعون مترا بالثانية أي بوسط حسابي يبلغ ثمانون مترا بالثانية وهذا يعني إن الكرة تصل إلى خط المرمى في اقل من نصف ثانية .. ويحتاج رد فعل أي حارس مرمى بارع إلى ربع ثانية في اقل تقدير زائدا ربع ثانية أخرى ليقفز من منتصف المرمى للوصول إلى الكرة وإبعادها عن المرمى وهذا مستحيل على وفق مايقوله علم البيوميكانيك في تطبيقاته على جسم الكائن البشري ويضاف إلى ذلك ان حارس المرمى يجب ان تكون سرعته (٣٥) متر في الثانية ليصل إلى حافة القائم أو أكثر من (٣٦) مترا في الثانية للوصول إلى الكرة فيما لو اتجهت إلى الزاوية العليا للمرمى وان عداء المائة متر وحده يستطيع أن يصل إلى سرعات قريبة نوعا ما من هذه السرعات . لكن حارس المرمى ليس بعداء اولمبي توجب عليه الحركة نحو الكرة من الثبات والمحصلة النهائية هي ان يتصدى لركلة الجزاء هو أمر صعبا للغاية إن لم يكن مستحيلا حسابيا وفيزيائيا .. لكن الحقيقة مختلفة تماما حيث أجريت دراسة على (٢٨٦) ركلة جزاء سددت في بطولات دولية مختلفة في معظم أرجاء العالم حيث اكتشفوا حقيقة مهمة وهي إن حراس المرمى اللذين لا يتحركون قبل التسديد يتصدون بنجاح لـركلات الجزاء أكثر من اللذين يلقون بأنفسهم نحو إحدى زاويتي المرمى قبل تسديد الكرة كما إن حراس المرمى اللذين يتوجهون إلى جانب معين ينجحون فـي التصدي لركلـة جزاء واحدة مـن أصل كـل

أربع ركلات جزاء .بيما سجلت ثمان ركلات جزاء من أصل عشرة حتى نهاية الدور الاول في بطولة كاس العالم ٢٠١٠ في جنوب أفريقيا وبنسبة ٨٠% ..

في حين إن حراس المرمى الذين يبقون ثابتين في مكانهم يتصدون لستة ركلات من أصل عشرة ..قدتكون الدراسات العلمية صحيحة ويمكن من خلالها شرح الكثير من الظواهر التي درستها الباحثة في جامعة (ايرلانغين) في نورمبينغ (Sandra) التي أشارت إلى ذلك في دراستها في حين نضيف إلى ذلك لما للعامل النفسي الأثر الكبير والواضح في الإخفاق والنجاح وهذه الحقيقة التي يرويها النجوم الذين تعرضوا للإخفاق أو النجاح في ركلاتهم لأنهم يعرفون الحقيقة الكاملة لذلك .

وقد ظهرت فكرة الركلات الترجيحية في عام ١٩٧٠ من قبل الحكم الألماني كارل فالد ، ولقد حسمت الركلات الترجيحية نهائي البرازيل وايطاليا في كأس العالم ١٩٩٤ وكانت هذه أول مرة تطبق فيها فكرة الركلات الترجيحية.



شكل رقم (٢-١٧) : يوضح الكيفية التي يتم بها ركل الكرة والمتغيرات الكينماتيكية

التحليل الميكانيكي لسرعة الركض

يتميز الركض السريع بخاصيتين ميكانيكيتين أساسيتين هما طول الخطوة وترددها (التكرار في وحدة زمنية معينة) ، ويرتبط بالعديد من الشروط الميكانيكية لأداء الخطوة وهي زمن الارتكاز وتكراره (تردد الخطوات ، وزمن الطيران ، وتكراره)هذا ويمكن القول ان معدل السرعة هو ناتج عن طول الخطوة وترددها .

ان معدل السرعة يمكن وضعه وفقا للشكل ادناه :

$$\text{معدل السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{1} \times \frac{1}{\text{الزمن}}$$

$$\text{معدل طول الخطوة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{عدد الخطوات}}$$

$$\text{معدل تردد الخطوة} = \frac{\text{عدد الخطوات}}{\text{الزمن}}$$

ولتطبيق ذلك يتم قياس عدد الخطوات وايجاد معدل طول الخطوة بقسمة عددها على المسافة ولنفرض ان عداء استطاع إنهاء السباق بعدد (٤٥ خطوة)

وعند قسمة المساقة (١٠٠ متر) على عدد الخطوات نحصل على (٢,٢٢ متراخطوة) معدل طول الخطوة ، ويلاحظ ان وحدة قياس معدل طول الخطوة هي (متراخطوة)

$$\text{معدل طول الخطوة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{عدد الخطوات}}$$

$$\text{معدل طول الخطوة} = \frac{١٠٠}{٤٥}$$

معدل طول الخطوة = ٢,٢٢ متراخطوة

أما تردد الخطوات فهو عدد الخطوات في وحدة الزمن أي نقسم عدد الخطوات على الزمن النهائي (الانجاز) والناتج هو (٤,٥٠ خطوةاثانية) أي ان اللاعب يقطع (٤) خطوات ونصف الخطوة في كل ثانية

$$\text{معدل تردد الخطوة} = \frac{\text{عدد الخطوات}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{معدل تردد الخطوة} = \frac{٤٥}{١٠}$$

معدل تردد الخطوة = ٤,٥ خطوةاثانية

أما معدل السرعة فيتم حسابها على الشكل الاتي:

$$\text{معدل السرعة} = ٢,٢٢ \frac{\text{متر}}{\text{خطوة}} \times ٤,٥٠ \frac{\text{خطوة}}{\text{ثانية}}$$

معدل السرعة = ٩,٩٩ مإثا (الاختلاف البسيط جدا يعود الى التجزئة في بعض الارقام)

ويحسب زمن الخطوة من لحظة الارتكاز إلى لحظة قبل التماس للخطوة القادمة (زمن الارتكاز + زمن الطيران) أما طول الخطوة فيمكن حسابه من مشط قدم اليمين إلى مشط القدم اليسار) لحسابات زمن التماس والطيران من مشط القدم اليمين الى كعب القدم اليسار (، وفي حسابات الطول والتردد يحدث في الميدان عند خطة النهاية ان لا تكتمل خطوة أي ان الخطوة تكتمل بعد خط النهاية فيترك معالجة ذلك إلى المحلل مع الأخذ بنظر الاعتبار المسافة بعد خط النهاية وزمن الانجاز.

ان قياس السرعة تم على اعتبار ان الحركة منتظمة (أي ان المسافة الكلية تمت قسمتها على الزمن الكلي) وان القياس الصحيح هو تجزئة المسابقة إلى مسافات كون ان مراحل عدو ١٠٠ متر تبدأ برد الفعل ثم تزايد السرعة ثم السرعة القصوى ثم مطاولة السرعة وتتغير السرعة وفقا لهذه الأجزاء ومن عداء الى اخر وحينذاك تكون الحركة غير منتظمة ويكون حساب السرعة صحيحا . في الجدول ادناه تم حساب السرعة وفقا لطول وتردد الخطوة على اعتبار ان الحركة غير منتظمة ، وحسابها على اساس معدل السرعة على اعتبار ان الحركة منتظمة والجدول يوضح انجاز لثلاث عداءات.

جدول (٢-٢) : يبين طول وتردد الخطوة في نهائيات عدو ١٠٠ متر إناث بطولة برلين ٢٠٠٩

Fraser Shelly-Ann				Stewart Kerron		
المسافات	معدل طول الخطوة	معدل تردد الخطوة	السرعة	معدل طول الخطوة	معدل تردد الخطوة	السرعة
٠ – ٢٠	١,٥٩	٤,١٥	٦,٦	١,٥٩	٤,٠٥	٦,٤٤
٢٠ – ٤٠	٢,٠٩	٤,٩١	١٠,٢٦	٢,١٧	٤,٧	١٠,٢
٤٠ – ٦٠	٢,١٩	٤,٨٢	١٠,٥٦	٢,٢٨	٤,٦٥	١٠,٦
٦٠ – ٨٠	٢,١٨	٤,٨٦	١٠,٥٩	٢,٣٣	٤,٦٢	١٠,٧٦
٨٠ – ١٠٠	٢,٢	٤,٦٥	١٠,٢٣	٢,٤٢	٤,٢٨	١٠,٣٦
معدل السرعة كحركة غير منتظمة			٩,٦٥			٩,٦٧
معدل السرعة كحركة منتظمة			٩,٣٢			٩,٣
زمن رد الفعل			٠,١٥			٠,١٧
الانجاز			١٠,٧٣			١٠,٧٥

وعندما نطلب من العداء في تقنين شدته إلى ٩٥% فانه (وبنسبة إدراك معينة منه) سيجري بعض التعديلات على أطوال الخطوات وترددتها لكي ينهي سباقه بزمن أكبر من زمنه السابق أو بسرعة اقل من سرعته السابقة لإغراض التكرار، فهل يمكن تدريب العداء وفقا لطول وتردد الخطوات ؟ نعم هناك مجموعة من الدراسات اهتمت بإطالة الخطوة أو زيادة ترددها وكان الغرض منها هو تطوير السرعة ، كما استخدمت العديد من الدراسات المرتفعات صعودا ونزولا لغرض تطوير وكسر حاجز السرعة.

يقع على العداء واجب التوافق بين طول الخطوة وترددها إذ تكون الخطوات الأولى قصيرة وتتغلب زمن الارتكاز على زمن الطيران وما يلبث ان يتغير هذا التوقيت فتطول الخطوات ويقل زمن الارتكاز وتعتمد ذلك في بعض المسابقات على اعتدال الجذع ويلاحظ ان السرعة القصوى يمكن اكتشافها من خلال تساوي أطوال الخطوات كل هذه الأمور يجب الأخذ بها وتوقيتها وفقا للعمل العصبي العضلي.

وطالما ان معدل السرعة يقيس عاملين بينهما علامة الضرب إذن يمكن ان يزيد احد العاملين مع نقصان العامل الأخر للحصول على السرعة نفسها وهذا يعود إلى الفروق الفردية في عاملي الطول والقوة المبذولة بين العدائين.

التعجيل (Acceleration)

يعرف بانه المعدل الزمني لتغير السرعة ، او المعدل الزمني للزيادة او النقصان في السرعة ويسمى بالتعجيل السلبي او الايجابي وهو من الكميات الميكانيكية المتجهة ووحدات قياسه هي م/ثا^{٢} او سم/ثا^{٢}

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}}$$

او

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{السرعة النهائية} - \text{السرعة الابتدائية}}{\text{الزمن}}$$

ان وحدة التعجيل هي عبارة عن وحدة سرعة مقسومة على وحدة زمن.

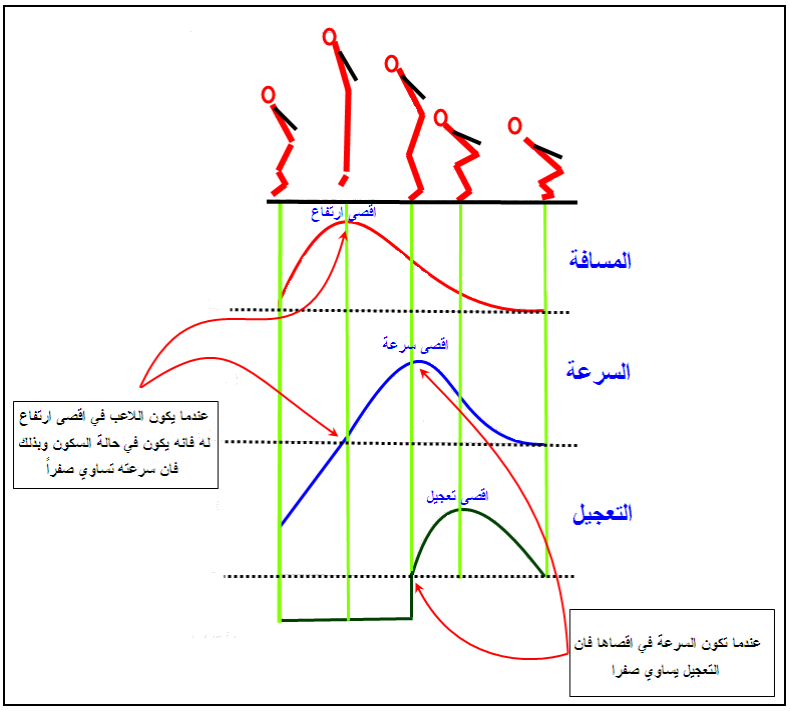
وهناك بعض المصطلحات التي ترافق التعجيل منها سرعة التعجيل وهي تختلف من سباق الى آخر وفقا للجهد الذي يبذله الرياضي من جهد حقيق .

أما قوة التعجيل يشار به إلى المرحلة التي تبذل فيها القوة للوصول الى بداية التعجيل بعد الانطلاق من الثبات

والتعجيل كمية ميكانيكية متجهه يجب ذكر مقدارها واتجاهها ومن الممكن ان يكون التعجيل ثابتا أو متغيرا ، فالتعجيل الثابت تكون السرعة بمقادير متساوية خلال فترات زمنية أي بسرعة ثابتة أو متساوية التزايد وبزمن معلوم عند ذلك يكون مسار التعجيل ثابتا .

العلاقة بين المسافة والسرعة والتعجيل

في الشكل التالي يتم توضيح اختبار القفز العالي من الثبات ويلاحظ بان مسار نقطة مفصل الورك سيتحرك الى الاعلى ثم يرجع الى نقطة البداية ، اما في حالة الركض او المشي من الثبات فان المسافة تقدر بالأمتار طولا وليس ارتفاعا وسنلاحظ ارتفاع وانخفاض في مسار نقطة الورك وفقا لمرحلتي الارتكاز الامامي والخلفي اذ ان مفصل الركبة ستنثني بعد وضعه على الارض وصولا الى اقصى انثناء ثم تبدأ هذه الزاوية بالانفراج وفي لحظة اجتياز مركز كتلة الجسم للخط العمودي الوهمي القائم على رجل الاستناد وزيادة الانفراج في زاوية الركبة تؤدي الى ارتفاع مسار نقطة الورك ، ولذلك فان مسار نقطة الورك سيكون على شكل منحني في تزايد وتناقص ووفقا لذلك فان السرعة ستظهر على شكل مسار منحني أي في المشي والركض نجد اكثر من منحني ويتناوب التعجيل وفقا لذلك.



شكل رقم (٢-١٨) : يوضح العلاقة بين المسافة و السرعة والتعجيل

ونستنتج من الشكل اعلاه ان التعجيل يكون صفرا عندما تصل السرعة الى اقصاها ، كما ان السرعة تكون صفرا عندما يحدث سكون للجسم في اعلى نقطة.

العلاقة بين السرعة والتعجيل

ان حركة اللاعب تتأثر بالتزايد او النقصان تحت تأثير أنواع مختلفة من القوى لذلك من المهم معرفة متغيرات السرعة على أساس فترات زمنية محددة . ومن أمثلة ذلك عداء ١٠٠ متر يبدأ بالانطلاق عند سماع إشارة البدء ثم يبدأ بزيادة سرعته الى أقصى درجة ممكنه وعند الوصول الى أقصى قدراته ألبدنيه يستمر بهذه السرعة ويحاول الحفاظ عليها قدر الإمكان وفي هذه الحالة تبدأ سرعته بالتناقص (في الجزء الأخير من السباق).

جدول (٢-٣) يبين نتائج العدائين (بولت) و (باول) في بطولة برلين ٢٠٠٩

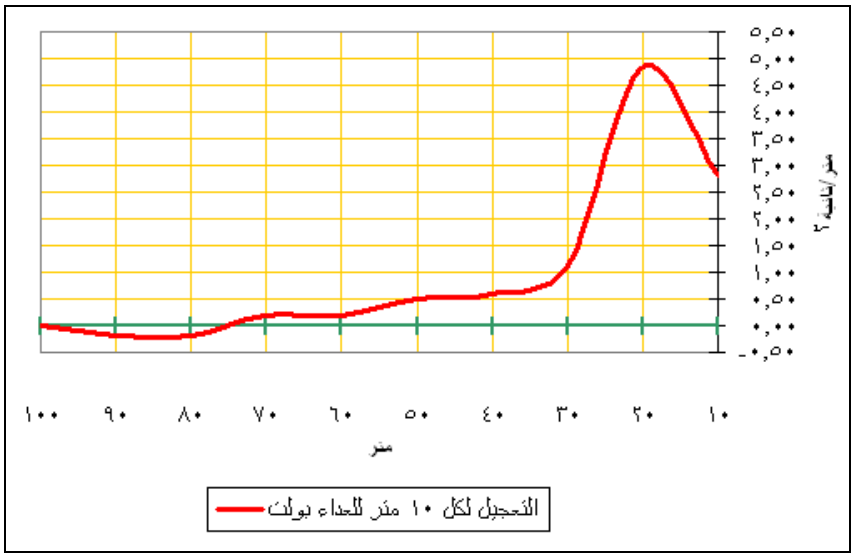
المسافة	الزمن		معدل السرعة	
	Bolt	Powell	Bolt	Powell
١٠	١,٨٩	١,٨٧	٥,٢٩	٥,٣٥
٢٠	٢,٨٨	٢,٩	١٠,١	٩,٧١
٣٠	٣,٧٨	٣,٨٢	١١,١١	١٠,٨٧
٤٠	٤,٦٤	٤,٧	١١,٦٣	١١,٣٦
٥٠	٥,٤٧	٥,٥٥	١٢,٠٥	١١,٧٦
٦٠	٦,٢٩	٦,٣٩	١٢,٢	١١,٩
٧٠	٧,١	٧,٢٣	١٢,٣٥	١١,٩
٨٠	٧,٩٢	٨,٠٨	١٢,٢	١١,٧٦
٩٠	٨,٧٥	٨,٩٤	١٢,٠٥	١١,٦٣
١٠٠	٩,٥٨	٩,٨٤	١٢,٠٥	١١,١١

جدول (٢-٤) يبين التعجيل للعداء الجاميكي (بولت) في بطولة برلين ٢٠٠٩

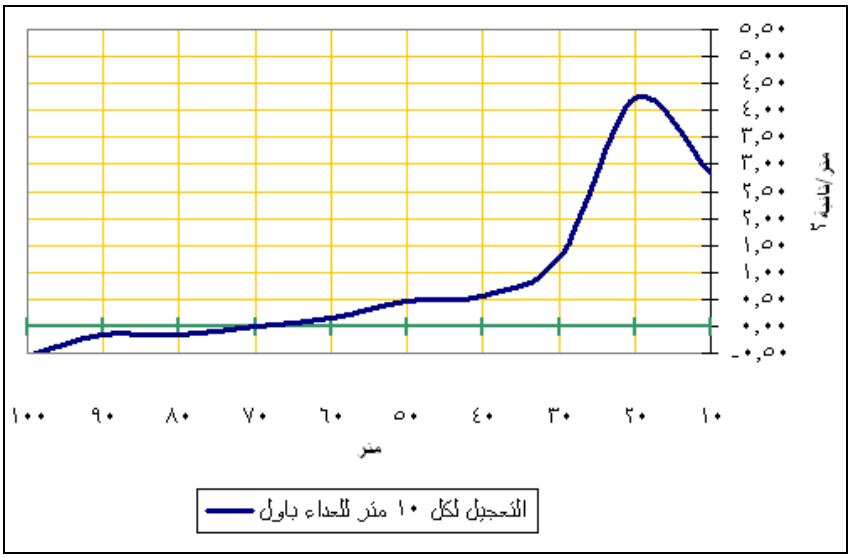
المسافات	الازمنة	السرعة	فرق الزمن	فرق السرعة	التعجيل
١٠	١,٨٩	٥,٢٩	١,٨٩	٥,٢٩	٢,٨
٢٠	٢,٨٨	١٠,١	٠,٩٩	٤,٨١	٤,٨٦
٣٠	٣,٧٨	١١,١١	٠,٩	١,٠١	١,١٢
٤٠	٤,٦٤	١١,٦٣	٠,٨٦	٠,٥٢	٠,٦
٥٠	٥,٤٧	١٢,٠٥	٠,٨٣	٠,٤٢	٠,٥١
٦٠	٦,٢٩	١٢,٢	٠,٨٢	٠,١٥	٠,١٨
٧٠	٧,١	١٢,٣٥	٠,٨١	٠,١٥	٠,١٩
٨٠	٧,٩٢	١٢,٢	٠,٨٢	٠,١٥-	٠,١٨-
٩٠	٨,٧٥	١٢,٠٥	٠,٨٣	٠,١٥-	٠,١٨-
١٠٠	٩,٥٨	١٢,٠٥	٠,٨٣	٠	٠

جدول (٢-٥) يبين التعجيل للعداء (باول) في بطولة برلين ٢٠٠٩

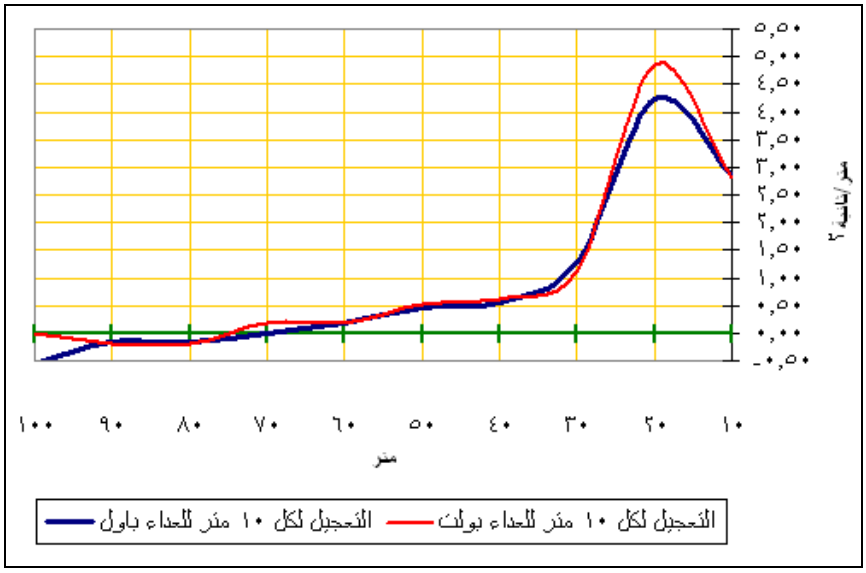
المسافات	الازمنة	السرعة	فرق الزمن	فرق السرعة	التعجيل
١٠	١,٨٧	٥,٣٥	١,٨٧	٥,٣٥	٢,٨٦
٢٠	٢,٩	٩,٧١	١,٠٣	٤,٣٦	٤,٢٣
٣٠	٣,٨٢	١٠,٨٧	٠,٩٢	١,١٦	١,٢٦
٤٠	٤,٧	١١,٣٦	٠,٨٨	٠,٤٩	٠,٥٦
٥٠	٥,٥٥	١١,٧٦	٠,٨٥	٠,٤	٠,٤٧
٦٠	٦,٣٩	١١,٩	٠,٨٤	٠,١٤	٠,١٧
٧٠	٧,٢٣	١١,٩	٠,٨٤	٠	٠
٨٠	٨,٠٨	١١,٧٦	٠,٨٥	-٠,١٤	-٠,١٦
٩٠	٨,٩٤	١١,٦٣	٠,٨٦	-٠,١٤	-٠,١٦
١٠٠	٩,٨٤	١١,١١	٠,٩	-٠,٥٢	-٠,٥٧



شكل رقم (٢-١٩) : يوضح المنحنى البياني للتعجيل للعداء (بولت) بطولة برلين ٢٠٠٩



شكل رقم (٢-٢٠) : يوضح المنحنى البياني للتعجيل للعداء (باول) بطولة برلين ٢٠٠٩



شكل رقم (٢-٢١) : منحنى بياني يوضح المقارنة بالتعجيل بين للعداء (يولت وباول)

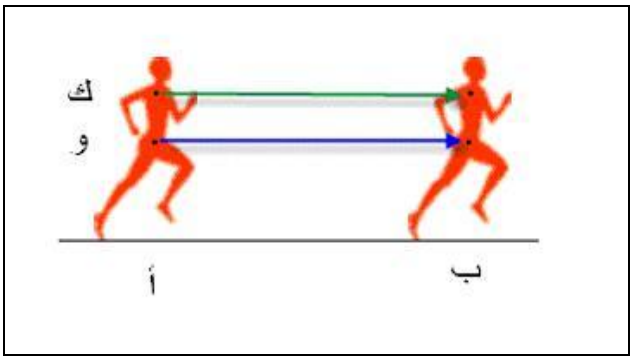
من الأشكال السابقة يمكن وصف التعجيل بأنه السرعة التي يكتسبها الجسم تحت تأثير قوة خارجية يتحرك بها وتكون في حالة تزايد في بداية السباق ثم يتناقص وفقا لميل السرعة الى الثبات حتى يصل الى قيمة الصفر عندما تثبت او تتكرر قيمة السرعة وتبقى العلامة موجبة (+) ولكن تقل مقاديرها ثم تبدأ السرعة بالتناقص بعد انتهاء قابلية العداء في الاحتفاظ بالمقدار نفسه من السرعة فتكون علامة التعجيل (−).

