



## البايوميكانيك الرياضي

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

الجامعة المستنصرية

كلية التربية الاساسية

قسم التربية البدنية وعلوم الرياضة

المرحلة الثانية - ص/م

# البايوميكانيك الرياضي

## Basic Biomechanics

### اساتذة المادة

د. غيث امير

أ. د. فاتن اسماعيل

### تم اعتماد المصادر الاتية في اعداد المحاضرات:

- ١- اساسيات البايوميكانيك / سمير مسلط
- ٢- اساسيات البايوميكانيك / صريح عبد الكريم
- ٣- اساسيات البايوميكانيك - مترجم / سوزان هيل



مفهوم علم البايوميكانيك، أقسامه وفروعه :-

يعد علم البايوميكانيك من العلوم الحديثة في مصطلحه وفقا للتطور الذي رافق الحياة البشرية، حيث ان التطور التكنولوجي اصبح يشكل جزءا كبيرا من حياة الافراد، ومن جانب آخر فهو قديما فقد عرفه العلماء في التاريخ القديم عند دراستهم لحركة الانسان وطبيعة هذه الحركة.

يعني علم البايوميكانيك Biomechanics بدراسة حركة الكائن الحي وتطبيقات القوانين الميكانيكية التي تؤثر في هذه الحركة، وهو علم له علاقة بعلم الطب والهندسة والفيزياء، وهو علم تشخيصي تقويمي يبحث في تطبيقات قوانين الحركة على حركة الكائن الحي .

ان علم الميكانيكا هو ترجمة حرفية للمصطلح الاغريقي المركب الذي يتكون من مقطعين ( BIOMECHANICS ) حيث المقطع الاول ( Bio ) ويعني الحياة او الحيوية والثاني Mechanics ويعني الميكانيكا او الآلة، والمفهوم العام لمصطلح البايوميكانيك يعني علم دراسة حركة الانسان بشكل عام وفي مفاهيم علوم الرياضة يعني علم دراسة الحركة الرياضية وكيفية الوصول الى تحقيق الانجاز العالي، ويبحث ايضا في التأثير المتبادل بين القوى الداخلية (قوى العضلات) والقوى الخارجية مثل قوة الجاذبية الارضية والاحتكاك ومقاومة المحيط (الهواء، الماء).

البيوميكانيك هو العلم الذي يوفر الأساس الصحيح للمدرب والمدرس عندما يكون الأمر متعلق بتعليم وتدريب المهارات الرياضية من خلال إيجاد حلول للأسئلة التي تدور حول الأداء و الإنجاز الرياضي لمختلف الحركات الرياضية التي تشمل الدفع والرمي والسحب والحمل والوثب والركض، ولا يقتصر استخدام علم البايوميكانيك على المجال الرياضي فقط، بل يدخل في عدة مجالات اخرى كالتب والفناء والهندسة.. وغيرها من العلوم التي يدخل البايوميكانيك كجزء مهم يتطلب من اصحاب هذه الاختصاصات الامام بكثير من المعلومات عن خصائص الجسم البشري.



**تعريف البايوميكانيك :** هو العلم الذي يبحث في الحركات الظاهرية التي يتصف بها جسم الانسان وما يقوم به من حركات على اساس المسافة المقطوعة ومعدلات السرعة والتعجيل وزوايا الاداء الحركي وهو ما يطلق كينماتك الجسم البشري ، ومن وجهة نظر اخرى يبحث في تأثير القوة الداخلية والخارجية على جسم الانسان ، ونعني بالقوة الداخلية العضلات والاعصاب والمفاصل ، اما القوى الخارجية نعني بها الجاذبية الارضية والاحتكاك .

يقسم علم البايوميكانيك الى قسمين هما :-

١. علم السكون ( **STATIC** ) : وهو العلم الذي يعطي الحالات التي تكون فيه جميع

القوى المؤثرة في الجسم متوازنة والجسم في حالة سكون وثبات .

٢. علم التحريك ( **DYNAMICS** ) : وهو العلم الذي يهتم بدراسة طبيعة القوى الموجهة

على الجسم غير المتكافئة مسببة تحريكا وتغييرا في الحالة الحركية للجسم من حيث

السرعة والاتجاه والتعجيل ، ويقسم هذا العلم لى قسمين ايضا هما :-

أ- **الكينماتك** : ويدرس هذا العلم هندسة الحركة ويصفها وصفا ظاهريا وشكليا مجردا من