المسافة والازاحة الزاوية (الدائرية)

جميع الحركات التي تؤدى على محور وهمي أو حقيقي، خارجي أو داخلي فإنها حركات دائرية.

إن لأية دائرة بداية ونهاية، ومن المعروف أن زاوية أية دائرة هي (٣٦٠ درجة) تبدأ من (الصفر) بعكس عقرب الساعة وتنتهي في (٣٦٠ درجة).

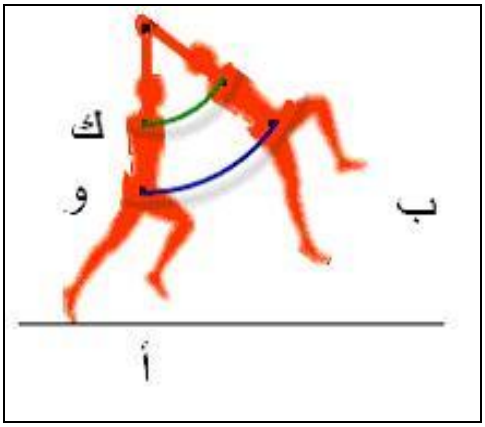
النقطة التي تتحرك على محيط الدائرة تمتلك سرعة تسمى بالسرعة المحيطية أو الدائرية ووحدتها تماثل وحدة السرعة الخطية (متر/ثانية) ، ولغرض توضيح السرعة المحيطية ومقارنتها بالسرعة الخطية فإننا نلاحظ المثال الأتي.



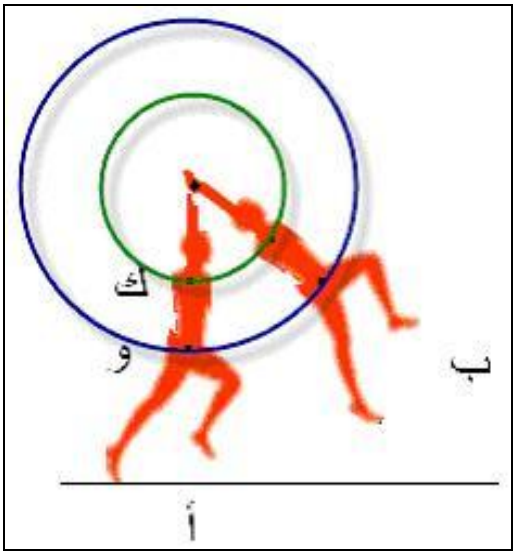
شكل رقم (٢−٢٢) : يوضح المسار الخطي لمفصل الورك والكتف في الركض

لو تحرك لاعب من نقطة (أ) إلى نقطة (ب) وشخصنا نقطتان في جسم اللاعب وهما نقطة الورك (و) ونقطة الكتف (ك)، فان المسافة المقطوعة لكلتا النقطتين تكون متساوية وبما أن النقطتين تحركتا في الوحدة الزمنية نفسها فإننا نستطيع الجزم بان سرعة النقطتين متساوية، أي إن سرعة نقطة الورك تساوي سرعة نقطة الكتف.

أما إذا راقبنا هاتين النقطتين على اللاعب نفسه وهو يؤدي المرجحة على جهاز العقلة وكما في الشكل التالي ، فاننا نلاحظ اختلاف في مدى حركة النقطتين فالمدى الحركي لنقطة الورك اكبر من المدى الحركي لنقطة الكتف أو بصياغة أخرى فان المسافة التي تتحركها نقطة الورك اكبر من المسافة التي تتحركها نقطة الكتف، قارن الاشكال التالية .



شكل رقم (٢-٢٣) : يوضح المسار الدائري لمفصل الورك والكتف في المرجحة على العقلة

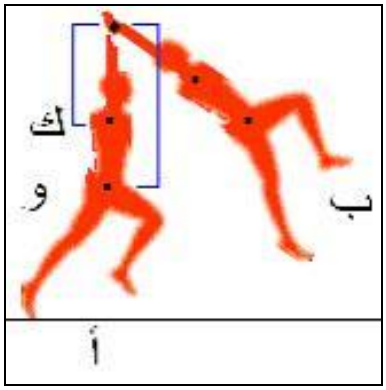


شكل رقم (٢-٢٤) : يوضح الدوائر التي يمكن رسمها لمفصل الورك والكتف في المرجحة على العقلة

فلو تحركت نقطة (و) من منطقة (أ) ووصلت إلى منطقة (ب) فإنها ستكون قطعت مسافة اكبر من مسافة نقطة (ك)، ورغم أن النقطتين تحركتا في الوحدة الزمنية نفسها الا ان سرعة النقطة (و) لا تساوي سرعة النقطة (ك)، وهذا هو الاختلاف الثاني بين الحركات الخطية والحركات الدائرية، فالاختلاف الأول وجود المحور. اما الاختلاف الثاني فهو نصف القطر

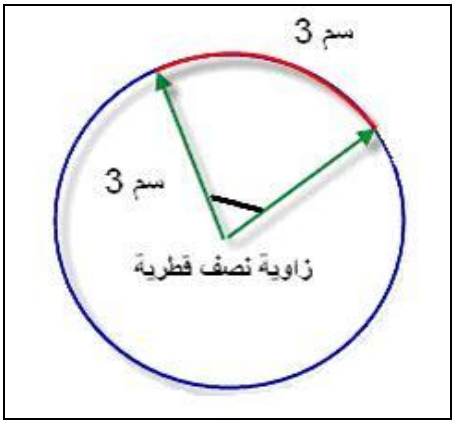
إن الفروق التي يمكن ملاحظتها بين النقطتين (و) و (ك) يمكن إيجازها بما يأتي

١- مدى حركة (و) اكبر من مدى حركة (ك)
٢- بعد نقطة (و) اكبر من بعد نقطة (ك)
٣- سرعة نقطة (و) اكبر من سرعة نقطة (ك)



شكل رقم (٢-٢٥) : يوضح اختلاف ابتعاد لمفصل الورك والكتف من محور العقلة

وهناك اتفاق واحد بين النقطتين وهي أنهما تتحركان في الزاوية نفسها (هـ)، كما موضح في الشكل أدناه



شكل رقم (٢-٢٦) : يوضح موقع الزاوية نصف القطرية

والتساؤل المهم ، هل يمكن حساب سرعة هاتين النقطتين ؟ الجواب :نعم ، اذ سيتم دراستها وفقا للزوايا وتسمى السرعة التي تقيس الزاوية في وحدة الزمن بالسرعة الزاوية وقانونه :

$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{\text{قيمة الزاوية}}{\text{الزمن}} \quad \text{---- (١)}$$

وهذا القانون لا يكون صحيحا في إجراء المقارنة بين سرعتي النقطتين لأنهما يحدثان على نفس الزاوية وفي الزمن نفسه أي أن سرعتهما الزاوية هي نفسها وبوحدة (درجةاثانية) ، فمن الأفضل الاستفادة من الاختلافات بين النقطتين ، أي أن نستخدم (طول القوس) لأنه متباين عند النقطتين وكذلك (نصف القطر) أي البعد عن المحور وهو أيضا متباين لدى النقطتين.

سنلجأ إلى الزاوية نصف القطرية لأنها تعرف بأنها (النسبة بين طول القوس ونصف القطر)

الزاوية = طول القوس \ نصف القطر - - - - (٢)

إن الزاوية أعلاه تسمى بالزاوية نصف قطرية ، وتعرف الزاوية نصف قطرية بانها الزاوية التي تقابل قوسا طوله يساوي طول نصف القطر.

إذا استخدمنا الزاوية هذه بدلا من الزاوية في القانون (١) سنحصل على مكسبين أولهما أننا سنعطي بدقة تحرك كل نقطة وفقا لمداها وبعدها ، وثانيا إن الوحدة الحالية لقيمة الزاوية سوف لن تكون بوحدة الدرجة وهذا سيساعدنا (لاحقا) في اشتقاق معادلة للسرعة المحيطية.

إن وحدة الزاوية في المعادلة رقم (١) بالدرجة أما قيمة الزاوية في المعادلة رقم (٢) فإنها بدون وحدة لان طول القوس بالمتر أو السنتمتر وكذلك وحدة نصف القطر فتكون وحدة هذه الزاوية هي (م\م=١). اما المساحة المحصورة بين ضلعي نصف القطر وطول القوس تسمى بالقطاع ، ونلاحظ وجود عدد (٦,٢٨) قطاعا في الدائرة الواحدة وزاوية كل قطاع (زاوية نصف قطرية) هي ٥٧,٣٢٤ درجة

علاقة السرعة المحيطية بالسرعة الزاوية

نفترض بان

السرعة المحيطية = السرعة الزاوية

أي أن م / ثا = درجة / ثا

وهذا لا يجوز فيجب أن تكون الوحدات متشابهة في طرفي المعادلة.

نعرف مسبقا بان

$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{\text{قيمة الزاوية}}{\text{الزمن}}$$

أما قيمة الزاوية التي سنعتمدها فهي الزاوية الموجودة في المعادلة رقم (٢) أي الزاوية النصف قطرية

$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{\text{الزاوية نصف قطرية}}{\text{الزمن}} \quad - - (٢)$$

نحتاج إلى قياس بوحدة المتر أو السنتمتر، تحدثنا سابقا إننا لا نستطيع مقارنة نقطتان تبتعدان عن بعضيهما على نفس المحور وعلى نفس خط العمل بسبب اختلاف أنصاف الأقطار، إذن يمكننا اعتماد نصف القطر في المعادلة وطالما إن نصف القطر تتناسب طرديا مع السرعة فان أفضل مقياس نعتمده هو نصف القطر.

$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{١}{\text{ثا}} \times \text{م}$$

$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{\text{م}}{\text{ثا}}$$

ألان

السرعة المحيطية = السرعة الزاوية × نصف القطر - - - - - - (٣)

من المعادلة أعلاه نستنتج ما يأتي

١- إن السرعة المحيطية تتناسب طرديا مع نصف القطر بثبات السرعة الزاوية

٢- إن السرعة المحيطية تتناسب طرديا مع السرعة الزاوية بثبات نصف القطر

ولكي نثبت ذلك نفترض السؤال آلاتي:

تحرك جسم من نقطة (أ) إلى نقطة (ب) بزمن قدره (٠,٣ ثا) وقطع زاوية مقدارها (٩٠درجة) وكان بعد هذا الجسم عن محور الدوران (٠,٠٦ متر). احسب السرعة المحيطية واحسب السرعة المحيطية عند مضاعفة نصف القطر.

الحل:

نحول قيمة الزاوية من وحدة الدرجة إلى وحدة نصف قطرية

الزاوية = طول القوس \ نصف القطر

طول القوس = ٩٠×٠,٠٦

= ٥,٤ م.درجة

نقسم الرقم أعلاه على قيمة القطاع (درجة الزاوية نصف القطرية والبالغة ٥٧,٣ وهي ثابتة فنتخلص من وحدة الدرجة

$$\text{طول القوس} = \frac{٥,٤}{٥٧,٣}$$

طول القوس = ٠,٠٩ م

$$\text{قيمة الزاوية نصف قطرية} = \frac{٠,٠٩}{٠,٠٦}$$

قيمة الزاوية نصف قطرية = ١,٥ بدون وحدة

$$\text{السرعة المحيطية} = \frac{١,٥}{٠,٣} \times ٠,٠٦$$

السرعة المحيطية = ٠,٣٠ م\ثا

أما إذا كان نصف القطر (٠,٠٦×٢=٠,١٢)

طول القوس=٩٠×٠,١٢

طول القوس = ١٠,٨ درجة.م

$$\text{طول القوس} = \frac{١٠,٨}{٥٧,٣}$$

طول القوس = ٠,١٩ م

$$\text{قيمة الزاوية نصف قطرية} = \frac{٠,١٩}{٠,١٢}$$

قيمة الزاوية نصف قطرية = ١,٥٨ بدون وحدة

$$\text{السرعة المحيطية} = \frac{١,٥٨}{٠,٣} \times ٠,١٢$$

السرعة المحيطية = ٠,٦٣ م\ثا

أي بمضاعفة نصف القطر تتضاعف السرعة المحيطية ، ولاحظ بان قيمة الزاوية نصف قطرية بقيت كما هي

في الدائرة الواحدة فان الزاوية تساوي ٣٦٠ درجة لذلك فان أية مسافة زاوية ستكون مساوية للإزاحة الزاوية مثلما في ركض المستقيم (١٠٠ متر مثلا) باستثناء الدورة الكاملة فإنها تبدأ من نقطة الصفر وتنتهي في نقطة ٣٦٠ درجة فان إزاحتها (صفر) مثلما تحدث في ركض (٤٠٠ متر) ، وحتى الزاوية ٣٥٩ فان مسافتها الزاوية تساوي إزاحتها الزاوية ، فمثلا ان الإزاحة الزاوية لدرجة ٩٠ هي نفسها . أما الدرجة ٣٧٠ فان إزاحتها (٣٦٠-٣٧٠ = ١٠ درجة)

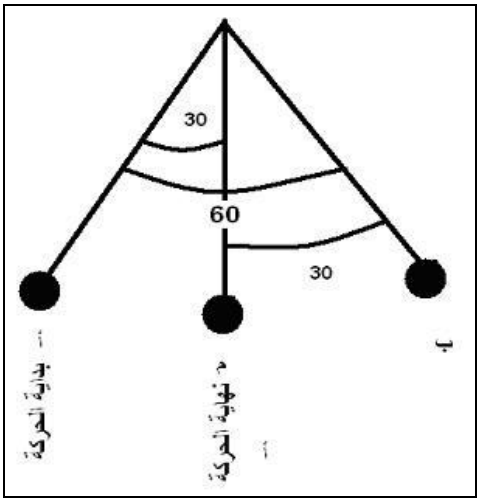
أما إذا تكررت هذه الدورة مثلا لعدة مرات فان الإزاحة الزاوية تكون لمرة واحدة مطرقة تدور ٣ دورات ، إذا علمنا إن كل دورة هي ٣٦٠ درجة فان المسافة الزاوية هي (٣٦٠ × ٣)

أما الإزاحة الزاوية فهي (٣٦٠ × ١)

في البندول الأمر يختلف فإننا نمسك الخيط او الجزء الذي سيتأرجح ثم نطلقه فيذهب من نقطة (أ) إلى نقطة (ب) مارا من منتصف المسافة (م) وسيتكرر ذلك ولكن البندول سيستقر في (م) فان الإزاحة الزاوية هي (أ إلى م) أما المسافة الزاوية فهي كل المدى

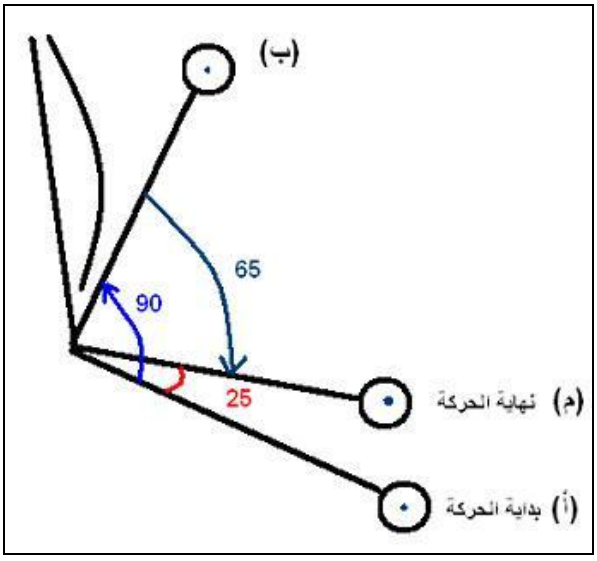
المسافة الزاوية = (٣٠+٦٠)

الازاحة الزاوية = ٣٠



شكل رقم (٢-٢٧) : يوضح الزوايا المتوقعة في مرجحة حرة لجسم (بندول)

وكذلك فان تمرين (كيرل) ثني ومد الدمبلص من نقطة (أ) الى نقطة (ب) ثم الرجوع الى النقطة (م) فان الإزاحة الزاوية تحسب حسب مسألة البندول.

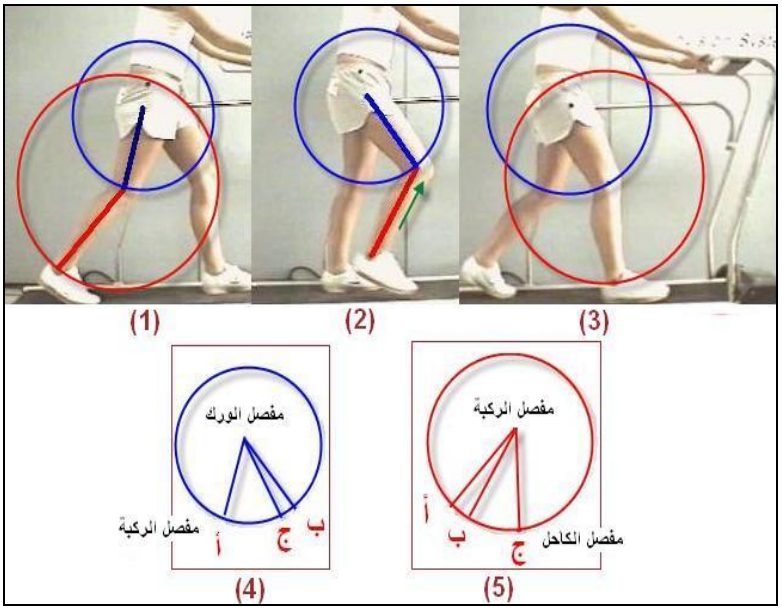


شكل رقم (٢-٢٨) : يوضح الزوايا المتوقعة في تمرين رفع الثقل على الذراع (كيرل)

الذراع تبدأ بالثني من نقطة (أ) بداية الحركة فتصل إلى أقصى ثني في نقطة (ب) نهاية الثني تكون قد قطعت زاوية مقدارها (٩٠ درجة) ثم ترجع إلى الزاوية ٦٥ درجة نهاية الحركة وبذلك تكون قد قطعت مسافة زاوية مقدارها (٩٠+٦٥) أما الإزاحة الزاوية فهي (٢٥ درجة) وهي قيمة الزاوية بين بداية الحركة ونهايتها. أي اننا نحدد نقطتين هما بدأ الحركة ثم انتهائها.

تحليل مسار نقطتين في الجسم عند الركض على جهاز الحزام السيار

في الصور أدناه رياضي يتمرن على جهاز الحزام السيار ، تم تشخصين مفصلي الركبة والكاحل لدراسة مسارهما ، وهما يمثلان نقطتين على محيطين لدائرتين مختلفتين في المساحة فالركبة تمثل مركز لدائرة تسير على محيطها الكاحل ، أما الورك فتمثل مركز لدائرة تسير على محيطها مفصل الركبة ، ونلاحظ من خلال الصور ما يأتي



شكل رقم (٢-٢٩) : يوضح مسار نقطتين في الجسم عند الركض على جهاز الحزام السيار

– الصورة رقم (١) بداية الحركة نلاحظ دائرة كبيرة لمفصل الكاحل ودائرة صغيرة لمفصل الركبة ، وسبب ذلك ان الساق اطول من الفخذ

– الصورة رقم (٢) اثناء الحركة نلاحظ ان اتجاه حركة الكاحل يكون بشكل مباشر الى مركز الدائرة مما يجعلنا نتوقع ان المسار على محيط الدائرة سيكون صغيرا ويتزامن مع هذا الحدث انتقال كبير في مسار الركبة ، يلاحظ الصورة رقم (٤) المسافة بين نقطة (أ وب) للركبة ويقارن مع المسافة بين النقطتين نفسهما في الصورة (٥) اذ نجد ان المسافة قليلة بين (أ و ب) وهذا يعود لعدم وجود مرجحة في الساق وانما رفع مباشر من خلال الفخذ.

– الصور رقم (٣) يحدث مرجحة في الساق وتتجه الركبة في حركة الى الخلف (قارن مع الصورة رقم (٤) لتجد ان (ج) وهي نهاية الحركة ستكون قبل (ب) كحدث مكاني وليس زماني) ، اما في الصورة رقم (٥) فنجد ان الحدث المكاني بين (ب و ج) حدث متسلسل . علما ان اتجاه الحركة من اليمين الى اليسار.

ونستنتج من ذلك ان الازاحة الزاوية للركبة هي (أ) و (ج) ، اما للكاحل فهي ايضا (أ) و (ج) ولكنهما مختلفان في الحدث المكاني ومتفقان في الحدث الزماني وان الازاحة الزاوية في الصورة (٤) والخاصة بمفصل الركبة اصغر من الازاحة الزاوية في الصورة رقم (٥) لمفصل الكاحل مناسب لتلك اللعبة.