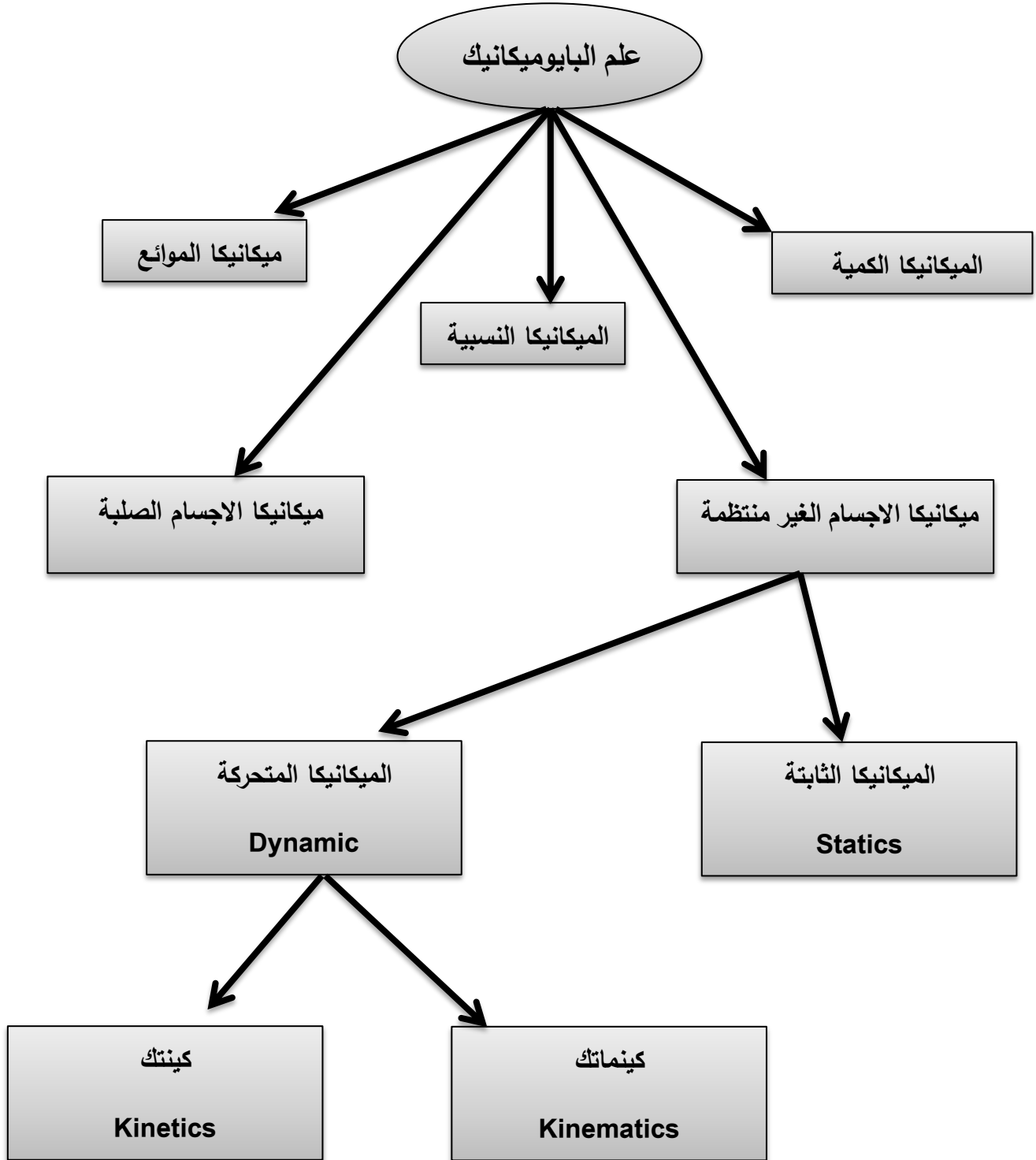
دون البحث عن اسبابها من وجهة نظر المسافة والازاحة والتعجيل وقد يكون الكينماتك

خطيا او كينماتك دائري زاوي .