المقذوفات في المجال الرياضي

أي أداة أو جسم يكسر اتصاله مع شيء أخر وبزاوية معينة يسمى أو تسمى مقذوف ، فمثلا لاعب الوثب الطويل يكسر اتصاله مع لوحة الارتقاء في مرحلة الارتقاء بزاوية معينة وهنا نطلق على اللاعب مصطلح مقذوف ، كذلك عند المناولة في كرة السلة او الاعداد في الكرة الطائرة فان الاداة يكسر اتصاله مع يد

اللاعب فتسمى الكرة مقذوف ، ولايختلف الموضوع كثيرا عندما يطلق الحكم في بداية الشوط كرة السلة الى الاعلى فان الكرة ستنطلق إلى الأعلى بزاوية قائمة (الطيران الحر) وبسرعة معينة تتباطأ وتتوقف ثم تبدأ بالرجوع بتسارع إلى نقطة انطلاقها او نقطة اعلى من نقطة انطلاقها (السقوط الحر) وكذلك يحدث عند لاعب الترامبولين واللاعب الذي يؤدي مهارة الضرب الساحق بالكرة الطائرة والفرد الخاضع لاختبار سارجنت (الوثب العمودي) ، ان هذا العمل بشكل بسيط سيقع تحت تأثير قانون الجذب ، والذي ينص على ان الأداة أو الجسم يسقط في الفراغ بتعجيل ثابت مقداره (٩,٨١) متر في الثانية لكل ثانية، ومثلما أسلفنا سابقا فان كرة السلة عند سقوطها من السكون فان سرعتها ستبلغ بعد ثانية واحدة (٩,٨١)م/ثا وفي الثانية الثانية تصبح سرعتها (٩,٨١+٩,٨١=١٩,٦٢) ، فلو استغرقت الكرة عند سقوطها زمنا قدره (٣ ثانية) فانها ستصدم الأرض بسرعة مقدارها (٢٩,٤٣ م/ثا). وفقا للقانون:

$$\text{الجذب} = \frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{السرعة} = \text{الجذب} \times \text{الزمن}$$

$$\text{السرعة} = ٩,٨١ \times ٣$$

$$\text{السرعة} = ٢٩,٤٣ \text{ م/ثا}$$

والمقذوفات بزوايا اقل من القائمة تحدث في شكلين اولهما تساوى نقطتي الانطلاق والهبوط والاخر تباين النقطتين ففي تباين النقطتين قد تكون نقطة الانطلاق اعلى من نقطة الهبوط مثلما يحدث في دفع الثقل او رمي الرمح او قد

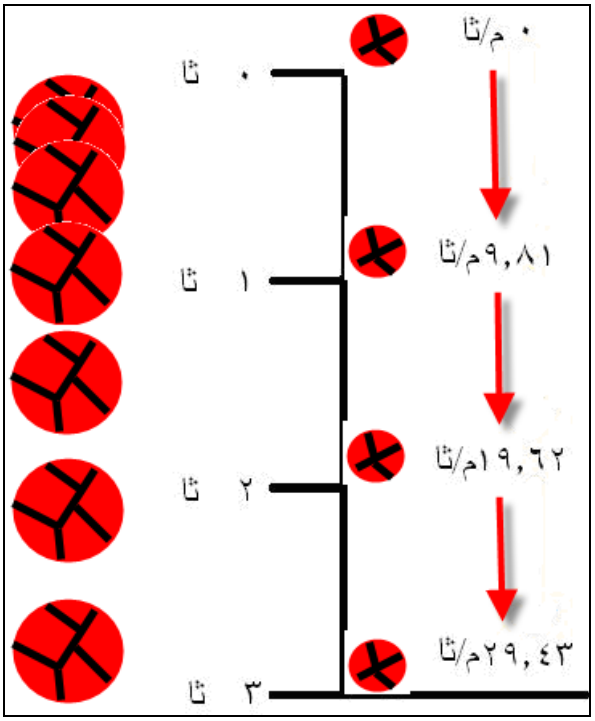
تكون نقطة الانطلاق ادنى من نقطة الهبوط كما يحدث في التصويب بكرة السلة وان فرق الارتفاع يحسب (ارتفاع نقطة الانطلاق – ارتفاع نقطة الهبوط) لذلك فاننا نتوقع ان يكون فرق الارتفاع في الحالة الاولى (دفع الثقل) بالموجب الا انه في الحالة الثانية (التصويب بكرة السلة) فان فرق الارتفاع يكون بالسالب.

إن الهدف من حركة الأجسام ألمقذوفه هو تحقيق ابعد مسافة أفقية ، ولحساب المتغيرات المؤثرة في حركة المقذوفات وبالتالي المسافة التي تقطعها لابد من تحديد هذه المتغيرات وهي :

١- الزمن الذي يستغرقه المقذوف.

٢- أقصى ارتفاع يبلغه الجسم المقذوف.

٣- المسافة الأفقية التي يقطعها الجسم المقذوف.



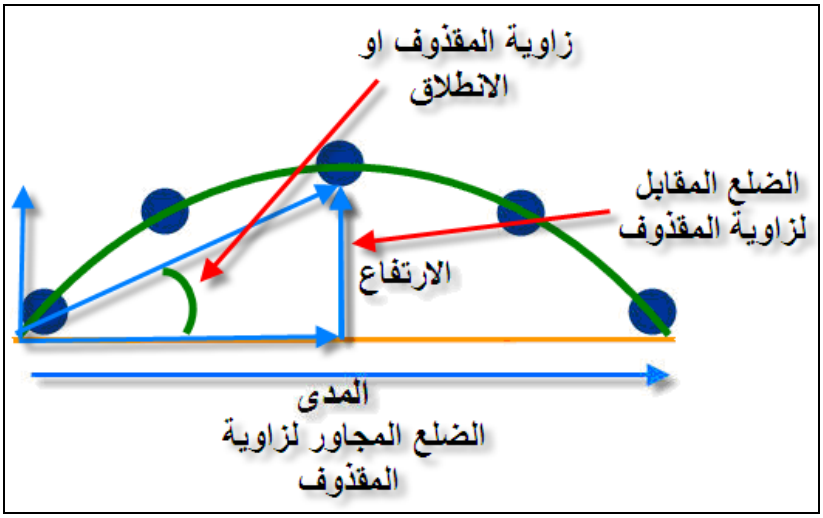
شكل رقم (٢-٣٠) : يوضح السقوط الحر لكرة السلة

وأدناه مجموعة من النقاط التي يمكن ملاحظتها على المقذوفات بزوايا مثل ركل كرة القدم أو رمي الرمح أو أداء الوثب الطويل وغيرها.

١- أي مقذوف يمتلك مصطلحين أولهما (المدى) ويقصد به المسافة الأفقية لمسار المقذوف ، والمصطلح الأخر هو (الارتفاع) ويقصد به المسافة العمودية للمقذوف.

٢- لكل من المصطلحين زمنين مختلفين فزمن الوصول إلى أقصى ارتفاع (المسافة العمودية) يختلف عن الزمن الكلي الذي استغرقه المدى أو المسافة الأفقية أو زمن الطيران.

٣- ان العلاقة بين المسافة والزمن تحكمها مصطلح السرعة ، وبذلك فان



شكل رقم (٢-٣١) : يوضح مصطلحات المقذوف

المسافة الأفقية أو العمودية = السرعة المحصلة × زمن المسافة الأفقية أو العمودية

٤- مصطلح الجذب الأرضي يتعامل مع الارتفاع العمودي وليس له علاقة بالمدى أو المسافة الأفقية.

٥- طالما ان الارتفاع العمودي أو السرعة العمودية تحددها الجذب الأرضي فأن زمن الوصول الى اقصى ارتفاع (الارتفاع العمودي) يتم حسابه بوجود الجذب الأرضي.

٦- ان الارتفاع العمودي هو الضلع المقابل لزاوية المقذوف وبذلك فان المسافة العمودية او السرعة العمودية تعامل مع جيب الزاوية.

٧- ان المدى الأفقي هو الضلع المجاور لزاوية المقذوف وبذلك فان المسافة الافقية او السرعة الافقية تعامل مع جيب تمام الزاوية.

٨- يتم حساب أقصى ارتفاع يصله المقذوف من خلال القانون الأتي

$$\text{أقصى ارتفاع} = \frac{(\text{السرعة} \times \text{جيب الزاوية})^2}{2 \times \text{الجذب}}$$

٩- يتم حساب زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع يصله المقذوف من خلال القانون الأتي:

$$\text{زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع} = \frac{\text{السرعة} \times \text{جيب الزاوية}}{\text{الجذب}}$$

١٠- من المتوقع ان أقصى ارتفاع يكون في منتصف المدى على اعتبار ان للمقذوف مسار على شكل قطع مكافئ ، وعليه فأن زمن طيران الأداة يحسب من الفقرة (٩) وذلك بضربها في (٢) وهو زمن المدى الأفقي أو الطيران. وعليه فان الزمن يحسب وفقا للقانون ادناه

$$\text{زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع} = ٢ \times \frac{\text{السرعة} \times \text{جيب الزاوية}}{\text{الجذب}}$$

١١- يتم حساب المسافة الأفقية وفقا للقانون ادناه:

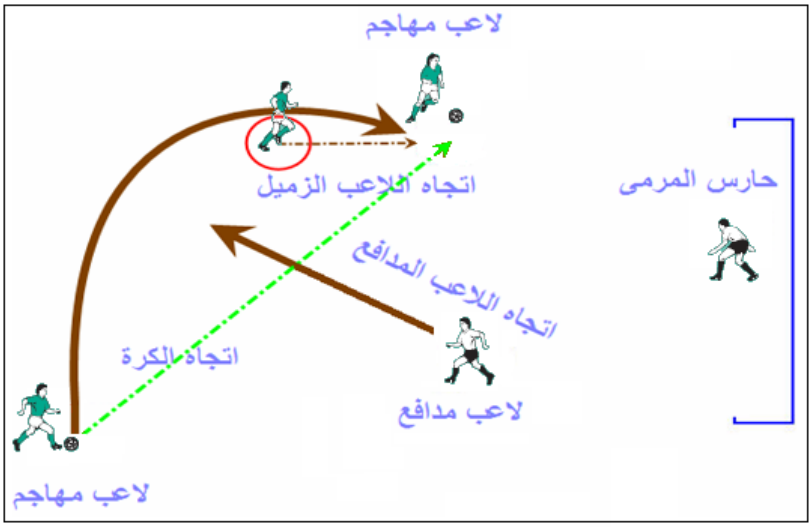
$$\text{المسافة الأفقية} = \text{السرعة المحصلة} \times \text{جيب تمام زاوية المقذوف} \times \text{الزمن الكلي}$$

١٢- عندما تكون زاوية المقذوف (٩٠ درجة) فان قيمة جيب الزاوية هي (١) وعندما تكون زاوية المقذوف (٤٥) درجة فان قيمة جيب الزاوية (٠,٥) لذلك فان أي قيمة نضربها في جيب الزاوية (٩٠) تبقى مثلما هي اما عند ضربها في جيب الزاوية (٤٥) فان القيمة تقل الى النصف ، وعليه فان افضل زاوية للحصول على افضل مسافة افقية محسوبة بـ (٢× جيب الزاوية) .

مثال :

في الشكل ادناه لاعب مهاجم يحاول ان يعطي مناولة عالية الى زميله وهذا يعني ان الكرة ستصبح مقذوفا أي بحاجة الى سرعة وزاوية ، ومن وجهة فان زميله يجب ان يتحرك كما ان اللاعب المدافع قد اكتشف خطة المناولة فتحرك لحظة المناولة لقطع مسار الكرة فلو افترضنا ان اللاعب المدافع سيقطع مسار الكرة في منتصف المسافة أي يحتاج الى التوقيت المناسب وهذا يتطلب معرفة زمن وصول الكرة لاقصى ارتفاعها ، ومن ناحية اخرى فان المطلوب من اللاعب المهاجم هو

القفز لقطع المسار لان مسار الكرة عالي . فلو بلغت السرعة الابتدائية للكرة (١٢ م/ثا) وبزاوية (٣٥ درجة) . ما هو المطلوب من اللاعب المدافع؟



شكل رقم (٢-٣٢) : يوضح التخطيط لقطع الكرة في كرة القدم وفقا لقانون المقذوفات

$$\text{أقصى ارتفاع} = \frac{(\text{السرعة} \times \text{جيب الزاوية})^2}{2 \times \text{الجذب}}$$

$$\text{أقصى ارتفاع} = \frac{(١٢ \times ٠,٥٧٣٦)^2}{٢ \times ٩,٨١}$$

$$\text{أقصى ارتفاع} = \frac{(١٢ \times ٠,٥٧٣٦)^{٢}}{٢ \times ٩,٨١}$$

أقصى ارتفاع	= ٢,٤١ متر	المطلوب من اللاعب المدافع ان يرتفع اعلى من (٢,٤١ متر) لقطع مسار الكرة

$$\text{زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع} = \frac{\text{السرعة} \times \text{جيب الزاوية}}{\text{الجذب}}$$

$$\text{زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع} = \frac{١٢ \times ٠,٥٧٣٦}{٩,٨١}$$

زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع	= ٠,٧٠ ثانية	المطلوب من اللاعب المدافع ان يصل خلال اقل من (٠,٧٠ ثانية) لاقصى ارتفاع للكرة

الزمن الكلي (للمسافة الأفقية) = ٠,٧٠ × ٢

الزمن الكلي (للمسافة الأفقية)	= ١,٤٠ ثانية	المطلوب من اللاعب الزميل ان يصل الى المكان المتوقع لتواجد الكرة خلال (١,٤٠ ثانية)

المسافة الأفقية = السرعةالمحصلة×جيب تمام زاوية المقذوف×الزمن الكلي

المسافة الأفقية = ١٢ × ٠,٨١٩٢ × ١,٤٠

المسـافة الأفقية	= ١٣,٧٦ متر	الكرة ستقطع مسافة قدرها (١٣,٧٦ مترا) هل هذه مسافة كافية لكي يستلم الزميل الكرة دون مشاكل من اللاعب المدافع

معدل سرعة الكرة	= ١٣,٧٦ متر / ١,٤٠ ثانية	= ٩,٨٣ م/ثا	اللاعب المهاجم الذي سيستلم الكرة يجب ان يتحرك من مكانه الى الموقع المتوقع لسقوط الكرة بسرعة مقدارها

تباين مستويات الانطلاق والهبوط

عند تباين مستويات الانطلاق والهبوط يخرج مسار الكرة من شكل القطع المكافئ لذلك تم معالجة ذلك وحسب الخطوات ادناه

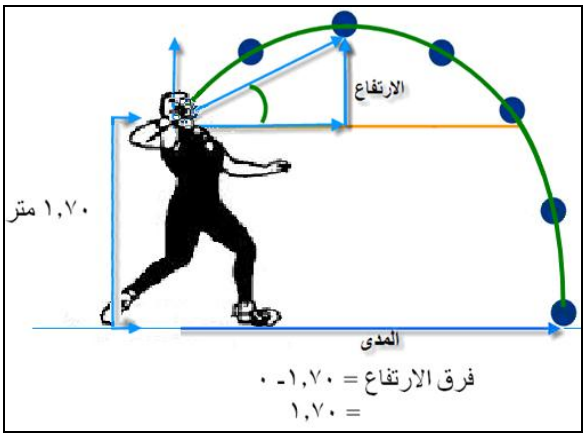
١- حساب الزمن: يتم وفقا للقانون في الفقرة (١٠) مع بعض التعديلات :

$$\text{الزمن الكلي} = \frac{\text{السرعة} \times \text{جيب الزاوية} + \sqrt{(\text{السرعة} \times \text{جيب الزاوية})^2 + (2 \times \text{الجذب} \times \text{فرق الارتفاع})}}{\text{الجذب}}$$

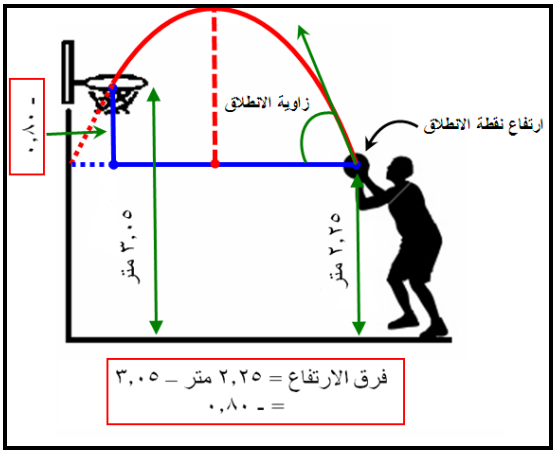
ان القانون اعلاه يصلح حتى اذا كان فرق الارتفاع صفرا أي ان مستوى الانطلاق يساوي مستوى الهبوط

٢- يتم حساب المسافة وفقا للقانون في الفقرة (١١)

$$\text{المسافة الأفقية} = \text{السرعة المحصلة} \times \text{جيب تمام زاوية المقذوف} \times \text{الزمن الكلي}$$



شكل رقم (٢-٣٣) : يوضح نقطة ارتفاع المقذوف (الثقل) وفرق الارتفاع عن الارض



شكل رقم (٢-٣٤) : يوضح نقطة ارتفاع المقذوف (كرة السلة) وفرق الارتفاع عن الارض

الفصل الثالث

(الكينتيك Kinetics)

يمثل الكينتيك القسم الثاني من اقسام البيوميكانيك . فبعد ان تناولنا القسم الاول (الكينماتيك) العلم الذي يهتم بوصف الحركة وحدوثها في الفراغ ودراسة مساراتها الهندسية والزمنية ووضع القوانين اللازمة لذلك بما يتفق وطبيعة كل حركة ، وبذالك أصبح الجانب الكينماتيكي هو المعيار للتفاضل في الجانب النوعي فضلا عن تحليل الحركات كميا عند محاولة دراسة المتغيرات المؤثرة في الحركة .

اما محاولة دراسة الاسباب التي تكمن وراء هذه الاختلافات فيما يتعلق بمقادير القوى المسببة للحركة او التباين بين هذه المقادير لتفسير حدوث الحركة هو ما يطلق عليه الجانب الكينتيكي ، حيث ان هذا الجانب يتناول دراسة القوى في حالات الثبات او الحركة ، فيقال ان الجسم في حالة حركة عندما يتحرك مكانه نسبةً الى نقطة اخرى او نظام نسبي ثابت ويكون الجسم في حالة ثبات عندما يبقى الجسم في حالة سكون أي عدم تغير موضعه نسبة الى نقطة اخرى.

قوانين نيوتن في الحركات الخطية

لقد درس العالم (اسحاق نيوتن) الحركة والقوة والعلاقة بينهما ووضعها على شكل قوانين ثلاثة اطلق عليها اسم قوانين نيوتن والتي تتعلق بالقصور الذاتي والتعجيل وقانون الفعل ورد الفعل .

- القانون الاول (قانون القصور الذاتي inertia) :

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

ان القصور يعني العجز والذات يعني الشيء نفسه ويعني ذلك ان الجسم قاصرعلى تحريك ذاته بذاته الا بوجود قوة كما انه عاجز على ايقاف ذاته بذاته الا

بوجود قوة ، فعداء المائة متر لا يمكنه الانطلاق من مسندي البداية الا بتسليط قوة مع اتجاه الحركة ولايستطيع بعد تحركه التوقف الا بتسليط قوة معاكسة لاتجاه حركته ، ويعتمد طول الفترة الزمنية وطول المسافة التي يتوقف فيها على مقدار القوة التي يستخدمها للايقاف . وتساعد الاستمرارية في تكامل الواجب الحركي فمثلا يصعب على قافز العريض ان يقفز الى مسافة معينة وبتكنيك صحيح اذا كانت حركته فجأة من الثبات ولكنه يتمكن من اداء الحركة بشكل افضل اذا كانت حركته بعد عدد معين من خطوات الاقتراب.

ان مقدار القوة المستخدمة لاكساب جسم سرعة معينة يختلف باختلاف وضع الجسم قبل استخدام القوة ، فاذا كان الجسم المراد التأثير فيه ثابتا وأردنا اكسابه سرعة ١٠م\ثا يتطلب الامر قدرا معينا من القوة ، اما اذا كان الجسم نفسه في حالة حركة ولو بطيئة فلاكسابه السرعة نفسها عندئذ تكون القوة المستخدمة اقل من الحالة الاولى ، وهذا يفسر لنا اهمية الحركات التحضيرية في كثير من الفعاليات الرياضية.

ان هذا القانون مثلا يشرح سبب انطلاق الكرة او القرص او أي الة مقذوفة في مجال خط مماس الدائرة ، حيث ان هذا الانطلاق سوف يستمر في حركته بنفس السرعة والاتجاه الذي يسير فيه قبل الانطلاق مباشرة .

خلاصة لما ذكر يمكننا ان تدرج اهم العوامل المؤثرة في القصور الذاتي وهي :

- كتلة الجسم ... كلما كانت الكتلة كبيرة كلما امتلك الجسم قصورا كبيرا مثل رياضة السومو او المصارعة بالاجسام الضخمة.
- طبيعة الارض او السطح الذي تتم عليه الحركة ... يمتلك الجسم قصورا كبيرا على الاراضي الخشنة أي يصعب تحريكه بسهولة في حين يمتلك قصورا اقل في الاراضي الزلقة او الجليدية.

- قاعدة الارتكاز... عندما يراد تحريك جسم ذي كتلة معينة وله قاعدة ارتكاز كبيرة يتطلب ذلك قوة كبيرة للتغلب عليه. بينما تكون القوة المستخدمة اقل فيما لو كانت للكتلة نفسها قاعدة صغيرة. ونجد هذا المبدأ في رياضة المصارعة مثلا نجد ان المصارع يحاول دائما توسيع قاعدة ارتكازه بتوسيع المسافة بين القدمين للتقليل من تأثير القوة التي يستخدمها الخصم ضده لأن الخصم في هذه الحالة يحتاج الى قوة كبيرة لاسقاطه.

- القانون الثاني (قانون التعجيل accelerations) :

(ان تعجيل الجسم يتناسب طرديا مع القوة المؤثرة وتحدث الحركة باتجاه القوة). او الدفع يساوي التغير في كمية الحركة

كلما كانت القوة المستخدمة كبيرة كانت الحركة اكبر والعكس صحيح . ويمكن صياغة المعادلة الرئيسية للقانون بما يلي:-

القوة = الكتلة × التعجيل

ق = ك × ج

$$ج = \frac{ق}{ك}$$

ان اتجاه الحركة التي يكتسبها الجسم بفعل تأثير القوة يكون بنفس اتجاه القوة ويبدأ الجسم بالحركة اذا كانت القوة المؤثرة اكبر من مقاومة الجسم ويكتسب تعجيلا.

ان قانون كمية الحركة هي (كمية الحركة = الكتلة × السرعة)

ق = ك × ج

بما ان

$$ج = \frac{س_{٢} - س_{١}}{ن}$$

اذن

$$ق = ك \times \frac{(س_{٢} - س_{١})}{ن}$$

ويوضح القانون اعلاه العلاقة العكسية بين القوة والزمن

ق × ن = ك × (س٢– س١)

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

مثال :

جسم أثرت فيه قوة مقدارها ١٢٠ نيوتن اكسبته سرعة مقدارها ٦م\ثا ولفترة زمنية ٣ ثانية ، ما هو مقدار كتلة ذلك الجسم ؟

$$ق = \frac{ك \times س}{الزمن}$$

$$١٢٠ = \frac{ك \times ٦}{٣}$$

ك × ٦ = ١٢٠ × ٣

$$\text{ك} = \frac{١٢٠ \times ٣}{٦}$$

ك = ٦٠ كغم كتلة الجسم

يمكن الاستفادة من هذا المبدأ 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.

مثال :

احسب مقدار القوة التي يبذلها عداء كتلته ٩٠كغم لقطع مسافة ١٠٠ متر بزمن قدره ١٠ثانية ، وما هو مقدار القوة عندما تكون كتلته ١٠٠كغم.

القوة الذي يبذلها العداء ذو الكتلة ٩٠ كغم

القوة = الكتلة × التعجيل

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}}$$

$$ق = ك \times \frac{س}{ن}$$

$$ق = ك \times \frac{س}{ن}$$

$$ق = ٩٠ \times \frac{١٠٠}{١٠}$$

$$ق = \frac{٩٠ \times ١٠٠}{١٠}$$

القوة = ٩٠٠ نيوتن

القوة الذي يبذلها العداء ذو الكتلة ١٠٠ كغم

$$ق = \frac{١٠٠ \times ١٠٠}{١٠}$$

القوة = ١٠٠٠ نيوتن

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

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

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 ، فاثارة 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 لايأخذ المعنى المطابق لقانون نيوتن الثالث الا في حالات الاصطدام.

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 .