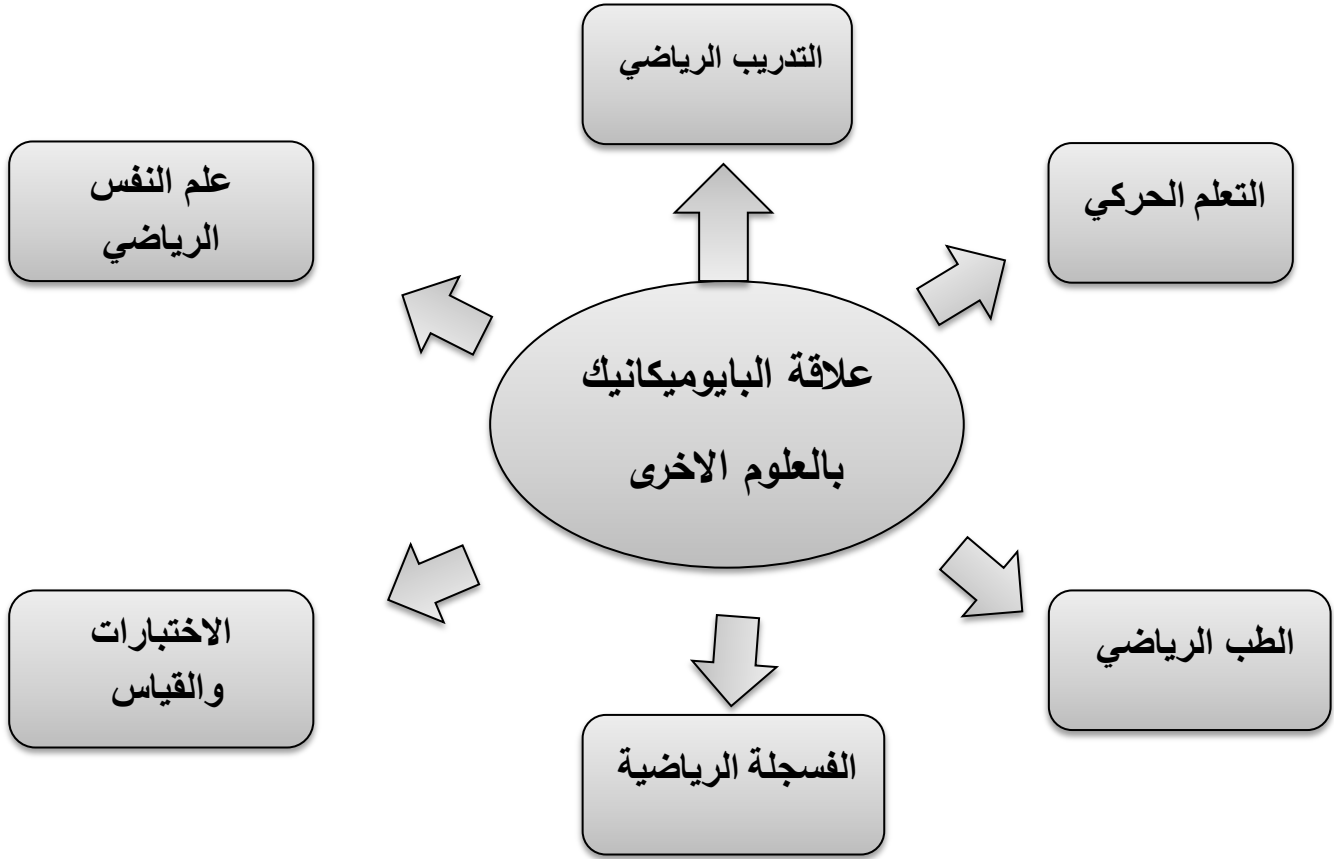
ب- **الكينتك** : وهو العلم الذي يهتم بدراسة الحركة والقوى او الاسباب التي تقف وراءها من

وجهة نظر القوة والشغل والطاقة وقد يكون خطي ويطلق عليه كينتك الخطي او يدور

حول محور ويطلق عليه كينتك دائري زاوي .



شكل (١)  
انواع الميكانيكا



شكل (٢)

علاقة علم البايوميكانيك بالعلوم الاخرى



## البايوميكانيك الرياضي

٥

هناك عدة انواع من البايوميكانيك نذكر منها :-

- البايوميكانيك الرياضي (ويهتم بتحليل الحركات الرياضية والعوامل التي تؤثر في تحديد مساراتها وجودة الاداء الفني فضلاً عن العمل على تطوير الانجاز الرياضي).
- البايوميكانيك العلاجي (يهتم بتصميم التمارين العلاجية مع الفهم الكامل لكيفية استخدامها في اعادة تأهيل المرضى من ذوي الاصابات المختلفة ومرضى الشلل وذوي الاحتياجات الخاصة).
- بايوميكانيك الاطراف والمساند (يهتم بفهم الاحتياجات الخاصة لذوي البتور وكيفية تصميم الاطراف والمساند الخاصة بهم وبفعالية عالية تمكنهم من ممارسة حياتهم بشكل طبيعي).

### الحركات الاساسية لجسم الانسان

- لكل جزء من أجزاء الجسم وكتلته يسمى بحركات خاصة تتفق مع طبيعة وشكل المفصل الذي تحدث الحركة حوله . وهذه الحركات العامة يمكن أن نحددها بما يلي :-
١. الثني " **Fbxion** " تقريب العظمين المنفصلين وتحريكهما باتجاه بعضهما مع صغر الزاوية بينهما .
  ٢. المد " **Extension** " وهي عكس حركة القبض حيث يتباعد العظمتين عن بعضهما وتكبر الزاوية بينهما .
  ٣. التقريب " **Adduction** " تقريب أجزاء الجسم باتجاه محورة العمودي للجسم .
  ٤. الأبعاد " **Abduction** " وهي عكس التقريب حيث يبتعد جزء الجسم جانباً وبعيداً عن محورة العمودي .
  ٥. الرفع " **Lift** " رفع جزء الجسم المراد تحريكه باتجاه الأعلى .
  ٦. الخفض عكس الرفع حيث يتحرك الجسم المراد تحريكه نحو الأسفل .
  ٧. التدوير " **Rotation** " حركة الجسم حول محورة الطولي .



٨. الكب أو البطح " **Pronation** " تدوير اليد والساعد عن المفصل أَلزندي الكعبري وحول محوره الطولي حيث يلف فيها الساعد للداخل بحيث يواجه كف اليد للأرض .
٩. البطح " **Supination** " وهي عكس حركة الكب حيث يلف فيها الساعد للخارج بحيث يواجهه ظهر اليد للأرض .
١٠. الدوران " **Circumduction** " حركة مميزة للمفاصل الثنائية والمتعددة المحاور حيث تتم بدرجة كاملة وحول نقطة ثابتة .

### لماذا ندرس البايوميكانيك :

- دراسة الحركات البشرية والقوة المؤثرة سواء خارجية او داخلية على الحركة او حالة الثبات .
- يساعد البايوميكانيك في دراسة اسباب اخطاء الاداء الفني والمساعدة في اختيار افضل اداء عند انجاز الحركة او المهارة الرياضية .
- نستطيع تحليل المهارة بالاستناد الى الحركات المكونة لها .
- يسهم البايوميكانيك في تحسين الانجاز الرياضي والتعرف على المميزات الخاصة بكل حركة .



## أنواع الحركات

يمكن أن نقسم الحركات إلى مجموعة من التقسيمات على أسس فسلجية ونفسية وبنائية وميكانيكية وكالتالي :-

### أولاً : الحركات ذات التقسيم الفسلجي

يمكن أن نقسم الحركات هنا على أساس سيطرة الجهاز العصبي المركزي والجهاز الوظيفي الفسلجي إلى ما يلي :-

#### أ. الحركات الإرادية :-

وهي الحركات ذات الأداء الفني المميز والتي يقوم بها الإنسان بإرادته وتحت سيطرته مثل الأداء الحركي للمساهمة بالألعاب الفردية والجماعية .

#### ب. الحركات اللإرادية :-

وهي الحركات الخارجة عن سيطرة الفرد وإرادته والتي لا يستطيع التحكم بها مثل حركات القلب والرئتين والمعدة ... الخ .

### ثانياً : تقسيم الحركات وفقاً للأسس الميكانيكية

تقسم الحركات إلى النوعين التاليين :-

#### أ. التقسيم على أساس المسار الزمني :-

١. حركات منتظمة :- وهي الحركات التي يقع فيها الجسم حركات متساوية في أزمنة

متساوية مثلاً قطع عداء المائة متر مسافة ١٠ م / الثانية في كل ثانية من ثواني

السباحة وهذا النوع غير وارد في النشاطات والحركات الرياضية .





٢ ثا	٢ ثا	٢ ثا	٢ ثا
١٠ م	١٠ م	١٠ م	١٠ م

٢. حركات غير منتظمة :- وهي الحركات التي يقطع فيها الجسم مسافات متساوية في أزمنة مختلفة أو بالعكس وهذا النوع من المحركات شائع في النشاطات الرياضية .

٢ ثا	١.٥ ثا	١.٢ ثا	٠.٩ ثا
١٠ م	١٠ م	١٠ م	١٠ م

ب. التقسيم على أساس المسار الهندسي " Geometric "

١. الحركات الانتقالية المستقيمة " Linear Mation " :-

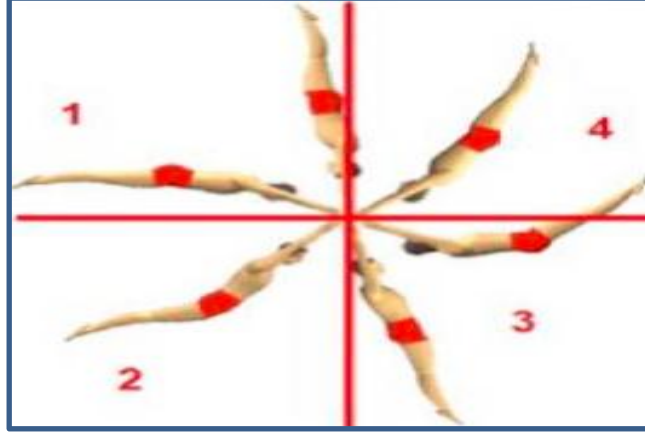
وهي الحركات التي يقطع فيها الجسم كوحدة كاملة من مكان إلى آخر بحيث أن كل جزء من أجزائه تقطع نفس المسافة بنفس الإتجاه ونفس الزمن . وقد تكون الحركات الانتقالية مستقيمة الأتجاه كالترزلق على الماء والجليد ... الخ . أو قد تكون منحنية الإتجاه ( قوسيه ) كما في حركة رمي الكرة أو الجسم المقذوف في الهواء .

٢. الحركات الزاوية أو الدائرية " Angular Motion " :-

وهي الحركات التي تحدث عند ما يتحرك الجسم على محيط دائري وحول محور دوران بحيث أن جميع أجزائه تتحرك بنفس الزاوية وبنفس الاتجاه وبنفس الزمن . وقد



يكون محور الدوران خارجياً كما في حركة الدوران حول العقلة في الجمناستيك أو محورياً داخلياً كما في حركة الدحرجة الأمامية أو رمي الكرة بالهواء .