قوانين نيوتن في الحركات الدائرية

عزم القصور الذاتي :

بما ان الحركات الدائرية لا تحدث الا بوجود محور وان ابتعاد اطراف الحركة عن المركز محكم بانصاف الاقطار فان عزم القصور الذاتي في الحركات الدائرية تقابل القصور الذاتي في الحركات الخطية أي ان مقاومة الحركة الدائرية لا يتوقف على الكتلة وانما على بعد الجزء العمودي عن محور الدوران ، فعندما تدور الذراع او الرجل فأن زوايا المفاصل تؤثر في قيم عزم القصور الذاتي لأنه يساوي :

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

اما علاقة عزم القصور الذاتي بالسرعة الزاوية فتتناسب تناسبا عكسيا معها فعند ما يحاول الرياضي الدوران في الرقص على الجليد بسرعة يقوم بتقريب اجزاء الجسم نحو محور الدوران لتقليل عزم القصور الذاتي فتزداد السرعة الزاوية وعند ابعاد الاجزاء يتم تقليل سرعة الدوران بزيادة عزم القصور الذاتي . مما يعني ان قافز العالي يقوم برفع رجل الممرجحة (القائدة) الى الاعلى وهي منثنية عنها وهي ممدودة لارتباطها الوثيق في قيم عزم القصور الذاتي واقتراب مراكز الاجزاء من المحور الاساسي .

وفي حركات الوثب والقفز تساهم حركات الذراعين من خلال المرجحة في زيادة كمية الحركة الدورانية لحظة النهوض ، فنجد ان واثب الطويل يقوم بحركات بندولية ودورانية للذراعين والرجلين في الطيران مما يؤدي الى ايقاف الدوران حول المحور الجانبي ، ويحاول الواثب المحافظة على توازنه اثناء طيرانه بالمحافظة على وضع الجذع قبل الهبوط ، فعند المشي في الهواء تكون قيمة عزم القصور الذاتي مختلفة عما عليه في التعلق حيث تعمل رجل النهوض والذراع المقابلة لها على ايقاف حركة الدوران للأمام ، بينما في الانواع الاخرى عند المشي

فان الفعل الاساسي لايقاف الدوران هي حركة رجل النهوض والذراع الاخرى ، وكمية الحركة الدورانية لحظة النهوض (الارتقاء) تنتج عن اتصال القدم مع سطح الارض وحركة الذراعين تزيد من كمية الحركة الزاوية لحظة النهوض .

كمية الحركة الدورانية = الكتلة × نق^{٢} × السرعة الزاوية

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 :-

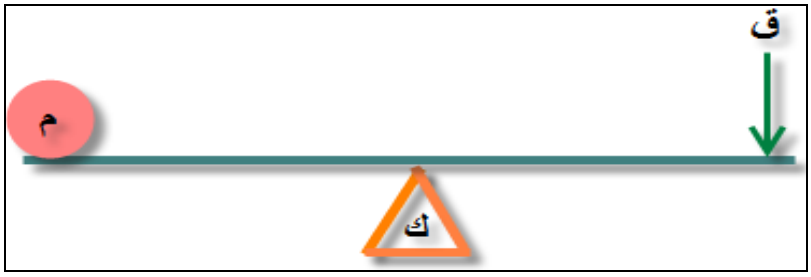
١. التأثير الديناميكي (الحركي) : ان تأثير القوة في هذه الحالة يسبب حدوث الحركة كما في حالة دفع الجسم او تحريك جزء من اجزاء الجسم لاداء حركة معينة.
٢. التأثير الاستاتيكي (الثابت) : يحدث هذا النوع من التأثير عندما تستخدم قوة للتغلب على مقاومة كبيرة جدا بحيث لا تتمكن القوة من التغلب على القصور الذاتي لتلك المقاومة .

مواصفات القوة

للقوة اربعة مواصفات مهمة وهي:

- مقدار القوة .
- خط عمل القوة .
- اتجاه القوة .
- 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 (٣-١) 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 :-

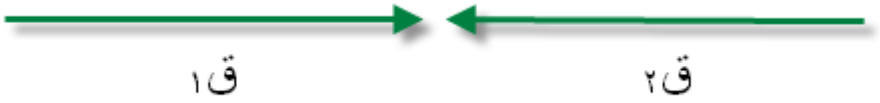
- اذا اثرت قوتان في جسم ، وكانت القوتان في اتجاه واحد فان الفعل التأثيري لهما أي محصلة القوتان هي المجموع الجبري لهما .

م = ق١ + ق٢

شكل (٣-٢) يوضح جمع القوى

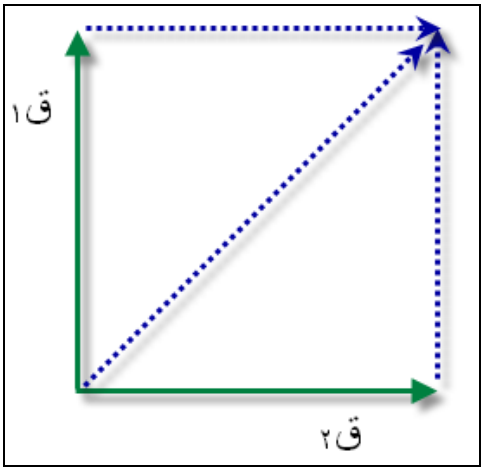
- إذا أثرت قوتان في جسم ، وكانت القوتان في اتجاه متعاكس ، فان محصلة القوتان أي الفعل التأثيري لهما هي الفرق الجبري بينهما ، واتجاه المحصلة باتجاه القوة الكبيرة.

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 .



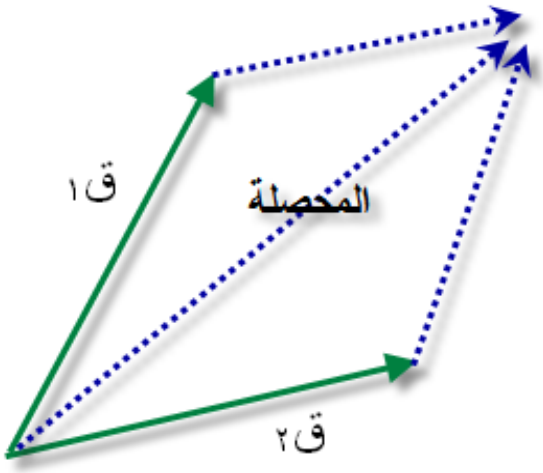
شكل (٣-٤) يوضح تعامد القوى

$$\text{المحصلة} = \sqrt{ق_{١}^{٢} + ق_{٢}^{٢}}$$

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

(في الزوايا الحادة) أقل من ٩٠ درجة

$$\text{المحصلة} = \sqrt{ق_{١}^{٢} + ق_{٢}^{٢} + ٢\ ق_{١} \times ق_{٢} \times \text{جتا}\ هـ}$$

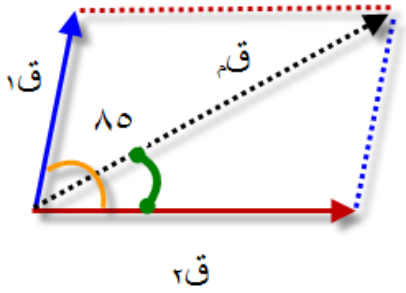


شكل (٣-٥) يوضح رسم المحصلة في الزوايا التي تقل عن ٩٠ درجة بين القوى

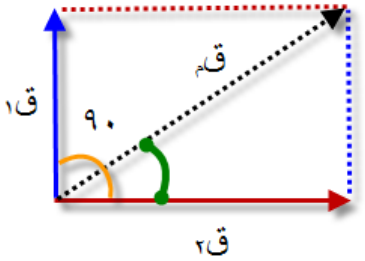
مثال :

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 .

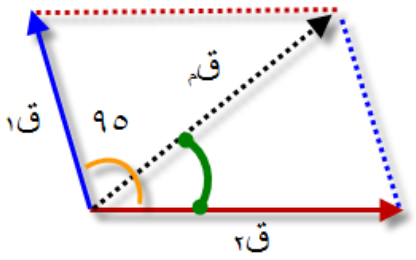
ان الملاحظة الاولى عن الحالات الثلاث هي انه كلما كبرت الزاوية بين القوتين فان المحصلة تقل كون ان القوتين تميلان الى الاتجاه المعاكس عن بعضهما



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



شكل (٣-٧) يوضح قيمة المحصلة واتجاهها في الزوايا التي تساوي ٩٠ درجة



شكل (٣-٨) يوضح قيمة المحصلة واتجاهها في الزوايا التي تزيد عن ٩٠ درجة

قيمة المحصلة للزاوية ٨٥ درجة

المحصلة = $\sqrt{(٢٠)^{٢} + (٣٠)^{٢} + ٢ \times ٢٠ \times ٣٠ \times ٠,٠٨٧}$

م = ٣٧,٤٨ نيوتن

قيمة المحصلة للزاوية ٩٠ درجة

المحصلة = $\sqrt{(٢٠)^{٢} + (٣٠)^{٢} + ٢ \times ٢٠ \times ٣٠ \times ٠}$

م = ٣٦,٠٥ نيوتن

قيمة المحصلة للزاوية ٩٥ درجة

المحصلة = $\sqrt{(٢٠)^{٢} + (٣٠)^{٢} + ٢ \times ٢٠ \times ٣٠ \times (-٠,٠٨٧)}$

م = ٣٤,٥٨ نيوتن

من المهم جدا ملاحظة علامة السالب (–٠,٠٨٧) فاذا كانت الزاوية اكبر من ٩٠ درجة تحدث هذه العلامة وذلك لان الزاوية كلما كبرت بين القوتين قلت المحصلة والعكس صحيح

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 = $\sqrt{ق_{١}^{٢} + ق_{٢}^{٢}}$

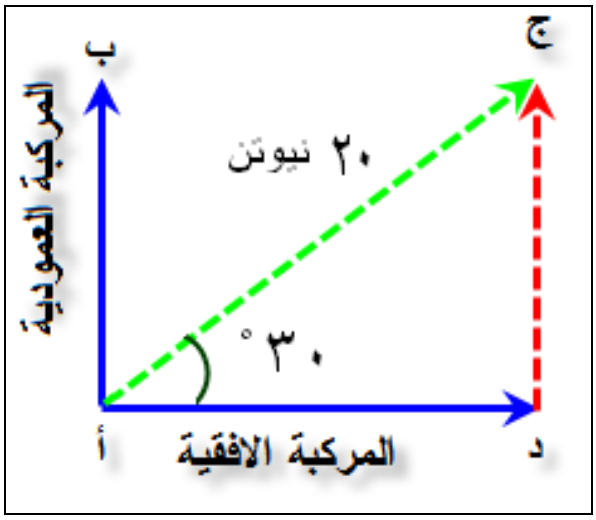
المحصلة = $\sqrt{(٨٠)^{٢} + (٦٠)^{٢}}$

المحصلة = $\sqrt{٦٤٠٠ + ٣٦٠٠}$

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 (٣-٩) يوضح تحليل القوة المحصلة الى مركباتها

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

المقابل

جيب الزاوية = ـــــــ

الوتر

المجاور

جيب تمام الزاوية = ـــــــ

الوتر

المركبة العمودية

جيب الزاوية = ـــــــــ ------ (١)

المحصلة

المركبة الافقية

جيب تمام الزاوية = ـــــــــ ------ (٢)

الوتر

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

جيب الزاوية

المركبة العمودية = ـــــــــ

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

$$\text{المركبة الافقية} = \frac{\text{جيب تمام الزاوية}}{\text{الوتر}}$$

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 الخارجية وهي :

* الجاذبية الأرضية .
* قوة جسم آخر (الزميل ، الخصم ، القفاز) .
* قوة مقاومة من المحيط (مقاومة الماء والهواء ، الاحتكاك ، رد فعل الارتكاز).

(ب) القوى الداخلية وهي :

* قوة العضلات .
* قوة مقاومة الأجهزة والأعضاء الداخلية .
* قوة ردود الفعل الداخلية (مقاومة المفاصل والأوتار) .

(أ) القوى الخارجية :

وهي تلك القوى التي تأتي من الخارج وتؤثر على جسم الإنسان وان تأثير هذه القوى والقوى المضادة لها تسلط على جسم الإنسان والمحيط الذي هو فيه ، لذلك تتمكن القوى الخارجية من تغيير خط سير مركز ثقل الرياضي .

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 القوة الطاردة الى الخارج ، فلاستمراره في مساره الدائري نفسه يجب عليه ان يوازن بين قوتي الفعل (المتمثلة بالقوة الطاردة) و رد الفعل (المتمثلة بدرجة الميلان)

شكل (٣-١٠) 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 :

$$\text{القوة الطاردة} = \frac{\text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^{٢}}{\text{نصف القطر}}$$

$$ق_{ط} = \frac{ك \times س^{٢}}{نق}$$

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:

$$\text{ظل زاوية الميلان} = \frac{(\text{السرعة})^{٢}}{\text{التعجيل الارضي} \times \text{نصف القطر}}$$

$$\text{ظل زاوية الميلان} = \frac{\text{س}^{٢}}{\text{ج} \times \text{نق}}$$

مثال:

عداء يركض بسرعة ٢٠قدماثا وكان نصف قطر المضمار (١٠٠) قدم ، ما هي الزاوية التي يجب ان يميل بها الرياضي بجسمه نحو الداخل ليحافظ على توازنه؟

$$\text{ظل زاوية الميلان} = \frac{(٢٠)^{٢}}{٣٢ \times ١٠٠}$$

ظل زاوية الميلان = ٠,١٢٥

زاوية الميلان = ٧ درجة

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

مثال :

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

$$\text{٦٠ نت} = \frac{\text{٧٠كغم} \times (٩)^{٢}}{\text{نصف القطر}}$$

$$\text{٦٠ نت} \times \text{نق} = \text{٧٠ كغم} \times ٨١$$

$$\text{نق} = \frac{٧٠ \times ٨١}{٦٠}$$

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:

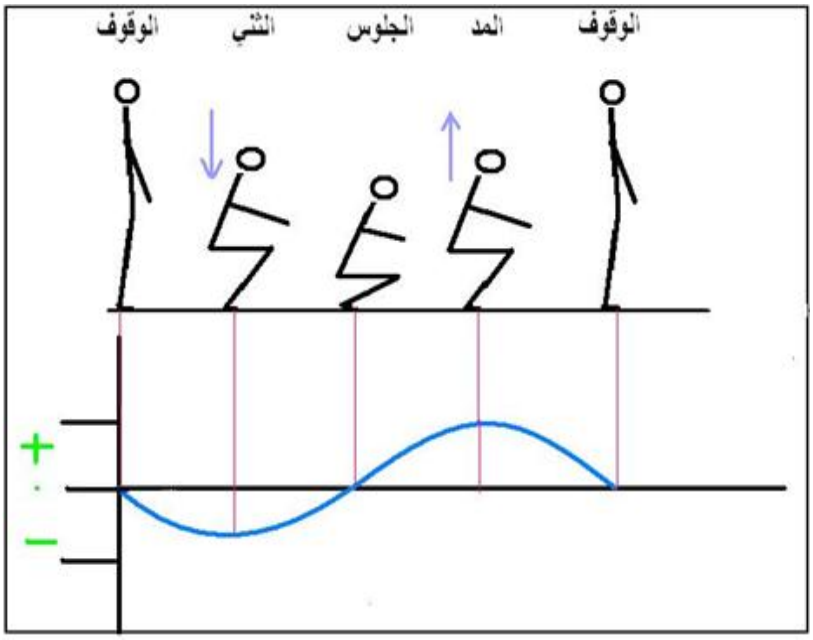
رد الفعل = قوة العضلات – وزن الجسم

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 (٣-١١) يوضح مسار التعجيل عن وزن الجسم عند الوقوف والجلوس

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

القوة = الكتلة × التعجيل

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{القوة}}{\text{الكتلة}}$$

ولو عوضنا عن القوة برد الفعل

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{رد الفعل}}{\text{الكتلة}}$$

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

فان:

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{قوة العضلات – وزن الجسم}}{\text{الكتلة}} \quad \text{بوحدة م/ثا}^2$$

مثال :

ما مقدار التعجيل (محسوبة بوحدة م/ثا^2) لجسم وزنه ٨٠٠ نيوتن يسلط على الأرض قوة مقدارها ٨٧٠ نيوتن .

الحل:

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

نجد الكتلة من خلال قسمة وزن الجسم على الجذب (٩,٨١ م/ثا^2)

$$\text{الكتلة} = \frac{\text{القوة}}{\text{التعجيل}}$$

$$\text{الكتلة} = \frac{٨٠٠}{٩,٨١}$$

الكتلة = ٨٢ كغم تقريبا

$$\text{التعجيل} = \frac{٨٧٠ - ٨٠٠}{٨٢}$$

$$\text{التعجيل} = \frac{٧٠}{٨٢}$$

التعجيل = ٠,٨٥ م/ثا^{٢} 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

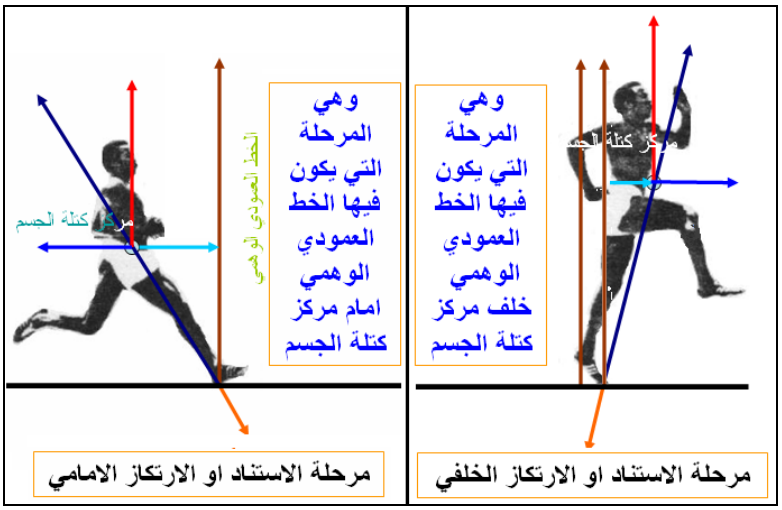
أما إذا كان الدفع على سطح الأرض بشكل مائل مثلما هو واضح في مرحلة الارتكاز الخلفي فان القوة تتحلل إلى مركبتين (إذا كانت تمر بمركز كتلة الجسم) احديهما المركبة الأفقية والتي ستتعامل مع اتجاه الحركة إذ سيكون رد الفعل بعكس اتجاه الحركة أي لا تتعامل مع وزن اللاعب، والمركبة الأخرى ستكون عمودية وهي مثلما مر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

$$\text{التعجيل الافقي} = \frac{\text{قوة العضلات}}{\text{الكتلة}}$$

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 (٣-١٢) : يوضح مرحلة الاستناد الامامي والخلفي لحظة الارتقاء في الوثب العريض

الجاذبية الأرضية

ان قوة الجاذبية الأرضية تحدد بثلاث نقاط وهي (المقدار ، الاتجاه ، نقطة التأثير) . وان مقدار قوة الجاذبية يتأتى من كتلة الجسم (ك) مضروبا في التعجيل الأرضي (ج) والتي تسمى بالوزن (و) = ك × ج . وان هذا المقدار متعلق بالموقع الجغرافي حيث ان موقع الجسم على الأماكن المختلفة لسطح الكرة الأرضية يؤثر في وزنه ، فعندما يكون على خط الاستواء فان التعجيل الارضي يكون منخفض والعكس يحدث عندما يكون في القطبين لهذا السبب تمكن الرياضيون من تسجيل الأرقام العالية من الاركاض السريعة والقفز والرمي والقذف في الدورة الدولية للألعاب الرياضية في مكسيكو ١٩٦٦.

ان مقدار الجاذبية في القطب هو ٩,٨٣م/ثا٢ ، وفي خط الاستواء ٩,٧٧ م/ثا٢ ، وكذلك يتعلق مقدار هذا التعجيل بارتفاع المكان عن مستوى سطح البحر ، والتحليل الحركي الدقيق لابد أن يؤخذ بنظر الاعتبار مقدار الجاذبية الأرضية بصورة مضبوطة في المكان الذي تجري فيه التمارين .

أما اتجاه الجاذبية الأرضية فهو يؤشر إلى مركز الأرض ، وبالنسبة لنقطة تأثيرها فهي وسط كتلة الجسم أو مركز ثقل الجسم .

قوة الاحتكاك (Fiction Force):

الاحتكاك كقوة ميكانيكية تعمل بعكس اتجاه الحركة وتؤثر قوة الاحتكاك تأثيرا ايجابيا وسلبيا على الحركات الرياضية ، والاحتكاك مصطلح يربط بين مكونين للقوة بين جسمين ماديين متصلين مع بعضهما يسببان التزحلق او الدوران او التوقف ، وعلى هذا الأساس يمكن القول بان الاحتكاك يحدث عندما يقاوم جسم مادي حركة جسم مادي آخر يلامس له، ولذلك فان القوتين اللتين تسببان الاحتكاك

يجب ان تكون متوازيتان ومتساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه وبدونه لا يمكن أن تمشي أو تجري أو نعمل على السيطرة على حركاتنا بشكل عام .

لذلك من اجل ضمان الأداء الجيد للجسم والسيطرة عليه أثناء الحركة نعمل على زيادة الاحتكاك في معظم الحالات ... فعلى سبيل المثال ، ان استخدام الأحذية المطاطية في كرة السلة أو الأحذية ذات المسامير العالية بالنسبة للاركاض السريعة من اجل ضمان السيطرة على الجسم عن طريق زيادة الاحتكاك ، وكذلك ان لاعب الجمناستيك يستخدم مسحوق المغنيسوم لمساعدته في تحسين مسكه العارضة للعقلة عند ادائه حركات الدوران حول العقلة كما يستخدم لاعبو كرة اليد المواد اللاصقة على الاصابع وحديثا يستخدم الجليد للتدريب على تقصير الخطوات من خلال الاستفادة من قلة الاحتكاك كما ان تحليق الشعر في رياضة السباحة جزء من عمليات التغلب علة مقاومة الماء من خلال الاحتكاك وكذلك فان مقاومة الحيز او الفراغ الذي يحدث فيه الحركة من الامور المهمة في دراسة معامل الاحتكاك.

أنواع الاحتكاك

- الاحتكاك ألشروعي... وهو يعمل عند شروع الجسم الساكن بالحركة.
- الاحتكاك ألانزلاقي و ألتدحرجي.. وهما يتأتيان كمقاومين خلال الحركة.

وان قيمة معامل الاحتكاك تتراوح بين (٠-١) فيكون الجسم متلاصقا كلما كبرت القيمة

قوة الاحتكاك = معامل الاحتكاك × القوة (الوزن)

$ق_ح = مح \times ق_ع$

حيث ان مح = معامل الاحتكاك ويعتمد على نوع المساحتين المتماستين

$ق_ع$ = القوة العمودية.