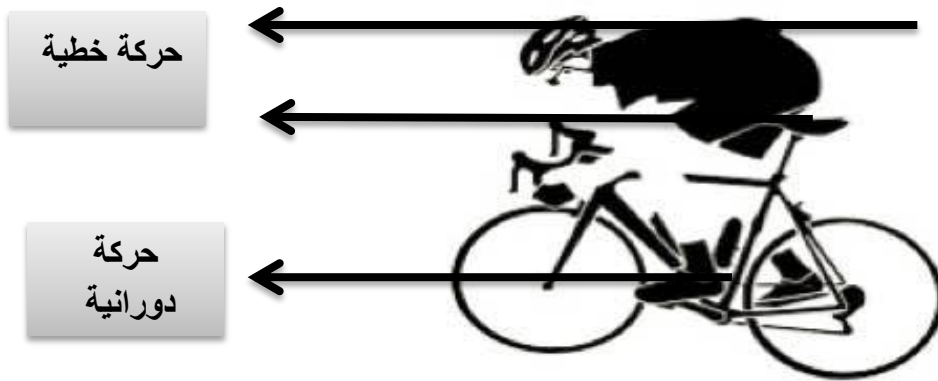
الشكل (٣)

الدوران حول العقلة يمثل الحركة الدورانية

٣. الحركات المركبة العامة " General Motion " :-

وهي الحركات التي تحدث عندما يتحرك الجسم حركات خطية دائرية مثل

الجري والسباحة والدراجات .



الشكل (٤)

يمثل الحركة المركبة لمتسابق الدراجات

**" Relative Motion " نسبية الحركة ونظامها الأحداثي**

تحدث هناك الحركة عندما يكون هناك تغييراً مكانياً للجسم على أساس الزمن بحيث يقطع الجسم مسافة ما من نقطة إلى أخرى ومستغرقاً زمناً محدداً . وهذا التغيير المكاني للجسم يجب أن يتم على أساس المقارنة النسبية بين الوضع الحركي والأجسام الأخرى الثابتة أو المتحركة . فراكب الطائرة مثلاً يكون في حالة حركة نسبية لحركة الطائرة بالمقارنة مع ثبوت الأرض أن صح التعبير . وكذلك عندما يتسابق شخصين لهما نفس السرعة الحركية فإنهما يتحركان نسبة للأرض ولكن يمكن أن نقول في حالة عدم تساوي سرعة حركتهم بأنه الشخص السريع يتحرك بنسبة إلى الشخص البطيء وكذلك يمكن القول بأنهما متحركان نسبة إلى الأرض . أو عند الحركة الدورانية على جهاز العقلة فإن الحركة الدورانية منسوبه إلى العقلة كنقطة ثابتة وإلى أجزاء الجسم مع بعضها أيضاً .

فالحركة تعمل على التغيير في الوضع والمكان على أساس أو إطار مرجعي مثبت ومحدد سواء أكان الجسم في حالة الثبات أو الحركة ، فالحركة إذن يجب أن ننسبها إلى مرجع أصلي سواء أكان ثابتاً أو متحركاً لغرض المقارنة والتعرف على الحركة . ويمكن وفقاً لذلك تحديد نسبة الحركة عن طريق نقطة الأصل والبدائية والإطار المرجعي مع تحديد إتجاه حركة الجسم المتحرك .

ولنأخذ مثلاً سرعة السيارة في ثلاث حالات فأنا يمكن أن نلاحظ السيارة في الحالة ( أ ) تستطيع أن تتجاوز السيارة التي بجانبها إذا كانت سرعتها ( ١٢٠ كم / ساعة ) وسرعة السيارة المجاورة ( ١٠٠ كم / ساعة ) وبنفس الإتجاه بفارق ( ٢٠ كم / ساعة ) . أما إذا كانت السيارتين بإتجاهين متعاكسين وبنفس سرعتيهما فإن السرعة هنا تكون كبيرة مقارنة بالحالة الأولى حيث تبلغ ( ٢٢٠ كم / ساعة ) . أما إذا لاحظنا السيارة الأولى ونحن واقفون على



الأرض فإن السرعة ستكون هي السرعة الحقيقية والبالغة ( ١٠٠ كم / الساعة ) . وبهذا التناسب يمكن ملاحظة الحركة من حيث الاتجاه والسرعة .

### الفرق بين الكميات العددية والكميات المتجهة :

- ١- تخضع الكميات العددية للعمليات الحسابية الاعتيادية في الجمع والتحليل .
  - ٢- تخضع الكميات المتجهة الى العمليات الحسابية والجبرية المعقدة في جمعها وتحليلها .
  - ٣- تحتاج الكميات القياسية الى معرفة المقدار للدلالة عليها في حين تتطلب الكميات المتجهة الى معرفة الاتجاه اضافة للمقدار للتعرف عليها .
  - ٤- يعبر عن قيمة الكمية القياسية بعدد في حين يعبر عن قيمة المتجهة بسهم يعبر طوله عن مقدار المتجهة واتجاهه عن اتجاه المتجهه.
  - ٥- تعتبر المسافة والكتلة والسرعة العددية كميات قياسية اما الازاحة والسرعة المتجهه والقوة والشغل والقدرة والطاقة كميات متجهه تعيننا في مجال الحركة الرياضية وتفسيرها .
- الكميات العددية :** يمكن تعريفها بذكر مقدارها فقط مثل ( كتلة الجسم ، طول الجسم ، المسافة ، السرعة ،درجة الحرارة ) .
- الكميات المتجهة :** يمكن تعريفها بذكر مقدارها واتجاهها معاً مثل ( الازاحة ، التعجيل ، القوة باتجاه ) .



## المحاور والمسطحات

**المحور :** هو خط وهمي يدور حول الجسم وهذا الخط الوهمي ما يمر بمركز ثقل الجسم ، فعندما يدور لاعب القرص حول نفسه فهو يدور حول محور طولي وهمي يمر من اعلى الجسم الى اسفلة ، وكذلك الحال عندما يدور لاعب او لاعبة الجمناستك حول نفسها عند القيام ببعض الحركات الفنية على البساط .

انواع المحاور :

١- المحور الطولي :

يخترق هذا المحور جسم الانسان من قمة الراس الى اسفل الجسم ، ومثال للحركة التي تتم حول هذا المحور هي حركة دوران الجسم حول نفسه .

٢- المحور العرضي :

يخترق هذا المحور جسم الانسان من جانب الى جانب اخر والحركة التي تتم حول هذا المحور هي الدرجة الامامية .

٣- المحور العميق :

يخترق هذا المحور جسم الانسان من الامام الى الخلف والحركة التي تتم حولة العجلة البشرية في الجمناستك .





## المسطحات

هي اسطح او فراغات وهمية تحدث عليها الحركة ، أي ان الجسم يدور عليها اثناء دورانه حول محور ، وبهذا فان هذه الاسطح تشكل السطح الفراغي الوهمي لهذه الاجسام ، فمثلاً  
انواع المسطحات :

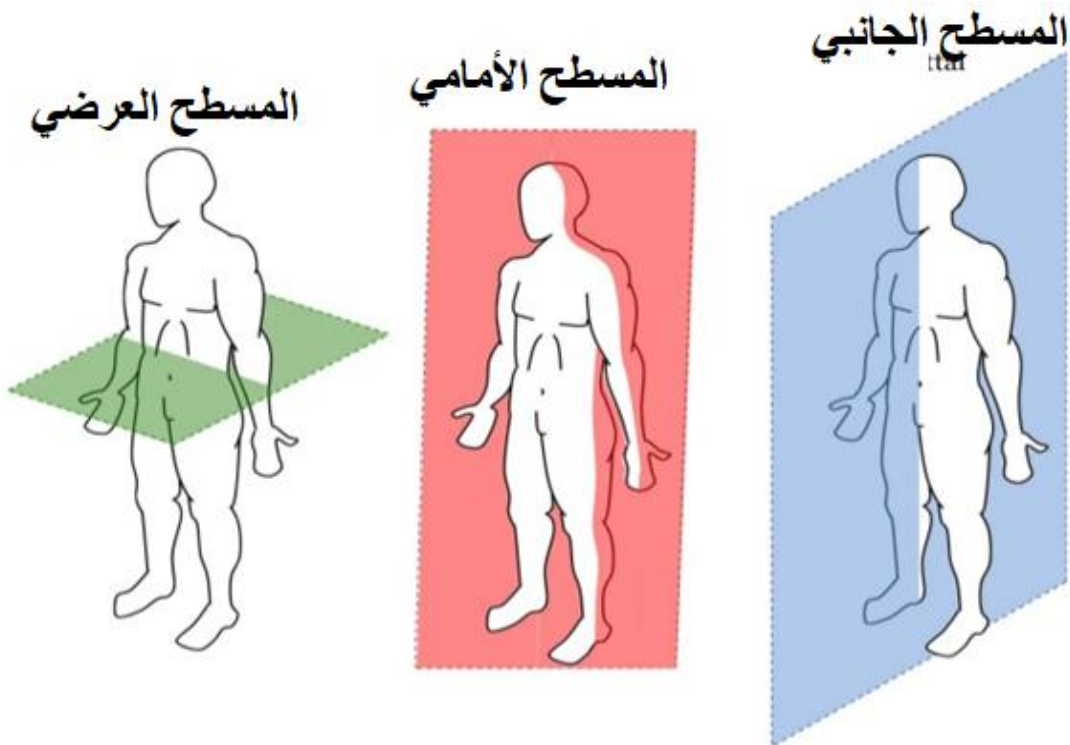
### ١. المسطح أو المستوى السهمي أو الأمامي " Sagittal Plane "

وهو المستوى أو المسطح الوهمي العمودي الذي يمر بالجسم من الجانب الآخر ويقسمه إلى قسمين متساويين أمامي وخلفي .

٢. **المسطح الجانبي** : وهو المستوى أو المسطح الوهمي الذي يمر بالجسم من جانب إلى الجانب الآخر ويقسمه قسمين متساويين ايمن وايسر .