مثال : اذا علمت ان معامل الاحتكاك بين الجليد وآلة التزحلق هي ٠,١٩ عند الشروع وان هذا يقل بالحركة ليصل الى ٠,١٦ في الحركة وان وزن الرياضي يبلغ ٨٥٠ نيوتن ووزن الآلة ٢٥ نيوتن ، احسب القوة اللازمة لتحريك الآلة والقوة اللازمة لاستمرارها في الحركة

القوة المطلوبة لتحريك الآلة = ٠,١٩ × (٨٥٠ + ٢٥)

= ١٦٦,٢٥ نيوتن

يجب بذل قوة اكبر من هذه القيمة

القوة المطلوبة لاستمرار الآلة = ٠,١٦ × (٨٥٠ + ٢٥)

= ١٤٠ نيوتن

يجب بذل قوة اكبر من هذه القيمة

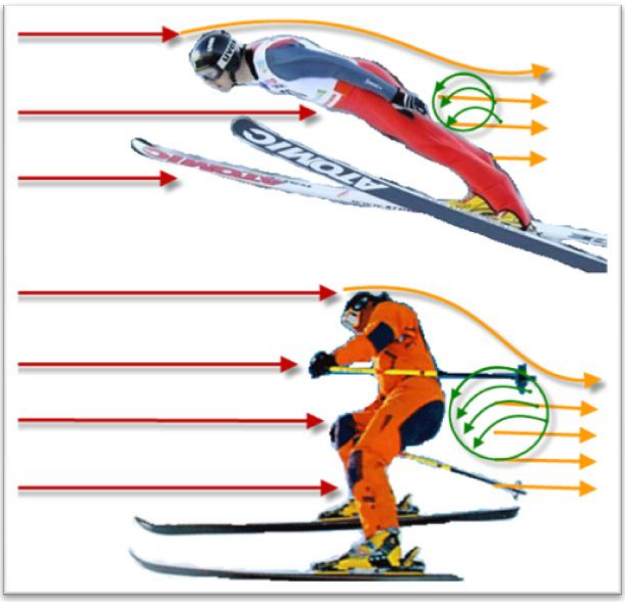
ملاحظة: بعد ان يحصل الرياضي على الزخم المطلوب يكون مقدار القوة المبذولة قليلة جدا بسبب تناقص في قيمة معامل الاحتكاك.

الشكل (٣-١٣) : يوضح معامل الاحتكاك في رياضة التزحلق

القوى المقاومة للحركة

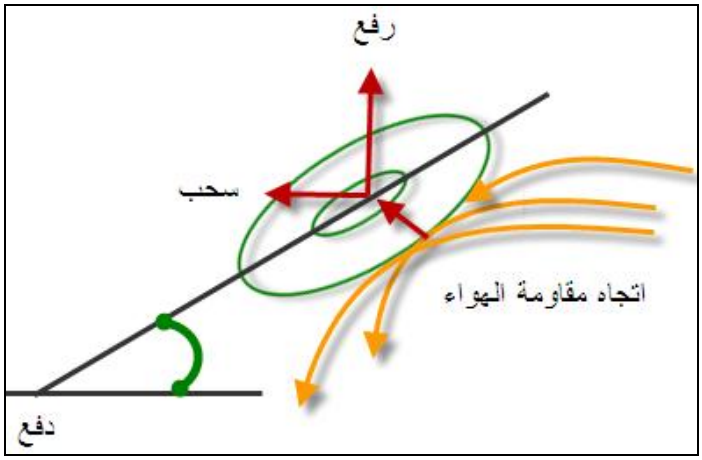
تؤثر القوى الخارجية سلبا وايجابا في الحركات الرياضية ، ويختلف شكل القوى الخارجية من حيث بيئة العمل او محيط اداء الحركة فمثلا اداء الحركة في الهواء الطلق يختلف عن ادائه في الماء او على الرمال لذلك فان بعض اساليب التدريب تستخدم محيطات مختلفة كجزء من عملية تحسين وتنمية الاداء الحركي. ادناه مجموعة من النقاط المهمة في كيفية التقليل من تأثير المحيط في الحركات الرياضية

- القفز على الثلج والغطس بالتكور : يفضل امالة الجسم الى الامام للتقليل من مقاومة الهواء كما واضح من الشكل ادناه وفي الغطس يفضل ان يكون التكور اقصى ما يمكن للسبب اعلاه ، ويرجح ان المساحة الاسقاطية (مساحة اصطدام الهواء) ان يكون في اقل ما يمكن فضلا عن ان الطيران المناسب للجسم يوفر دفعا مناسبا من قوة الهواء المتولدة خلف المسارات الحركية .



الشكل (٣-١٤) : يوضح مقاومة الهواء عند القفز على الثلج

- فعالية رمي القرص والرمح والسهم : يرمي الرياضي الادوات في الهواء بزوايا مختلفة وعندما تكون هذه الزوايا مناسبة للمقذوف ترتفع الادوات وفقا لاصطدامها بالهواء مما يكسب الاداة ارتفاعا مرغوبا او غير مرغوبا وعندما تكون مقاومة الهواء قليلة فان الاداة تحلق مسافة اكبر.



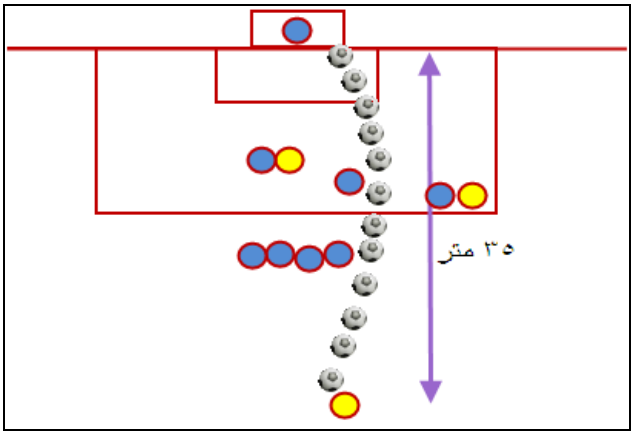
الشكل (٣-١٥) : يوضح تأثير الهواء على القرص

- السباحة والتجديف : تتربع مقاومة الماء بزيادة السرعة وعلى السباح معرفة كيفية توزيع الجهد على مسافات السباق فكلما ازدادت سرعة اليد في حركتها ضد الماء كلما ازدادت مقاومة الماء لها ، وعلى رياضي التجديف معرفة الاداء الفني لتعريض مساحة المجداف على سطح الماء في دخوله وخروجه وهذا ينطبق على ذراع السباح.
- الركض والدراجات : فضلا عن مقاومتهم للهواء فان سرعة الرياح مؤثر في الاركاض والدراجات ولاتعتمد بعض الانجازات بسبب السرعة الكبيرة للرياح ووفقا لمستويات الجسم في المنحنيات فانها اقل تعرضا الى مقومة الرياح في حين تبقى مقاومة الهواء ثابته.

- دوران الكرات : عندما تضرب الكرة خارج مركز ثقلها أي من الجانب فان هذه القوة ستحدث دورانا في الكرة حول احد محاورها فينزلق في الهواء بشكل اسرع.

تأثير ماجنوس (Magnus effect)

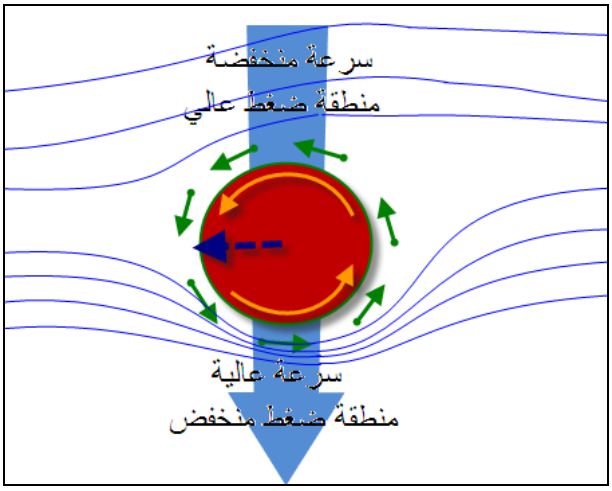
الشكل (٣-١٦) : يوضح ركل الكرة على يمينها بالحافة الخارجية للقدم اليسرى للاعب روبرتو



الشكل (٣-١٧) : يوضح ركل الكرة بمسار منحني

حدث في الثالث من يونيو ١٩٩٧ في لعب ودي بين البرازيل وفرنسا وقبل مونديال ١٩٩٨ ان ضرب روبرتو كارلوس كرة القدم من على بعد تراوح بين (٣٠ – ٣٥ مترا) على جانبها الايمن وبالحافة الخارجية للقدم اليسرى وبقوة شديدة نحو الجانب الايسر للمرمى الفرنسي واصبحت الكرة تدور (من اليمين إلى اليسار بعكس عقرب الساعة) ، وقبل متر واحد من المرمى وبعد ان كان مسار الكرة الى الخارج مبتعدا عن العمود الايسر من المرمى (نسبة الى حارس المرمى) تغير اتجاهها لتضرب القائم وتدخل المرمى في أقصى يسار حارس منتخب فرنسا.

تم تفسير الانحناء في مسار الكرة عند انتقالها في الهواء إلى اختلاف سرعة الهواء على جانبيها بحيث يكون الهواء سريعاً على أحد جانبيها و بطيئاً في الجانب الآخر ، واختلاف السرعة ادى حسب مبدأ برنولي الذي ينص (إن زيادة السرعة على طول خط الانسياب للهواء تحدث انخفاضاً في الضغط) إلى نشوء فرق في الضغط على جانبي الكرة فمال مسار الكرة الى الضغط المنخفض الذي يتواجد مع اتجاه الكرة (اذا علمنا ان اتجاه الهواء بعكس اتجاه الكرة) أي نشأت قوة عمودية على مسار الكرة دفعتها للانحناء باتجاه يماثل اتجاه دورانها ، سميت هذه القوة بقوة ماجنوس وسمي تأثيرها بتأثير ماجنوس نسبة الى مفسرها .



الشكل (٣–١٨) : يوضح تاثير ماكنوس في ركلة الزاوية

لقد درس الفيزيائي الألماني (ماكنوس Magnus) في (١٨٥٢) القوس الجانبي في تساؤله لماذا يسرع المقذوف بالانحراف (الكرة او الرصاصة) إلى جانب واحد ، ان التفسير المعتمد في هذه الركلة هو ان الكرة التي تسرع حول محورها العمودي تؤدي إلى تدفقِ الهواء حولها تنحرف يسارا فالضغط الجوي الخارجي يكون أسرع نسبة إلى مركزِ الكرة حيث أن محيط الكرة يتحرك في نفس اتجاه التيار الهوائي ، هنا الضغط الجوي ينخفض طبقاً لمبدأ (برنولي Bernoulli) ، يحدث التأثير المعاكس على الجانب الآخر للكرة ، حيث يكون الضغط أبطأ نسبة إلى مركز الكرة لذا فان عدم التوازن في القوى تؤدي الى انحراف الكرة . يمكن افتراضا حساب القوى المؤثرة في انحراف الكرة ، فلو كانت سرعة الكرة ٢٥-٣٠ مترا في الثانية وتدور من ٨-١٠ دورات وركلت من بعد ٣٠ مترا فان القوة المؤثرة تحرف الكرة بمقدار ٤ أمتار عن الخط الطبيعي لمسار الكرة (الخط المستقيم) وهذا كاف للتغلب على مهارة أي حامي هدف انذاك.

الاصابات الرياضية

لاشك ان من أهم مشكلات التدريب الرياضي،ما يعانيه اللاعبون من إصابات مفاجئة خلال مراحل الإعداد المختلفة،فخروج اللاعب عن قمة مستواه الأدائي نتيجة الإصابات الرياضية أيا كان نوعهاً وأيا كانت فترة علاجها يعني إلى جانب هبوط المستوى الأدائي احتمال تكرار إصابة اللاعب مرة أخرى سواء في نفس مكان الإصابة ومترتبة عليها وخاصة إذا لم تكتمل مراحل علاج الإصابة وإعادة إعداده وإعادته للمستوى المطلوب منه وفقاً لمتطلبات مراحل الإعداد للموسم الرياضي .ولعل من أكثر الموضوعات التي تحتاج الى دراسة وتأني أكثر هو موضوع الأسباب التي تؤدي إلى الإصابات من وجهة نظر البيوميكانيك،وبمعنى اصح الأسباب الفيزياوية التي تؤثر على أنسجة الجسم البشري بأنواعها المختلفة

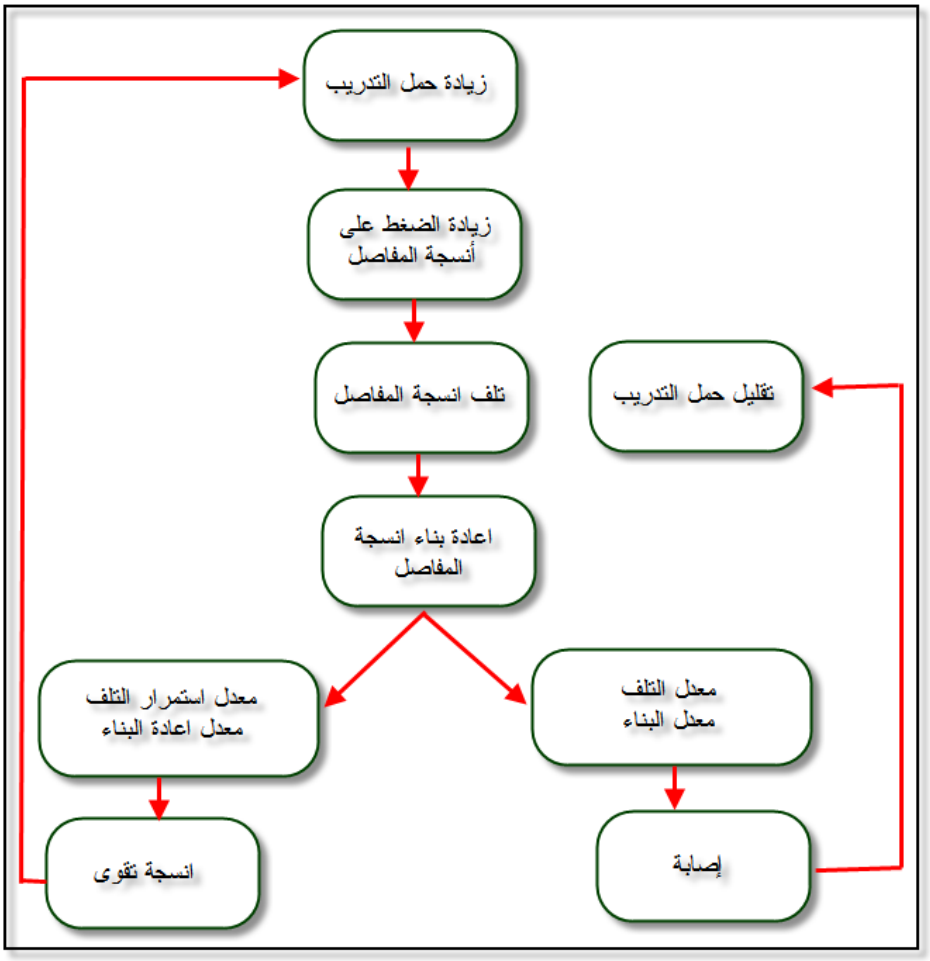
(عضلات–أربطة–عظام) ،وتؤدي إلى حدوث إعاقة ما في هذه الأنسجة تمنع من تحقيق أعلى أداء وكفاءة ممكنة .وان أمام المدرب واللاعب بتفاصيل البيئة الميكانيكية المحيطة بالأداء والتأثيرات المختلفة لمتغيرات هذه البيئة يعتبر من أهم مقومات تجنب عدد كبير من الإصابات ،خاصة إذا ما علمنا إن تصنيف الأسباب التي تؤدي إلى الإصابات من وجهة نظر البيوميكانيك من الممكن ان تكون على النحو الأتي

-أسباب ترتبط بأخطاء في إجراءات التدريب (أحمال تدريبية زائدة–نقص في مستوى عنصر من عناصر اللياقة البد نية"
-أسباب ترتبط بمتغيرات البيئة الميكانيكية المحيطة. أرضية الملاعب –الأجهزة والأدوات– الملابس.
-أسباب ترتبط بأخطاء فنية في الأداء
-أسباب ترتبط بالاحتكاك المباشر بالخصم

من التصنيف السابق نلاحظ إن ٥٠%من الأسباب التي تؤدي إلى الإصابة لها علاقة مباشرة بطريقة الأداء المهاري والإعداد لها وان المثل من هذا النوع من الإصابات الرياضية قد يكون أكثر حدة ويتطلب وقتاً أطول في علاجه وخاصة ذلك النوع الناتج من أخطاء في إجراءات التدريب.

والمقصود بإجراءات التدريب ذلك التراكم الذي يتم على مدى فترات تدريبية طويلة لا يراعى فيها المدرب درجات تحميل اللاعبين وعدم تحقيق التوازن المناسب بين مكونات الإعداد ألبدني لهم كأساس لبناء اللياقة البد نية. ومن أكثر الأخطاء انتشاراً إغفال المدرب لأهمية صفة المرونة للمفاصل ومطاطية العضلات ونعني في هذا المقام مدى اهتمام المدرب بوضع برنامج خاص لتطوير وتنمية المدى الحركي للمفاصل بما يتلاءم ومتطلبات الأداء المهاري ، واكتفائه باستخدام

أنواع مختارة من تمرينات المرونة خلال عمليات الإحماء دون تخطيط وتنظيم محدد،ولهذا المدى المسميان الرئيسيان هما المدى السالب والمدى الموجب فالمدى السالب لأي مفصل هو المدى الذي يمكن إن يتحرك فيه المفصل تحت تأثير قوة خارجية،أما المدى الموجب فهو المدى الذي يكون تحت السيطرة بدون عامل خارجي .



الشكل (٣-١٩) : يوضح مخطط الإصابات الركض

انواع القوى المسببة للإصابات

تتأثر العظام والعمود الفقري بعدة قوى وحسب نوع الحركة مما تؤدي الى حدوث الاصابات وعلى الشكل الاتي:

١. القوة الضاغطة (Compression force) : اذا اثرت قوتان متساويتان في المقدار ومتقابلتان في الاتجاه وعلى خط العمل نفسه ، تؤثر قوة من اعلى الفقرة وتؤثر قوة اخرى من اسفل الفقر (مثل السقوط على الرجلين مع وجود ثقل على الكتفين) تعمل هاتان القوتين على تقصير الجزء ويسببان في ازدياد عرضه مما يؤدي الى تمزيق انسجة القرص الفقري.

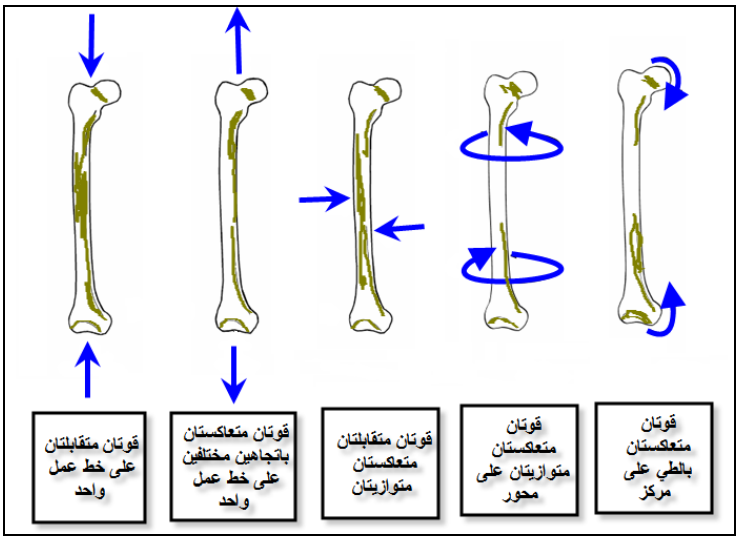
٢. قوة الشد (Tensional force) : اذا اثرت قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه وعلى خط العمل نفسه ، تؤثر قوة بسحب الجسم الى الاعلى وقوة اخرى تسحب الجسم الى الاسفل (مثل التعلق على العقلة ومقاومة المثقلات على القدمين) تعمل هاتان القوتين على زيادة طول الجزء ويسببان في تقليل عرضه مما يؤدي الى تمزق الاربطة.

٣. قوة القص (Shearing force) : اذا اثرت قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه متوازيتين أي ليستا على خط العمل نفسه ، (مثال ذلك تعاكس الذراع مع الرجل في السباحة) يسببان في تشويه (deformation) الجزء او الاجزاء المتصلة.

٤. قوة اللي (Torsion force) : اذا اثرت قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه متوازيتين أي ليستا على الخط نفسه (مثل الدوران في رمي المطرقة) واثرتا على محيط محور (قوة عمودية على محور الجسم) تؤديان الى لي الجسم (دورانه على محوره) ويسببان في

تشـويه الاجـزاء المتصـلة بـالفقرة أي تـؤدي الـى تمـزق فـي العضـلات والاربطة.

٥. قوة الطـي (Bending Force) : اذا اثرت قوتـان متسـاويتان فـي المقدار ومتجهتان كل من طرف الى المركز أي ليستا على الخط نفسه ، تؤديـان الـى طـي الجسـم (دورانـه علـى مركـزه) ويسـببان فـي تشـويه الاجزاء وكسرها.



الشكل (٣-٢٠) : يوضح القوى المسببة للإصابات

العتلات (Levers)

تعريف العتلات او الروافع

هي اجسام تعتمد على محور في توازنها او مقاومتها او سرعة ادائها وتصنف الى الحركات الدائرية لان لها انصاف اقطار وهي من مصطلحات علم السكون.

نقاط العتلات

للعتلة ثلاثة نقاط الاولى نقطة المحور او المرتكز او الارتكاز والثانية نقطة القوة والثالثة نقطة المقاومة ، البعد بين المركز والقوة يسمى ذراع القوة والبعد بين المركز والمقاومة يسمى ذراع المقاومة

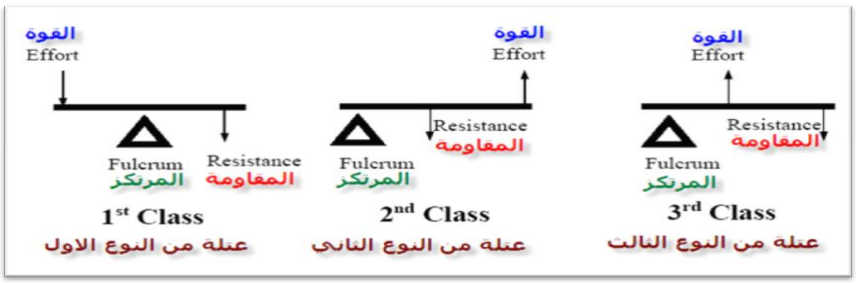
أنواعها

صنفت العتلات الى ثلاثة انواع وفقا للمكاسب المتحققة منها

عتلة من النوع الاول (المحور في المنتصف وكل من القوة والمقاومة على طرفي الجسم)

عتلة من النوع الثاني (المقاومة في المنتصف وكل من المحور والقوة على طرفي الجسم)

عتلة من النوع الثالث (القوة في المنتصف وكل من المحور والمقاومة على طرفي الجسم)



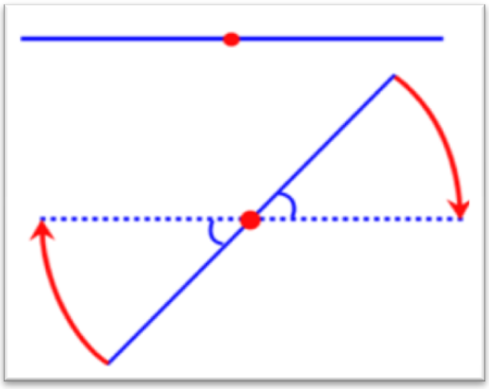
الشكل (٣-٢١) : يوضح انواع العتلات

فوائدها

ان الفائدة من العتلات يمكن ملاحظتها وفقا لما يأتي

- تغيير الاتجاه

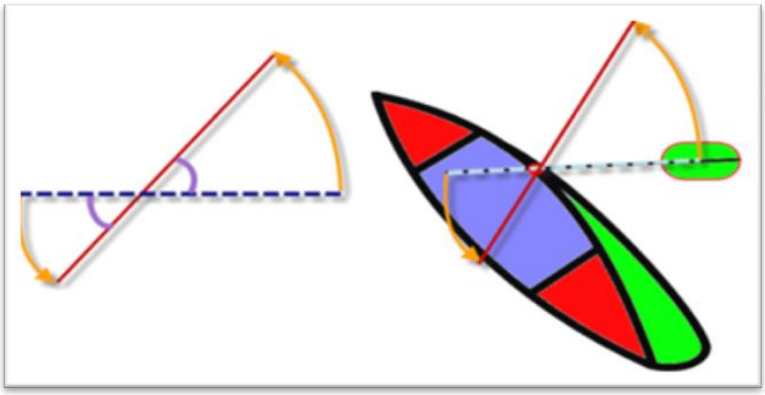
عندما يتحرك طرف من العتلة من النوع الاول يرافقه حركة مماثلة في الطرف الاخر.