### ٣. **المسطح الأفقي ( العرضي ) " Transverse Planer "**

يقسم الجسم إلى نصفين متساويين أعلي وسفلي كما في الشكل إن المسطحات أو المستويات تتعامد في التقائها مع بعضها البعض وعندما يلتقي مسطحين أو مستويين مع بعضهما البعض ينشأ خط وهمي يسمى المحور الذي قد يكون على شكل خط ثابت أو على شكل نقطة تحدث حولها الحركة الدورانية للمفصل .





## المفاصل Joints :

هنالك عدة مفاصل في جسم الانسان وتختلف فيما بينها باختلاف موقعها في الجسم ويمكن تصنيفها بحسب اشكالها وعملها الى :

### ١-المفصل الرزي Hinge joint

مثال لهذا المفصل في جسم الانسان هو مفصل المرفق ويسمح بحركة الثني والمد فقط التي تحدث حول المحور العرضي في المسطح الجانبي .

### ٢-المفصل الارتكازي Pivot joint

ان الحركة في هذا المفصل تحدث في المسطح الافقي وحول المحور الطولي ومثال لهذا المفصل هو مفصل الجمجمة مع الفقرة العنقية الاولى .

### ٣-مفصل الكرة والحق Ball and socket joint

وهذا المفصل يسمح باوسع مدى للحركة حيث تتم حركات الثني والمد والتباعد والتقريب والتدوير والدوران وامثلة لهذا المفصل في جسم الانسان مفصل الكتف ومفصل الفخذ .

### ٤-المفصل الانزلاقي Gliding joint

يسمح لهذا المفصل بحركة انزلاق العظام ببعضها على بعض مثل عظام رسغ اليد وعظام مشط القدم .

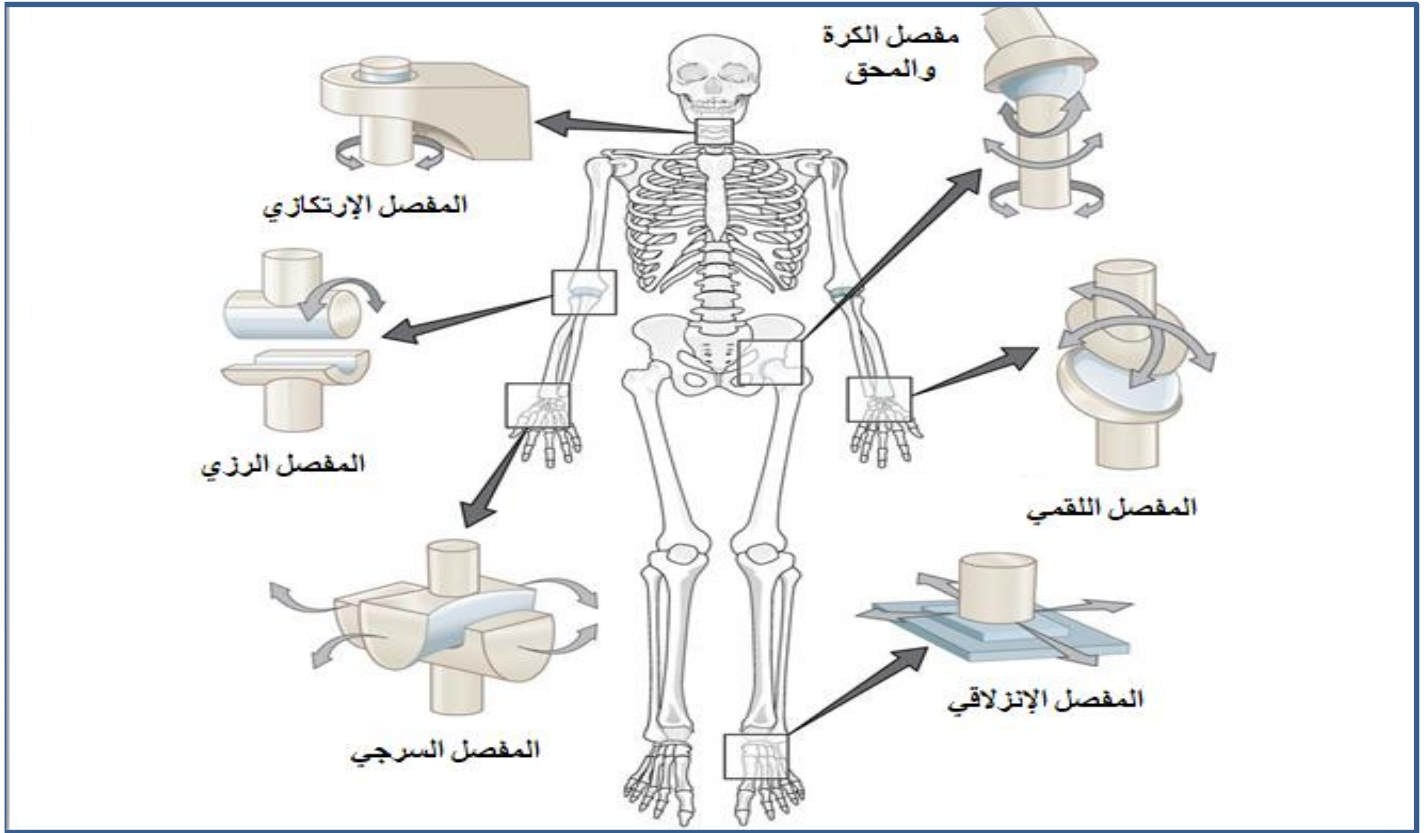
### ٥-المفصل السرجي Saddle joint

يشترك اسم هذا المفصل من شكلة حيث يشبه السرج وهو ايضاً من المفاصل التي تسمح بحركات متعددة منها التقريب ، التباعد ، الثني والمد ومثاله في الجسم هو مفصل اصبع الابهام .