الشكل (٣-٢٢) : يوضح العتلة من النوع الاول

- كسب السرعة

عندما يتحرك طرف من العتلة من النوع الاول يرافقه حركة مماثلة في الطرف الاخر وفي الزمن نفسه وبشرط تساوي ابتعاد الطرفين عن المركز فان لنهايات العتلة السرعة نفسها ، اما اذا اختلف ابتعاد طرف عن المركز عن ابتعاد الطرف الاخر فان مدى او قوس الطرف البعيد من المحور او المركز سيكون اكبر وبذلك سنحصل على الفائدة الاولى وهي الحصول على مدى أوسع للحركة واذا حدث ذلك في زمن معين فان المدى الأكبر سيمتلك سرعة اكبر ، ويلاحظ عدم تغير قيمة الزاوية وهذه مسألة تمت مناقشتها في الحركات الدائرية او المسافة الزاوية والإزاحة الزاوية او السرعة المحيطية والسرعة الزاوية ، وتعد هذه ميزة العتلة من النوع الاول



الشكل (٣-٢٣) : تغيير الاتجاه في العتلة من النوع الاول

مثال:

تحرك جسم على الطرف (أ) بمقدار (١ م) وبزمن (١ ثا) وولد حركة على الطرف الاخر بمقدار (٢م) احسب السرعة على الطرف الاخر.

بما ان السرعة على الطرف الاول (١ متر في الثانية) ومدى الطرف الاخر (٢ متر) وان الزمن ثابت فسرعة الطرف الاخر (٢ متر بالثانية).

- كسب القوة

الفائدة الثانية من العتلات هو كسب القوة أي التغلب على مقاومة معينة بقوة اقل من مقدار المقاومة (الاقتصاد في القوة) ، لقد ناقشنا سابقا ان الاتزان يتم بتساوي ابتعاد نهايات الأطراف عن المركز مع تساوي كتلتها (ذراع القوة يساوي ذراع المقاومة ومقدار القوة يساوي مقدار المقاومة) ، اما اذا اختلف ذلك فان العتلة لا تتزن أي ان الجهد الموجود على طرف معين يختلف عن الجهد الموجود على الطرف الاخر ، فاذا كان ذراع القوة اكبر من ذراع المقاومة فان الجهد الموجود على طرف القوة اقل من الجهد الموجود على طرف المقاومة وفقا لقانون الروافع (القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها) وهذا هو المكسب الثاني ، وبما ان ذراع القوة اكبر من ذراع المقاومة وان

المطلوب هو تحريك المقاومة فان المدى الكبير الموجود على طرف القوة اكبر من المدى الموجود على طرف المقاومة مما يعني التحرك بمدى كبير للحصول على مدى قليل أي ان كسب القوة يولد خسارة في السرعة والعكس صحيح.

مثال:

ما مقدار القوة المطلوبة لاتزان عتلة من النوع الاول اذا علمت ان الوزن الموضع على الطرف (أ) يساوي (٢٠ نيوتن) ويبتعد بمقدار (١ متر) وان الطرف الاخر يبتعد بمقدار (٢متر).

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

القوة × ٢ = ٢٠ × ١

$$\text{القوة} = \frac{١ \times ٢٠}{٢}$$

القوة= ١٠ نيوتن

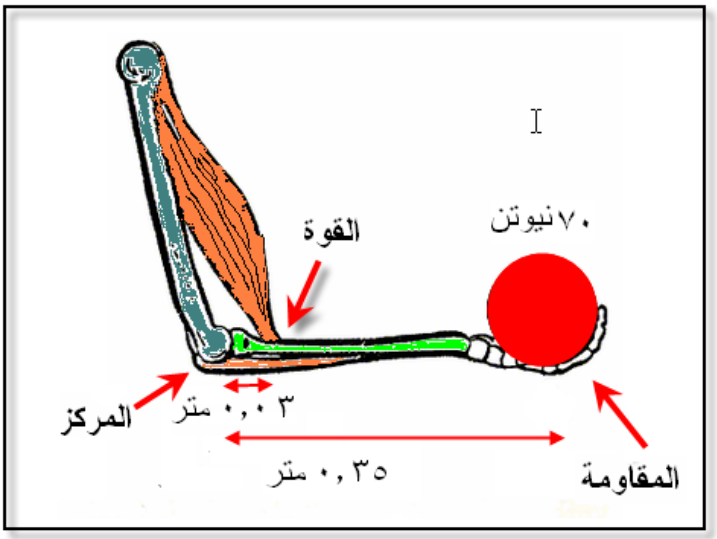
التدريب بذراع المقاومة

تعد المقاومة في التدريب بمثابة الشدة ضمن مكونات الحمل ، ويمكننا بثبات مقدار المقاومة تغيير الشدة اذ يتم تغيير موقع او نقطة القوة او تقصير ذراع القوة مما يؤدي الى تغيير الشدة وفقا لقانون (القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها).

مثال:

احسب مقدار القوة المطلوبة لثبات عضلة ذات الرأسين العضدية عند مقاومتها لقوة مقدارها ٧٠ نيوتن (اهمل كتلة الذراع) تبتعد بمقدار ٠,٣٥ متر عن مفصل المرفق

اذا علمت ان مدغم العضلة تبتعد بمقدار ٠,٠٣ متر عن مفصل المرفق وبزاوية قائمة مع عظم الساعد.



الشكل (٣-٢٤) : عمل العضلة ذات الرأسين العضدية كعتلة من النوع الثالث

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

$$\text{القوة} = \frac{\text{المقاومة} \times \text{ذراعها}}{\text{ذراع القوة}}$$

$$\text{القوة} = \frac{٧٠ \times ٠,٣٥}{٠,٠٣}$$

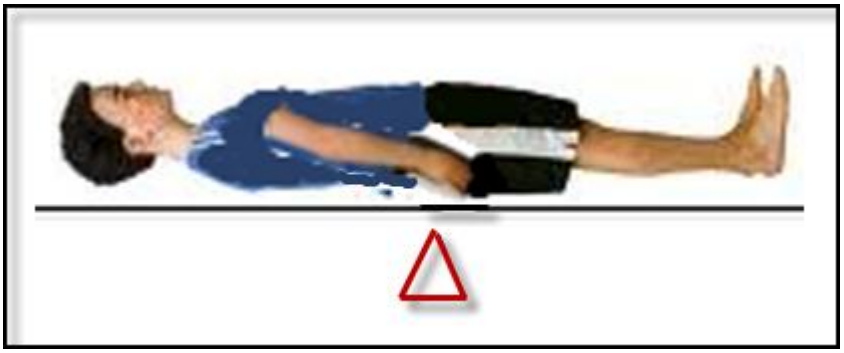
القوة = ٨١٦,٧ نيوتن أي ان التدريب بالقوة الثابتة اكبر من ٧٠ نيوتن

تطبيقات الروافع (العتلات) على جسم الانسان

١- العتلة من النوع الاول لاتوجد في جسم الانسان لانها عتلة محورها على العظم نفسه أي لايوجد عظم مثقوب من المنتصف
٢- العتلة من النوع الثاني موجود فقط في عضلات القدم ويعتمد ذلك على موقع الاتزان
٣- جميع العضلات في جسم الانسان تعمل مع العظام عتلات من النوع الثالث أي ان ذراع القوة فيها قصيرة فهي عتلة المدى الحركي اوعتلة السرعة

مركز كتلة الجسم

كما تستخدم العتلة من النوع الاول في ايجاد مركز كتلة الجسم او الاجزاء



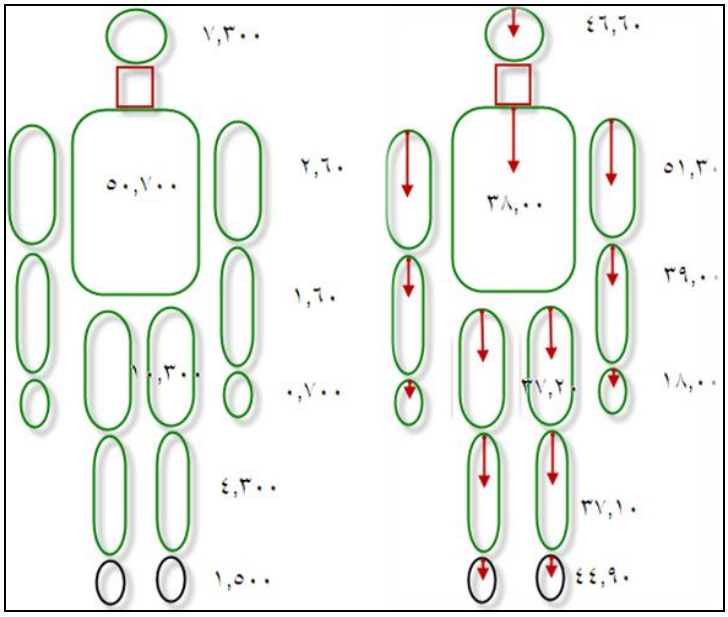
الشكل (٣-٢٥) : عمل العتلة من النوع الاول في ايجاد مركز ثقل الاجسام

الابعاد والاوزان النسبية لاتزان اجزاء الجسم

وفقا للعديد من الدراسات على الجثث توصل العلماء في هذا المجال الى موقع اتزان كل عظم من عظام جسم الانسان وكل كتلة مربوطة بمجموعة عظام كالرأس والجذع والكف والقدم وأدناه جدول اتزان هذه العظام

الجدول (٣-١) يبين الكتلة النسبية والبعد النسبي لايجاد مركز كتل الاجزاء والجسم

التسلسل	الجزء	الكتلة النسبية (كغم)	البعد النسبي (سم)
١	الرأس والرقبة	٧,٣٠٠	٤٦,٦٠
٢	الجذع	٥٠,٧٠٠	٣٨,٠٠
٣	عضد أيمن	٢,٦٠٠	٥١,٣٠
٤	عضد أيسر	٢,٦٠٠	٥١,٣٠
٥	ساعد أيمن	١,٦٠٠	٣٩,٠٠
٦	ساعد أيسر	١,٦٠٠	٣٩,٠٠
٧	يد يمنى	٠,٧٠٠	١٨,٠٠
٨	يد يسرى	٠,٧٠٠	١٨,٠٠
٩	فخذ أيمن	١٠,٣٠٠	٣٧,٢٠
١٠	فخذ أيسر	١٠,٣٠٠	٣٧,٢٠
١١	ساق أيمن	٤,٣٠٠	٣٧,١٠
١٢	ساق أيسر	٤,٣٠٠	٣٧,١٠
١٣	قدم يمنى	١,٥٠٠	٤٤,٩٠
١٤	قدم يسرى	١,٥٠٠	٤٤,٩٠



الشكل (٣-٢٦) : يوضح كيفية القياس لايجاد مركز كتلة الجسم

مثال:

جد كتلة فخذ لاعب كتلته ٧٥ كغم اذا علمت ان طول فخذه ٤٤ سم ، وجد موقع اتزان الفخذ

بما ان الكتل المعروضة في الجدول اعلا هو مثال لشخص كتلته ١٠٠ كغم فان النسبة والتناسب يؤدي الغرض المطلوب ووفقا لما يأتي

$$\text{كتلة الفخذ} = \frac{١٠,٣٠٠ \times ٧٥}{١٠٠,٠٠}$$

كتلة الفخذ = ٧,٧٢٥ سبعة كيلوغرامات و سبعمائة وخمسة وعشرون غراما

وبما ان الابعاد النسبية المعروضة في الجدول هي مثال للاجزاء طولها (١٠٠ سم) فان النسبة والتناسب يؤدي الغرض المطلوب ووفقا لما يأتي

$$\text{مسافة اتزان الفخذ} = \frac{٤٤ \times ٣٧,٢٠}{١٠٠}$$

مسافة اتزان الفخذ او مركز الفخذ = ١٦,٤ سم أي على بعد ستة عشرة سنتيمترا و اربعة مليمترا عن المفصل العلوي من اصل طول الفخذ ٤٤ سم

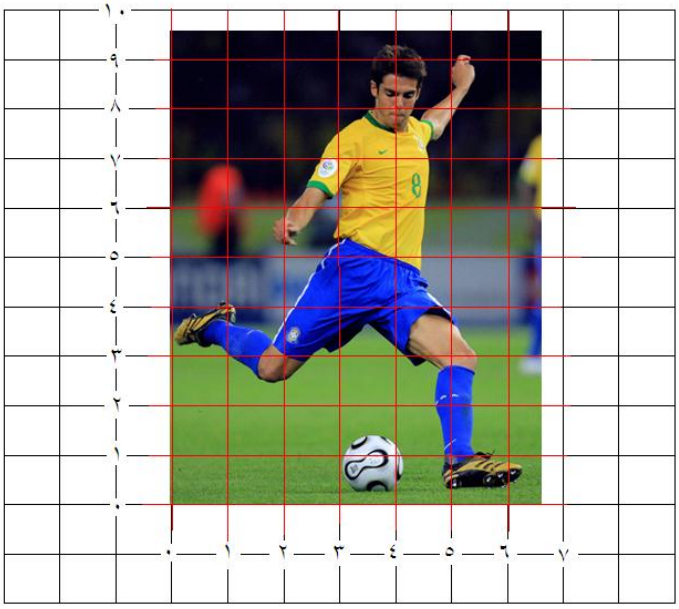
ومن الامثلة اعلاه يمكن ايجاد مركز كتلة الانسان وقد تبين من الدراسات السابقة ان متوسط ارتفاع مركز كتلة الرجل في الوضع التشريحي هو ٥٦,٨% من طوله الطبيعي و ٥٥,٤٤% من الطول الطبيعي للنساء .

مثال:

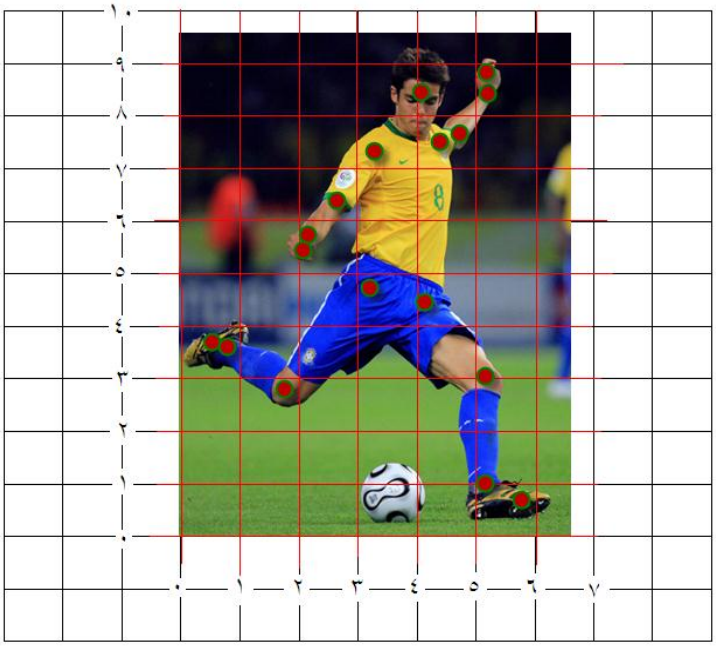
عين مركز كتلة الجسم في الشكل ادناه:

الشكل (٣-٢٧) : يوضح صورة احد لاعبي كرة القدم

يتم وضع الصورة على الورق البياني



الشكل (٣-٢٨) : يوضح صورة احد لاعبي كرة القدم على الورق البياني



الشكل (٣-٢٩) : يوضح صورة احد لاعبي كرة القدم على الورق البياني مع وضع النقاط على مفاصل الجسم

ويلاحظ من الشكل اعلاه انه هناك (٥ مناطق) في جسم الانسان تعد بمثابة مفاصل لاغراض ايجاد مكز كتلة الجسم وهذه المناطق هي
الرأس وتكون النقطة بين الحاجبين من الامام ومن اليسار او اليمين في منتصف المسافة بين الاذن والعين

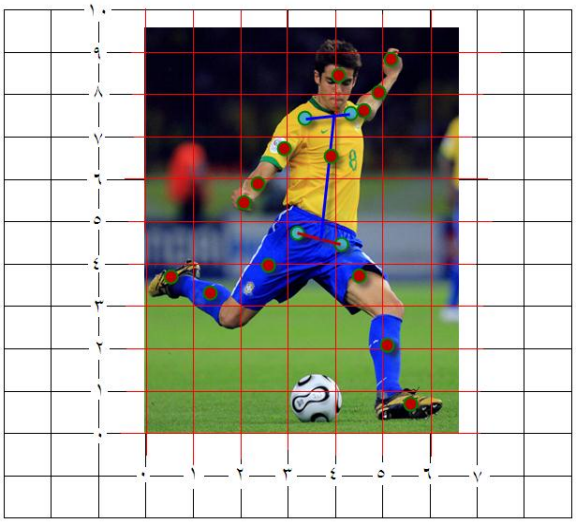
الكف اليمين والكف اليسار وتكون النقطة في منتصف الكف طولا وعرضا
القدمين اليمين واليسار وتكون النقطة على منتصف القدم طولا وعرضا

ويلاحظ انه من الظروري وضع نقاط التماس في الحركات التي تتطلب معرفة التماس فمثلالا ان الوقوف على الرأس يجب وضع نقطة التماس بين الارض والرأس وكذلك الكف في الوقوف على اليدين او في الطيران من حصان القفز والامشاط او الكعب او الحافة الخارجية او الداخلية للقدم وهذه النقاط تعتمد في ايجاد الزوايا والازاحات والازمنة

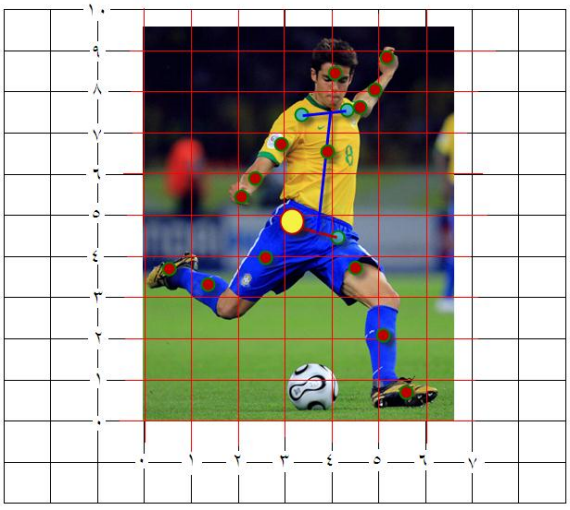
الجدول (٣-٢) يبين الكتلة والبعد النسبي والحقيقي لايجاد مركز الكتلة

ت	الجزء	الكتلة النسبية (كغم)	الكتلة الحقيقية (كغم)	البعد النسبي (سم)	البعد الافقي (سم)	البعد العمودي (سم)	الكتلة الحقيقية × البعد الافقي (كغم×سم)	الكتلة الحقيقية × البعد العمودي (كغم×سم)
١	الرأس والرقبة	٧,٣	٦,٢١	٤٦,٦	٤	٨,٥	٢٤,٨٢	٥٢,٧٤
٢	الجذع	٥٠,٧	٤٣,١	٣٨	٣,٨	٦,٥	١٦٣,٧٦	٢٨٠,١٢
٣	عضد أيمن	٢,٦	٢,٢١	٥١,٣	٣	٦,٦	٦,٦٣	١٤,٥٩
٤	عضد أيسر	٢,٦	٢,٢١	٥١,٣	٤,٥	٧,٥	٩,٩٥	١٦,٥٨
٥	ساعد أيمن	١,٦	١,٣٦	٣٩	٢,٤	٥,٩	٣,٢٦	٨,٠٢
٦	ساعد أيسر	١,٦	١,٣٦	٣٩	٥	٨	٦,٨	١٠,٨٨
٧	يد يمنى	٠,٧	٠,٦	١٨	٢,١	٥,٥	١,٢٥	٣,٢٧
٨	يد يسرى	٠,٧	٠,٦	١٨	٥,١	٨,٨	٣,٠٣	٥,٢٤
٩	فخذ أيمن	١٠,٣	٨,٧٦	٣٧,٢	٢,٥	٤	٢١,٨٩	٣٥,٠٢
١٠	فخذ أيسر	١٠,٣	٨,٧٦	٣٧,٢	٤,٥	٣,٨	٣٩,٤	٣٣,٢٧
١١	ساق أيمن	٤,٣	٣,٦٦	٣٧,١	١,٤	٣,٤	٥,١٢	١٢,٤٣
١٢	ساق أيسر	٤,٣	٣,٦٦	٣٧,١	٥,١	٢	١٨,٦٤	٧,٣١
١٣	قدم يمنى	١,٥	١,٢٨	٤٤,٩	٠,٥	٣,٦	٠,٦٤	٤,٥٩
١٤	قدم يسرى	١,٥	١,٢٨	٤٤,٩	٥,٦	٠,٧	٧,١٤	٠,٨٩
المجموع							٣١٢,٣٢	٤٨٤,٩٤
المجموع بعد قسمتها على ١٠٠							٣,١٢	٤,٨٥

* ايجاد مجموع (الوزن الحقيقي × البعد الافقي) = ٣١٢,٣٢
* استخراج نقطة البعد الافقي = ٣١٢,٣٢ ÷ ١٠٠ = ٣,١٢ تقريباً
* ايجاد مجموع (الوزن الحقيقي × البعد العمودي) =٤٨٤,٩٤
* استخراج نقطة البعد العمودي = ٤٨٤,٩٤ ÷ ١٠٠ = ٤,٨٥ تقريباً
* نقطة التقاء البعدين الافقي والعمودي يمثل مركز ثقل كتلة الجسم .



الشكل (٣-٣٠) : يوضح مراكز كتل الاجزاء لصورة احد لاعبي كرة القدم



الشكل (٣-٣١) : يوضح مراكز كتل الاجزاء ومكز كتلة الجسم لصورة احد لاعبي كرة القدم

الاتزان

الشكل (٣-٣٢) : يوضح استخدام العصا في الاتزان

لاتنجح الحركات الرياضية مالم يتوفر عنصر الاتزان والاتزان هو قابلية الفرد على التحكم بوضع جسمه ضمن محيط حركته .

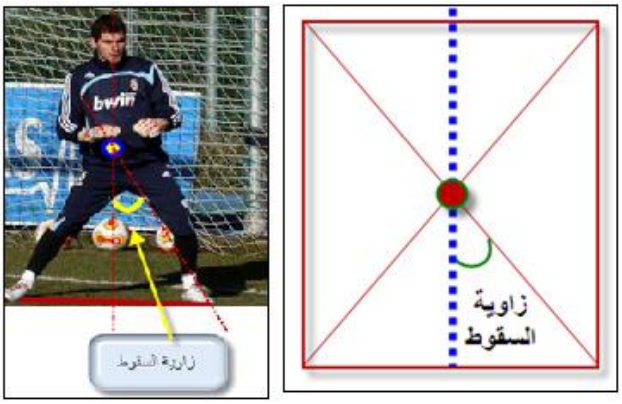
والجسم يكون متزنا عندما تكون محصلة القوى المؤثرة فيه تساوي صفرا فمثلا ان الارض تجذب كتلة الجسم نحو الاسفل بمقدار (٩,٨١ كغم.م/ثا^{٢}) فتقوم العضلات بتسليط القوة نفسها وبما ان اتجاه قوة الجذب نحو الاسفل واتجاه قوة العضلات نحو الاعلى فان محصلة القوى المتعاكسة هي الطرح وبذلك نحصل على قيمة (الصفر) فيبقى الجسم متزنا، ولو حاولنا دفع اللاعب نحو اليمين بقوة مقدارها (ق١) من اليسار فان اللاعب يقوم بعمل قوة مضادة بدفع الارض بالقدم اليمنى ليوفر قوة مقداره (ق٢) تساوي (ق١) وتعاكسه في الاتجاه وبذلك نحصل على محصلة مقدارها (صفر) وفقا لقانون المتجهات، اما اذا حدث خلل معين ولنفترض بان حركة دفع فجائية حدثت من يسار اللاعب ولم يستطيع اللاعب من تجهيز القوةالمطلوبة او انه استطاع تجهيز القوة ولكن ليس في الفترة الزمنية نفسها فان محصلة القوة ستميل مع القوة الاكبر او القوة الاسرع ويؤدي الى فقدان الاتزان وخروج اللاعب من محيط تواجده ، ويحافظ رامي الثقل والرمح في نهاية حركتهما على اتزانهما بتقديم الرجل المتأخرة

للحفاظ على الاتزان وايقاف زخم القسم الرئيسي من الحركة بدفع معاكس لاتجاه الحركة وعدم اقتراف خطأ قانوني بسبب الزخم المتولد من استمرار تحريك مركز ثقل الجسم لوضعه على محيطه على طول مسار الحركة ، والاتزان يمكن في حالة الثبات وفي حالة الحركة.

عند التدريب في صعود المنحدرات او النزول منها لغرض تطوير طول الخطوة او ترددها فان حالة التوازن يختلف عند الصعود عنها عند الهبوط ففي الصعود يقترب مركز ثقل الجسم من حافة السقوط اما في النزول فان مركز ثقل الجسم يبتعد عن حافة السقوط.

زاوية السقوط

وهي الزاوية المحصورة بين الخط العمودي الوهمي النازل من الاعلى الى الاسفل مارا بمركز ثقل الجسم وبين الخط الواصل من مركز ثقل الجسم وحافة قاعدة الاستناد ، وكلما زادت قيمة هذه الزاوية كلما زاد اتزان الجسم ، وتتأثر هذه الزاوية بارتفاع مركز ثقل الجسم او ابتعاده عن حافة القاعدة ، اذ كلما ارتفع مركز ثقل الجسم كلما قلت زاوية السقوط وكلما اقترب مركز ثقل الجسم من الحافة كلما قلت زاوية السقوط .



الشكل (٣-٣٣) : يوضح زاوية السقوط

العوامل المؤثرة في الاتزان

يتأثر التوازن بعدة عوامل نذكر منها

١- كتلة الجسم

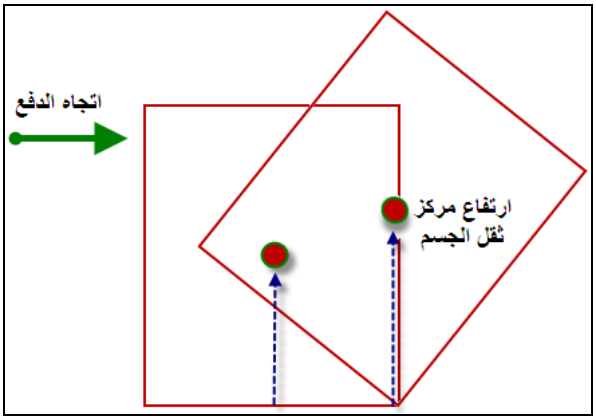
٢- مساحة القاعدة (طولا وعرضا)

٣- زاوية السقوط (الابتعاد والارتفاع)

٤- معامل الاحتكاك (للاجسام المتحركة)

انواع الاتزان وفقا لموضع مركز ثقل الجسم

- الاتزان المستقر : يحدث عند وجود زاوية سقوط كبيرة وعندما يكبر عزم الدوران عند محاولة اسقاط الجسم وكما موضح في الشكل ادناه



الشكل (٣-٣٤) : يوضح تغير موقع مركز الثقل عند الاسقاط

- الاتزان غير المستقر : يحدث عند وجود زاوية سقوط صغيرة جدا وعندما يقل عزم الدوران بانخفاض مركز ثقل الجسم ويتطلب ذلك بان يتم الدفع من اسفل مركز ثقل الجسم كما يحدث في المصارعة عند دفع رل الخصم بالقدم.
- الاتزان المستمر او المتعادل : ويحدث في دحرجة الكرة او الصندوق عندما يؤثر الدفع في مركز الاداة فلا يتغير موضع مركز ثقل الجسم.

قياس درجات ثبات الاجسام

ان الوصف بان الجسم ثابت او يميل الى الثبات غير كافي للدلالة على استقرار الجسم وعليه وجب وضع قيم رقمية تدل على مدى ثبات او استقرار الجسم ، وهناك ثلاثة مقاييس في ذلك وهي :

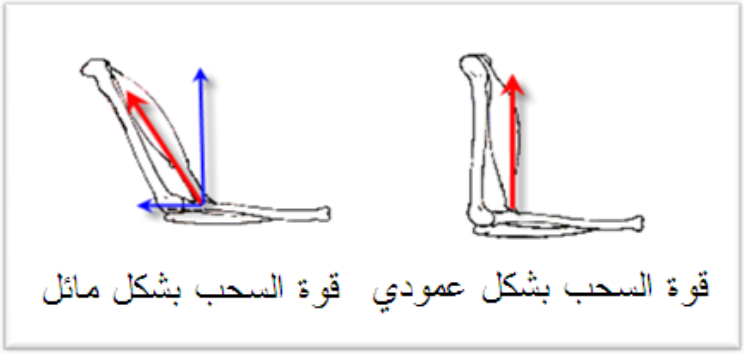
١- المقياس الهندسي : باستخدام قيمة زاوية السقوط

٢- المقياس الدينمايكي : من خلال مقارنة عزم وزن الجسم مع عزم القوة المطلوبة لاخلال التوازن

٣- مقياس الطاقة : باستخدام قانون الشغل من خلال قياس التغير الحاصل على مسافة مركز ثقل جسم الاداة من موضع لاخر عند محاولة تغيير اتزانه والقوة المطلوبة لذلك.

العزم

يعني العزم الجهد المتولد على المحور بسبب مسافة ابتعاد تأثير القوة المسلطة أي ان القوة في ذراعها يعني عزم القوة وكذلك يقال للمقاومة



الشكل (٣-٣٥) : يوضح تحليل القوة الى مركبتين في العضلة ذات الرأسين العضدية

العضلة تكون في اقصى شد عندما تكون الزاوية ٩٠ درجة بين نقطة اندغامها والعظم وذلك لثلاثة اسباب مهمة:

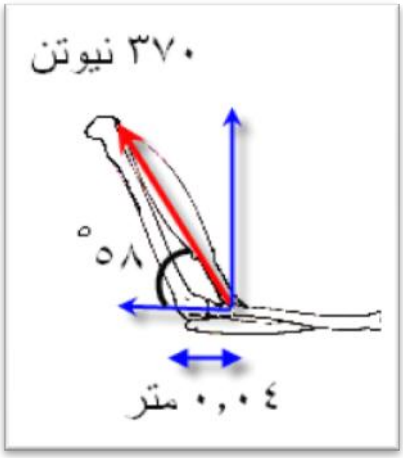
١- ان جيب الزاوية ٩٠ درجة هو ١ مما يعني ان اية قيمة تضرب في جيبها تبقى مثلما هي بعكس الزوايا اقل او اكبر من ٩٠ درجة اذ تقل قيمها

٢- ان المركبة في الزاوية ٩٠ درجة تكون عمودية في حين ان اية زاوية اقل من ٩٠ درجة او اكبر تتحلل الى مركبتين مما تضعف المركبة العمودية المطلوبة للاتزان

٣- ان ذراع القوة تكون في اقصى امتداد لها اذا كانت الزاوية ٩٠ درجة اما اذا رفعنا الذراع او خفضناها تغيرت قيمة الامتداد العمودي للمسافة بين القوة والمركز

مثال:

احسب العزم المتولد على مفصل المرفق اذا علمت ان الشد الموجود على العضلة ذات الرأسين العضدية تقدر ٣٧٠ نيوتن وبزاوية مائلة مع عظم الساعد بمقدار ٥٨ درجة وان نقطة القوة تبتعد بمقدار ٠,٠٤ متر عن مفصل المرفق



الشكل (٣-٣٦) : يوضح زاوية شد العضلة ذات الرأسين العضدية

القوة العمودية = القوة العضلية × جيب الزاوية

العزم = القوة العمودية × ذراعها

عندما تكون الزاوية قائمة فأن القوة العضلية تساوي القوة العمودية

القوة العمودية = ٣٧٠ × جيب ٩٠ درجة

= ١ × ٣٧٠

= ٣٧٠

اما عندما تكون الزاوية بين العظم (جسم الرافعة) والقوة العضلية اقل او اكبر من ٩٠ درجة فان القوة العمودية تكون اقل من القوة العضلية

القوة العمودية = ٣٧٠ × جيب ٥٨ درجة

=٣٧٠ × ٠,٧٩

= ٢٩٢,٣

العزم= ٢٩٢,٣ × ٠,٠٤

العزم = ١١,٦٩٢ نيوتن لكل متر العزم المتولد على مفصل المرفق

الدفع وكمية الحركة

سبق وان عرفنا ان كمية حركة الجسم عبارة عن حاصل ضرب كتلته في سرعته... ويمكن ان نقول ان كمية الحركة التي تمتلكها مطرقة كتلتها ٢٠كغم وبسرعة ١٠م\ثا هي نصف كمية حركة المطرقة نفسها فيما اذا تحركت بسرعة ٢٠م\ثا وانطلاقا من قانون نيوتن الثاني فان التغيير في كمية حركة الجسم تحدث بفعل تأثير القوة (قانون نيوتن الثاني) ... ومن الطبيعي ان تأثير القوة يحدث في فترة زمنية معينة . فلو اثرنا في جسم بقوة مقدارها ١٠٠ نيوتن وكان زمن فعل التأثير ٢ثانية ، فان الجسم سيتحرك بكمية حركية معينة (زخم معين) . ولو اردنا ان تكسب الجسم نفسه كمية الحركة الاولى نفسها ولكن بزمن فعل قدره ثانية واحدة ، فعندئذ يجب ان نضاعف مقدار القوة او العكس اذا اردنا ان نستخدم قوة تأثيرية مقدارها ٥٠ نيوتن ففي هذه الحالة ينبغي ان يطول زمن تأثير القوة ليصل الى

٤ثواني ... ومن هذا المنطلق نجد ان القوة التي تؤثر في فترة زمنية يطلق عليها ميكانيكا مصطلح الدفع او دفع القوة (Impulse) .

ان الدفع يساوي المساحة تحت المنحى وبوحدة مختلفة ، فهما يعبران عن الحالة نفسها وبما ان المساحة تحت المنحنى عبارة عن مقادير قوى لحظية فيتم جمعها وايجاد معدلها ثم ضربها في الزمن الكلي فان الدفع يساوي معدل القوة في الزمن.

الدفع = ق × ن

القوة = ك × ج

أي ان :

الدفع = (ك × ج) × ن

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}}$$

اذن

$$\text{الدفع} = \text{ك} \times \frac{\text{س}}{\text{ن}} \times \text{ن}$$

بحذف ن

$$\text{الدفع} = \text{ك} \times \frac{\text{س}}{\cancel{\text{ن}}} \times \cancel{\text{ن}}$$

الدفع = ك × س

اذن

الدفع = كمية الحركة

الشغل Work

عندما يتغلب جسم على مقاومة ويستمر ولمسافة معينة فانه يكون قد بذل شغلا اي لو أثرت قوة معينة في جسم وتحرك بفعل تأثير القوة فأنه يكون قد انجز شغلا، ويمكن صياغة القانون الرياضي لمتغير الشغل كما يلي :

الشغل = القوة × المسافة

ش = ق × م

ومن خلال القانون اعلاه يتضح لنا ان الشغل يتناسب تناسبا طرديا مع القوة والمسافة فاذا ما استخدمت قوة على سبيل المثال قدرها (٢٠٠) نت لتحريك عربة مسافة (٤٠)م فمقدار الشغل المنجز لذلك هو :

ش = ٢٠٠ × ٤٠

= ٨٠٠٠ نيوتن \ م او جول

وحدات الشغل متعددة وأي وحدات للقوة يمكن ان تجمع مع أي وحدة لمسافة لتشكيل وحدة الشغل . وفي النظام المتري (جول) تعتبر الوحدة الشائعة المستخدمة ... الجول

تقاس المسافة في اتجاه القوة العاملة بغض النظر عن المسار الذي يسلكه الجسم المقاوم والمتغلب عليه ... فعلى سبيل المثال عند يرفع رباع وزن قدره ١١٠٠ نيوتن من الارض ووضعها فوق الرأس بارتفاع ٢م فالشغل المنجز هو ٢٢٠٠ جول. الشغل المنجز في نفس اتجاه الجسم المتحرك يسمى بالشغل الموجب اما اذا انجز الشغل في اتجاه معاكس فيسمى بالشغل السالب ، فلو سلط الرياضي قوة مقدارها ١٠٠٠نيوتن في البينج بريس لرفع ثقل الى الاعلى مسافة (٠.٣م) كان

الشغل المنجز هو ٣٠٠ جول ، ويطلق عليه بالشغل الايجابي لان اتجاه القوة المسلطة على الثقل تكون باتجاه حركة الثقل . اما اذا سلط نفس الرياضي قوة مقدارها ١٠٠٠ نيوتن لخفض الثقل الى الاسفل مسافة ٠.٣م ، فالشغل المنجز هو ٣٠٠ جول ويطلق عليه بالشغل السلبي لان اتجاه القوة المسلطة كان باتجاه معاكس لحركة الثقل . من الضروري ان نعرف بان مصطلح المسافة هو المستخدام بدلا من مصطلح الازاحة.

مثال :

ما هو مقدار الشغل الحادث نتيجة تأثير قوة مقدارها ١٠٠ نيوتن ادت الى تحريك جسم مسافة ١٠م عن موضعه الأصلي ، وما هو مقدار الشغل ، اذا كانت المسافة التي تحركها الجسم هي ٢٥م ؟

الشغل = ق × م

= ١٠٠ نت × ١٠م

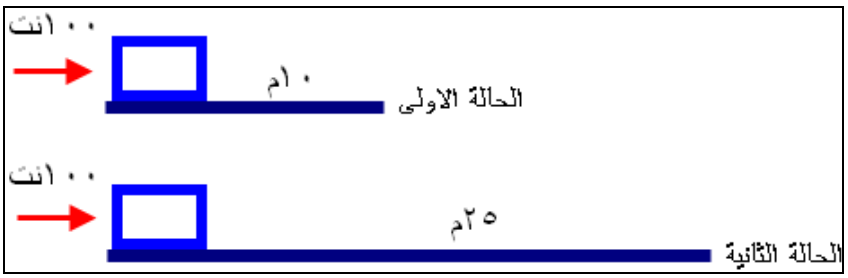
= ١٠٠٠ جول في الحالة الاولى

الشغل = ق × م

= ١٠٠ نت × ٢٥م

= ٢٥٠٠ جول في الحالة الثانية

ويكون الشغل المنجز في الحالة الثانية اكبر منه في الحالة الاولى لأن المسافة في الحالة الثانية اكبر.



الشكل (٣-٣٧) : يوضح مدى اعتماد الشغل على المسافة

مثال:

يتطلب من عداء ١٠٠ متر ان يصدر قوة مقدارها ضعف كتلته ويستمر حتى نهاية السباق علما ان كتلته ٨٢ كغم وانجازه ١٠,١٤ ثانية ، وعداء ٢٠٠ متر يصدر قوة مقدارها ٧٦٥ نت وينهي السباق بزمن قدره ٢٢,٤٨ ثانية ، المطلوب حساب فيما ادناه لكل عداء

١- كمية الحركة

٢- الشغل

كمية الحركة = الكتلة × السرعة

$$\text{كمية الحركة}_{١٠٠} = ٨٢ \times \frac{١٠٠}{١٠,١٤}$$

$$\text{كمية الحركة}_{٢٠٠} = \frac{٧٦٥}{٩,٨١} \times \frac{٢٠٠}{٢٢,٤٨}$$

الشغل = القوة × المسافة

$$\text{الشغل}_{١٠٠} = ٨٢ \times ٢ \times ٩,٨١ \times ١٠٠$$

$$\text{الشغل}_{٢٠٠} = ٧٦٥ \times ٢٠$$

القدرة Power

ان الشغل المنجز سواء انجز في ثانية او في دقيقة او في ساعة هو نفس الشغل من حيث كمية الشغل ، ولكن الذي يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار وفي كثير من الفعاليات في مجالنا الرياضي هو ليس التفاضل بين مقدار الشغل المنجز ، ولكن بالزمن الذي انجز فيه هذا الشغل ، فالذي ينجز الشغل بفترة زمنية اقل افضل

من الذي ينجز الشغل نفسه ولكن بفترة زمنية اطول حيث يطلق على العلاقة بين الشغل والزمن بالقدرة ، وعليه فيمكننا تعريف القدرة ميكانيكيا بانها القابلية على انجاز شغل خلال زمن معين.. أي ان :

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}} \qquad \boxed{\frac{\text{نيوتن} \times \text{متر (جول)}}{\text{ثانية}}}$$

او

$$\text{القدرة} = \frac{\text{القوة} \times \text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

او

$$\text{القدرة} = \text{القوة} \times \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

او

$$\text{القدرة} = \text{القوة} \times \text{السرعة}$$

او

$$\text{القدرة} = \text{الكتلة} \times \text{التعجيل} \times \text{السرعة}$$

ان الشخص الذي باستطاعته انجاز شغل اكبر في الوحدة الزمنية القليلة هو الاكثر قدرة . فالمعدل الزمني لانجاز الشغل مهم جدا لأنه عن طريق الزمن يمكن معرفة القدرة . والقانون يؤكد العلاقة بين القوة والقدرة ، ان الانجاز الجيد يعتمد على القدرة التي تعني (معدل الشغل المنجز خلال فترة زمنية معينة) كما وتعني قابلية الرياضي على استخدام قوته بوقت ومسافة محددتين (وقت قصير – مسافة

كبيرة) فالقدرة هنا تكون اعظم اذا ما استخدمت القوة لمسافة طويلة ولفترة زمنية قصيرة او كليهما .

وبالرغم من ان عاملي القوة والسرعة يلعبان دورا كبيرا في تحديد قيمة القدرة الا ان هنالك نسب مختلفة تحتاجها في تحديد القدرة للفعاليات المختلفة كما تؤكد بان الاداء الذي يتطلب القدرة ويتم ضد مقاومة كبيرة يعتمد على القوة اكثر من الاداء الذي يتم ضد مقاومة صغيرة والذي يعتمد على السرعة بشكل اكبر على انه لا يمكن الفصل بين هذين الحركتين عند دراسة القدرة وعلى هذا الاساس وبسبب كون الرمح خفيف بالمقياس بالثقل فانه يركز على السرعة اكثر من القوة في رميه في حين يركز على القوة في رمي الثقل .

ان وحدة القياس في النظام المتري هو (الواط) وتساوي القدرة على انجاز شغل مقداره جول واحد في ثانية واحدة ، ولو رجعنا الى المعادلة الجبرية للقدرة لوجدنا ان هناك علاقة حيوية بين القدرة والسرعة ، ومثلما واضح من كم الاشتقاقات الممكنة في المعادلات اعلاه.

مثال:

ما هي القدرة للرياضي الذي ينجز شغلا مقداره (٦٠٠ جول) في رفع ثقل فوق رأسه بزمن قدره (١,٥ثانية) .

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{القدرة} = \frac{٦٠٠}{١,٥}$$

القدرة = ٤٠٠ واط قدرة الرياضي

مثال:

عداء ١٠٠ متر وزنه ٨٢٠ نيوتن ينهي السباق في زمن قدره ١٠,١٤ ثانية ، لو انهى العداء نفسه سباق ٢٠٠ متر بزمن قدره ٢٢,٤٨ ثانية ، في أي السباقين يبذل زخما اكبر ؟ وفي ايهما يبذل شغلا اكبر ؟ ولماذا؟.

كمية الحركة = الكتلة × السرعة

$$\text{كمية الحركة}_{..١} = \frac{٨٢٠}{٩,٨١} \times \frac{١٠٠}{١٠,١٤}$$

$$\text{كمية الحركة}_{..١} = ٨٣,٥٩ \times ٩,٨٦$$

$$\text{كمية الحركة}_{..١} = ٨٢٤,٢٠ \text{ كغم.م/ثا}$$

$$\text{كمية الحركة}_{..٢} = \frac{٨٢٠}{٩,٨١} \times \frac{٢٠٠}{٢٢,٤٨}$$

$$\text{كمية الحركة}_{..٢} = ٨٣,٥٩ \times ٨,٩٠$$

$$\text{كمية الحركة}_{..٢} = ٧٤٣,٩٥ \text{ كغم.م/ثا}$$

الشغل = القوة × المسافة

$$\text{الشغل}_{..١} = ٨٢٠ \times ١٠٠$$

$$\text{الشغل}_{..١} = ٨٢٠٠٠$$

$$\text{الشغل}_{..٢} = ٨٢٠ \times ٢٠٠$$

$$\text{الشغل}_{..٢} = ١٦٤٠٠٠ \text{ جول}$$

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{القدرة}_{١٠٠} = \frac{٨٢٠٠٠}{١٠,١٤}$$

$$\text{القدرة}_{١٠٠} = ٨٠٨٦,٧٨ \text{ واط}$$

$$\text{القدرة}_{٢٠٠} = \frac{١٦٤٠٠٠}{٢٢,٤٨}$$

$$\text{القدرة}_{٢٠٠} = ٧٢٩٥,٣٧ \text{ واط}$$

الطاقة

وتعني (قدرة الجسم على انجاز شغل ما) . والطاقة لا تخلق من العدم ولا تفنى ويمكن تحويل الطاقة من شكل الى اخر ، وهناك اشكال متعددة للطاقة والذي يهمنا في هذا المجال هو الطاقة الميكانيكية ... فعند اداء الرياضي لحركة معينة فأنه يمتلك طاقة ميكانيكة ولكن تختلف انواع هذه الطاقة التي يمتلكها باختلاف وضعه اثناء الحركة فعندما يكون الجسم في حالة حركة فانه يمتلك طاقة تدعى بالطاقة الحركية ويختلف مقدار هذه الطاقة تبعا لاختلاف كتلة الجسم المتحرك وسرعته اثناء الاداء ، حيث ان مفهوم الطاقة الحركية بشكل عام يعني حاصل

ضرب نصف الكتلة الجسم في مربع سرعته ، وان الطاقة الحركية للجسم اثناء حركته الخطية تختلف عن طاقة الجسم اثناء الحركة الدائرية . فعلى سبيل المثال اذا كانت كتلة عداء ١٠٠كغم يركض بسرعة ٦م اثا يمتلك طاقة حركية اقل مما لو كانت سرعته ٨مإثا ، من هنا يمكننا ان نعبر عن مقدار الطاقة الحركية بالمعادلة التالية :

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{1}{2} \times \text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^2$$

او

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{\text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^2}{2}$$

وتقاس الطاقة بوحدات كتلة (كيلوغرام) ووحدات سرعة (متراثانية) وتسمى بـ(الجول) أي وحدة قياس الشغل نفسها.

$$\text{طح} = \frac{1}{2} \times \text{ك} \times \text{س}^2$$

كما ويمكن توضيح درجة الاختلاف في مقدار الطاقة التي يمتلكها الجسم في الحركات الخطية كما هو عليه في الحركات الدائرية من خلال المثال التالي : فالراكض اثناء الحركة الخطية نجد ان سرعة كل جزء من اجزاء جسمه يتحرك بسرعة اجزاء الجسم الاخرى ، واذا رمزنا لكل جزء برقم ما ، فان الطاقة الحركية لكل جزء يحمل رقما معينا وهي الطاقة (١) ، والطاقة (٢) والطاقة (٣) ... وهكذا

وحيث ان الطاقة الحركية للجسم ككل تعادل مجموع الطاقة الحركية لاجزاءه ، لذلك يمكننا الحصول على الطاقة الحركية الكلية وفقا للعلاقة التالية :

الطاقة الحركية الكلية = طح١ + طح٢ + طح٣

ولو لاحظنا الطاقة الحركية في الحركات الدائرية نجدها تختلف في سرعتها فيما بينها وذلك لاختلاف بعد كل منها عن محور الدوران ، لهذا نجد على سبيل المثال عندما يقوم اللاعب بالدوران حول محور ما فان سرعة أجزاءه تختلف عن بعضها ، حيث ان سرعة دوران الجزء البعيد اكبر من سرعة دوران الجزء القريب من المحور وذلك بسبب اختلاف في أطوال (أنصاف القطر) الأجزاء ، وان الطاقة الحركية الدورانية يمكننا الحصول عليها طبقا للعلاقة التالية :

$$\text{الطاقة الحركية الدورانية} = \frac{١}{٢} \times \text{الكتلة} \times (\text{نصف القطر})^{٢} \times (\text{السرعة الزاوية})^{٢}$$

$$\text{طح الدورانية} = \frac{١}{٢} \text{ ك} \times \text{نق}^{٢} \times \text{س ز}^{٢}$$

ويلاحظ بان

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

مثال تطبيقي :

لوحظ ان عداء يركض احدى اجزاء السباق بسرعة قدرها ١٠ م/ثا ، علما ان كتلته ٨٦ كغم ، احسب طاقة حركته.

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{\text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^{٢}}{٢}$$

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{٨٦ \times (١٠)^{٢}}{٢}$$

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{٨٦٠٠}{٢}$$

الطاقة الحركية = ٤٣٠٠ جول

مثال :

لوحظ ان عداء يبذل طاقة مقدارها ٤٣٠٠ جول خلال ركضه احدى اجزاء السباق ، علما ان كتلته ٨٦ كغم ، احسب سرعته.

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{\text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^{٢}}{٢}$$

بضرب الوسطين في الطرفين

الطاقة الحركية × ٢ = الكتلة × (السرعة)^{٢}

$$(\text{السرعة})^{٢} = \frac{\text{الطاقة الحركية} \times ٢}{\text{الكتلة}}$$

$$\text{السرعة} = \sqrt{\frac{\text{الطاقة الحركية} \times ٢}{\text{الكتلة}}}$$

$$\text{السرعة} = \sqrt{\frac{٤٣٠٠ \times ٢}{٨٦}}$$

$$\text{السرعة} = \sqrt{\frac{٨٦٠٠}{٨٦}}$$

$$\text{السرعة} = \sqrt{١٠٠}$$

السرعة = ١٠ م/ثا

وهناك نوع اخر من الطاقة الميكانيكة هو ما يسمى بالطاقة الكامنة او طاقة الوضع ويقصد بها الطاقة التي يمتلكها الجسم في وضع معين اثناء الثبات ففي حالة رمي الثقل الى الاعلى فانه يتحرك بطاقة حركية ولكن سرعته تناقص اثناء الصعود تدريجيا وعليه تقل طاقته الحركية تدريجيا وتتحول الى شكل اخر يخزن في الجسم تسمى بالطاقة الكامنة عندما يتوقف الجسم في اعلى نقطة ممكنة الوصول اليها عندئذ تصبح الطاقة الحركية صفرا أي تتحول بكاملها الى طاقة مخزونة في الجسم على ذلك الارتفاع .

وكذلك يمكن ملاحظة ما ذكر في اعلاه في المثال التالي ايضا. في الحالة التي يحاول فيها لاعب الكرة الطائرة بكبس الكرة فانه يتحرك حركة عمودية الى الاعلى بطاقة حركية الا ان سرعته تبدأ بالتناقص التدريجي حيث تقل طاقته الحركية تدريجيا وتصل الى درجة الصفر في اعلى نقطة يصلها جسمه وبعدها تتحول الطاقة الحركية الى طاقة مخزونة في الجسم في تلك النقطة فيستطيع استخدامه في اداء حركة الكبس. ويمكن استخراج قيمة الطاقة الكامنة من خلال العلاقة التالية :-

الطاقة الكامنة = وزن الجسم × الارتفاع عن سطح الارض

$ط_ك = و \times ع$

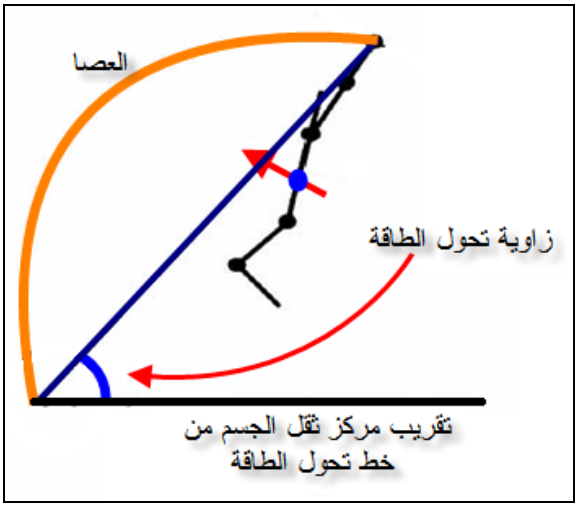
واخيرا من الجدير بالذكر ان هناك اشكالا من الطاقة الكامنة فهناك الطاقة الكامنة المطاطية والطاقة الكامنة للجاذبية الارضية . فعلى سبيل المثال ان نزول لاعب الجمناستيك على (الترامبولين) يؤدي الى تقعره نتيجة المطاطية التي تمتلكها المادة ويؤدي ذلك الى اتساع مساحة رقعة الترامبولين . ان هذا التقعر ما هو الا عملية خزن للطاقة اي تحويل الطاقة الحركية الى طاقة كامنة، وعندما يبدأ اللاعب

بالصعود الى الاعلى فأن الطاقة التي تم خزنها في الترامبولين تتحرر الى شكل طاقة حركية تساعد على قفز اللاعب عاليا بشكل اقوى .

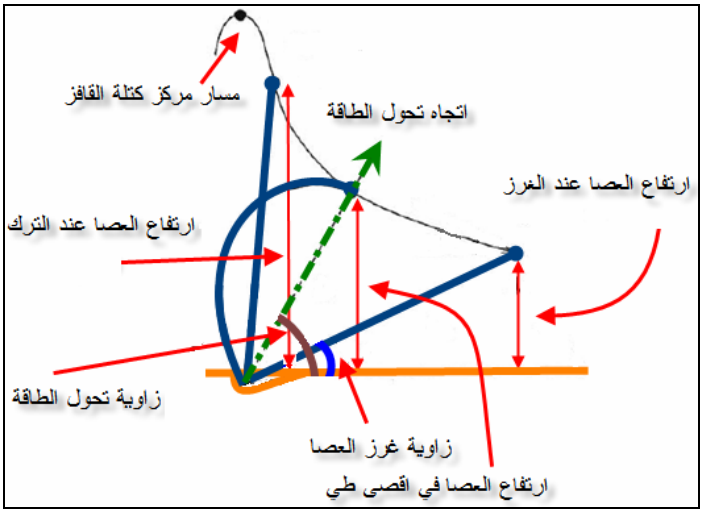
ان مقدار الطاقة الكامنة التي يمتلكها الجسم وهو على ارتفاع معين عن سطح الارض يتناسب تناسبا طرديا مع ذلك الارتفاع لأن العوامل المؤثرة في مقدار تلك القوة هي وزن الجسم وارتفاعه كما في المعادلة الرياضية المشار اليها سابقا .

ان المثال الشائع في المجال الرياضي هو الاستفادة من الطاقة المخزونة في عصا الزانة ليستفاد منها اللاعب في ارتفاعه.

الشكل (٣-٣٨) : يوضح عصا الزانا كمثال للطاقة الكامنة



الشكل (٣-٣٩) : يوضح بعض المتغيرات في فعالية القفز بعصا الزانا



الشكل (٣-٤٠) : يوضح تحول مسار مفصل الورك وفقا لتحول الطاقة في عصا الزانا

التصادم والارتداد

ان كثيرا من الحركات في المجال الرياضي تخضع الى اسس التصادم والارتداد سواء كان بجسم اللاعب نفسه او باجزاء منه او بالادوات التي يستخدمها اثناء ادائه للفعالية او للمهارة الرياضية ، و يمكن تقسيم التصادم الى :

- التصادم المباشر : يكون الجسمين المتصادمين متقابلتين وعلى خط عمل واحد ويمر تأثير التصادم متعامدا بينهما وخلال مركزي ثقليهما وينتج عنهما حركة ارتداد خطية ، ومثال ذلك ضرب الكرة بمقدمة القدم .
- التصادم غير المباشر : يكون خط عمل التصادم بين الجسمين بزاوية ، ولهذا يسمى التصادم غير المباشر بالتصادم المائل وينتج عن قوة التصادم هذه حركة ارتداد دائرية ، ومثال ذالك ضرب الكرة بجانب القدم.

ان امثلة التصادم والارتداد كثيرة في المجال الرياضي ... ففي كرة السلة مثلا تعد المناولة المرتدة احد اشكال التصادم بين الكرة والارض وارتدادها ثانية باتجاه الزميل ، ان قوة التصادم هي عبارة عن القوة التي ترتطم بها الكرة بالارض ، اما القوة التي تعيد الكرة الى وضعها الاصلي بعد حدوث التغيير في شكلها نتيجة التصادم فانها تدعى قوة الارتداد ، ويمكننا توضيح ذلك من خلال التصادم بين المضرب والكرة ، فان قوة المضرب على الكرة تكون بمثابة قوة الفعل ، اما عملية استعادة الكرة الى وضعها تكون بمثابة قوة رد الفعل التي ترد فيه الكرة على المضرب .

الشكل (٣-٤١) : يوضح تحول كمية الحركة من جسم الى اخر

فلو اخذنا على سبيل المثال التصادم الحادث بين مضرب التنس والكرة ، فمن المعروف ان كلا من المضرب والكرة يمتلكان كمية حركة معينة هي عبارة عن كتلتيهما في سرعتيهما ، فلو فرضنا ان كتلة المضرب (ك١) وسرعته قبل التصادم (س١) وكتلة الكرة قبل التصادم (ك٢) وسرعتها (س٢) فان مجموع كمية حركتيهما = ك١س١+ك٢س٢ . ولكن الذي يحدث بعد التصادم هو تغير سرعة المضرب والكرة حيث تكون سرعة المضرب (س٣) وسرعة الكرة (س٤) فان مجموع كمية حركتيهما = ك١س٣+ك٢س٤ ... ما يجب الانتباه اليه هو ان مقدار

ما يفقده المضرب من كمية الحركة اثناء اصطدامه بالكرة تكسبها الكرة اذ ينص قانون حفظ الزخم على (ان كمية حركة الاجسام الكلية عند تأثير بعضها في بعضها تكون ثابتة) وعلى هذا الاساس يمكننا ان نذكر :-

كمية الحركة قبل التصادم = كمية الحركة بعد التصادم

ك١ س١ + ك٢ س٢ = ك١ س٣ + ك٢ س٤

ويقصد بمعامل الارتداد "النسبة بين سرعة الجسمين بعد التصادم الى سرعتيهما قبل التصادم" .

$$\text{معامل الارتداد} = \frac{\text{السرعة بعد التصادم}}{\text{السرعة قبل التصادم}}$$

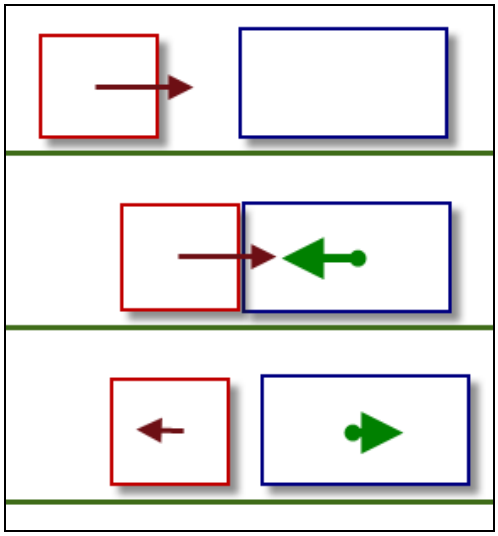
ويمكن صياغة المعادلة بالنسبة للارتفاعات القبلية والبعدية بما يلي :-

$$\text{معامل الارتداد} = \sqrt{\frac{\text{ارتفاع الارتداد}}{\text{ارتفاع السقوط}}}$$

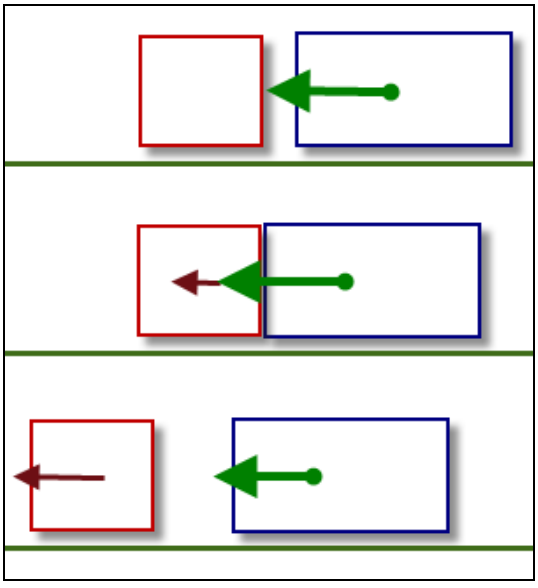
ومعامل الارتداد تساوي (١) عند الاصطدام تام المرونة أي ان الجسم يحافظ على شكله دون تغيير ، واقل من (١) عند الاصطدام المرن أي ان الجسم يستعيد جزء من شكله وهذا يحدث في المجال الرياضي بشكل كبير بين الكرة والارض وكذلك عند التقلص المركز للعضلة ، ويساوي (صفر) عند الاصطدام غير المرن أي ان الجسم لايستعيد شكله.

في الشكل ادناه عندما تتدحرج كتلة صغيرة بمقدار من القوة تساوي وزن الاداة وتصطدم بكتلة كبيرة وزن كبير يحدث ان تنتقل كمية الحركة الى الكتلة

الكبيرة وتكون غير كافية لتحريكها وتحدث الكتلة الكبيرة ردا لهذه الكمية المكتسبة الى الكتلة الصغيرة بالمقدار نفسه وبالاتجاه المعاكس فتستقر الكتلة الصغيرة او تتحرك بمقدار ضئيل الى عكس الاتجاه



الشكل (٣-٤٢) : يوضح الصادم والارتداد عند تحرك الكتلة الصغيرة



الشكل (٣-٤٣) : يوضح الصادم والارتداد عند تحرك الكتلة الكبيرة

في الشكل اعلاه عندما تتدحرج كتلة كبيرة بمقدار من القوة تساوي وزن الاداة وتصطدم بكتلة صغيرة وزن صغير يحدث ان تنتقل كمية الحركة الى الكتلة الصغيرة وتكون كافية وزائدة لتحريك الكتلة الصغيرة اما الكتلة الصغيرة فتحدث ردا لهذه الكمية المكتسبة الى الكتلة الكبيرة بالمقدار نفسه وبالاتجاه المعاكس فلا تكفي لايقلفها فتستمر الكتلتان بالحركة.

إذا اصطدم جسم مرن كتلته ك١ يتحرك بسرعة ع١ بجسم آخر مرن ساكن كتلته ك٢ فإن :

سرعة الجسم الأول بعد التصادم تعطى بالعلاقة :

$$\text{سرعة الجسم الأول بعد التصادم} = \frac{\text{ك١ – ك٢}}{\text{ك١ + ك٢}} \times \text{ع١}$$

سرعة الجسم الثاني بعد التصادم تعطى بالعلاقة :

$$\text{سرعة الجسم الثاني بعد التصادم} = \frac{\text{٢ × ك١}}{\text{ك١ + ك٢}} \times \text{ع١}$$

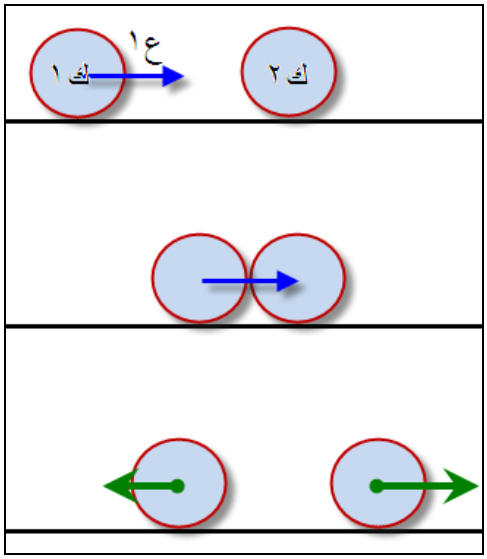
وبما ان التصادم مرن (أي العوامل الخارجية قد تم اهمال تأثيرها)

$$\text{سرعة الجسم المتحرك بعد التصادم} = \frac{\text{١ – ٢}}{\text{٣}} \times \text{١}$$

= – ٠,٣٣ أي ان الجسم المتحرك سيرتد بسرعة مقدارها ٠,٣٣ م/ثا

$$\text{سرعة الجسم الثابت بعد التصادم} = \frac{\text{٢ × ١}}{\text{٣}} \times \text{١}$$

= + ٠,٦٦ أي ان الجسم الثابت سيكتسب سرعة مقدارها ٠,٦٦ م/ثا



الشكل (٣-٤٤) : يوضح بعض حالات الاصطدام والارتداد

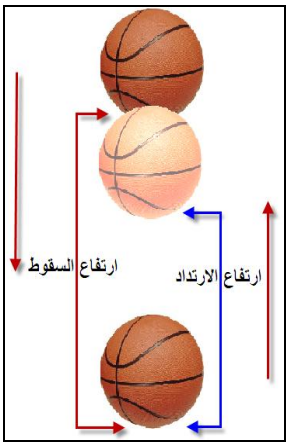
مثال

سقطت كرة السلة من ارتفاع (٢ متر) محسوبا من اسفلها وارتدت الى ارتفاع (١,٢٢ متر) جد معامل الارتداد

$$\text{معامل الارتداد} = \frac{\text{ارتفاع الارتداد}}{\text{ارتفاع السقوط}}$$

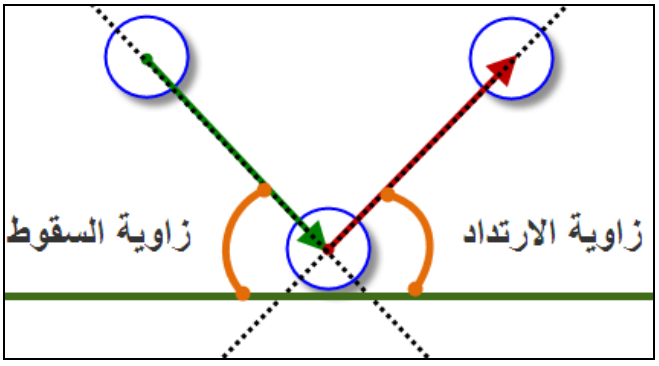
$$\text{معامل الارتداد} = \frac{١,٢٢}{٢,٠٠}$$

معامل الارتداد = ٠,٧٨١



الشكل (٣-٤٥) : يوضح ارتفاعي السقوط والارتداد

زاوية السقوط وزاوية الارتداد



الشكل (٣-٤٦) : يوضح زاويتي السقوط والارتداد

العوامل المؤثرة على زاوية الارتداد

١- زاوية سقوط الكرة بالنسبة للسطح المضروب

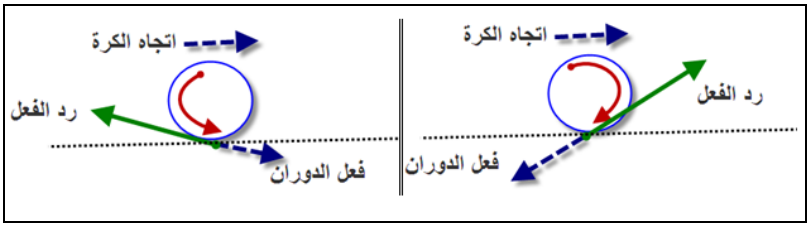
٢- تركيب السطح المضروب

٣- تركيب ومرونة الاداة

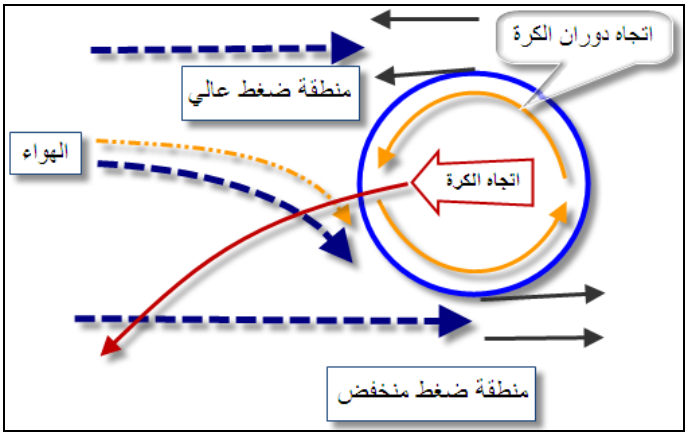
٤- محيط وشكل السطح المضروب

٥- دوران الجسم

ان زاوية الارتداد تتناسب طردبا مع زاوية السقوط الى اقل من ٩٠ درجة وتتأثر الكرة المرتدة بالسطح (تارتان رمل او خشب) وتعد مرونة الكرة من الاسباب الاخرى المؤثرة في زاوية الارتداد اما تركيب الكرة فمثلا اغلب الكرات ةالادوات دائرية باستثناء كرة الركبي اذ ان شكله بيضوي وبذلك يجب توخي الدقة في حالة ارسال الكرات الغير المنتظمة لان ارتدادها سيكون مختلفا ، كما ان ارتداد الكرات التي تم اخمادها في كرة القدم يختلف من جزء الى اخر من اجزاء الجسم ، اما عند دوران الكرة فان الكرة ستكون في حالتين وهما حالة الاصطدام وحالة الارتداد فتتفاعل اتجاه الكرة وفقا لفعل ورد الفعل ووفقا للضغط المتولد من الهواء المحيط ، (دوران الكرة يمينا او يسارا و دوران الكرة اماما او خلفا) فعند اصطادم الكرة التي تدور الى الامام بالارض فان اتجاه الجزء السفلي يكون بعكس ارتداد الكرة وتتولد قوة معاكسة من الارض الى اتجاه الكرة فتزداد سرعتها والعكس صحيح



الشكل (٣-٤٧) : يوضح ارتداد الكرة بعد دورانها



الشكل (٣-٤٨) : يوضح اتجاه الكرة بعد دورانها