### ٦-المفصل اللقمي Condylold joint

يسمح لهذا المفصل بحركات متعددة منها الثني والمد ، التقريب والتباعد ولكنه لا يسمح بحركة التدوير ومثاله في جسم الانسان المفصل الموجود بين عظمتي الزند والكعبرة قريباً من الرسغ .





## الشكل السابق

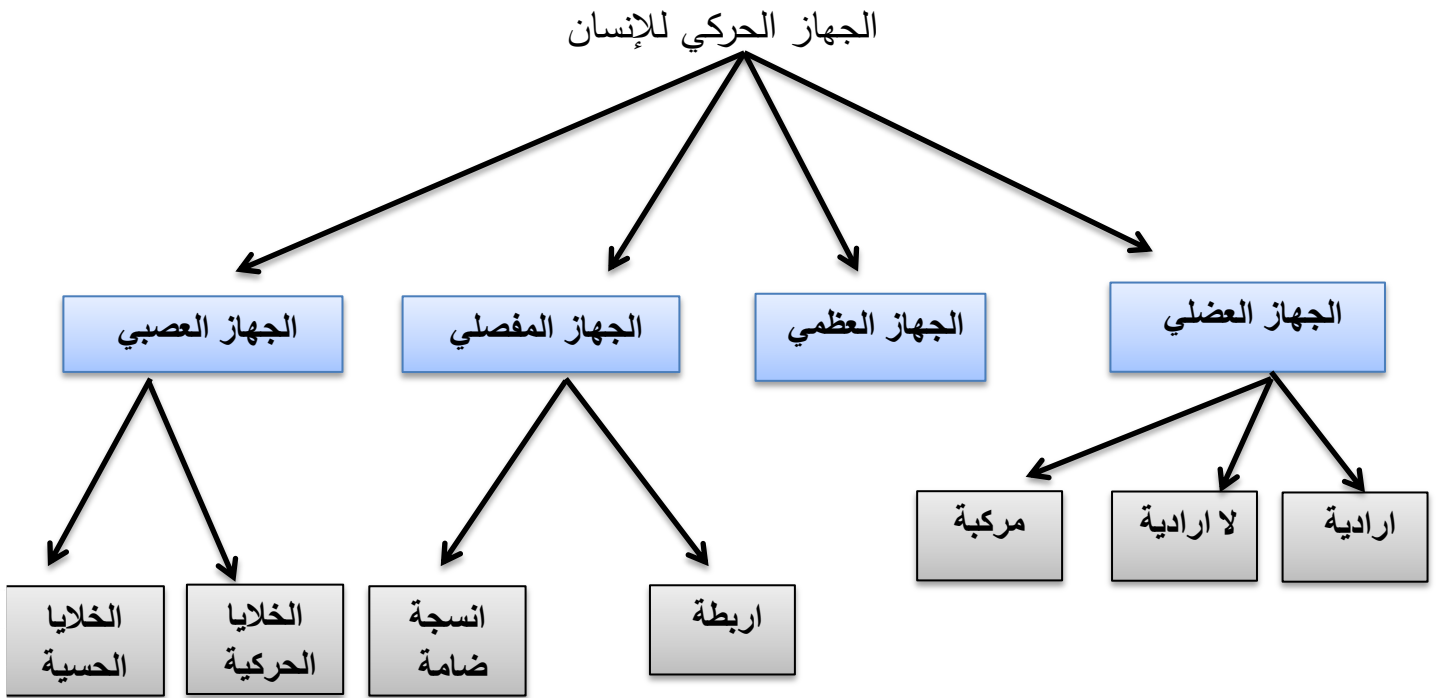
يبين انواع المفاصل في جسم الانسان





الجهاز الحركي للانسان يتكون من اربعة اجهزة رئيسية تعمل معاً دون انفصال ، حيث يرتبط كل جهاز بالآخر وهذه الاجهزة هي :

- الجهاز العضلي وتمثله عضلات جسم الانسان .
- الجهاز العظمي وتمثله عظام جسم الانسان .
- المفاصل والاربطة .
- الجهاز العصبي ويمثله الاعصاب والخلايا العصبية والحسية في جسم الانسان .





## العضلات وأنواعها:

يبلغ عدد العضلات الهيكلية حوالي (٤٣٥) عضلة ارادية ويظهر شكل هذه الألياف مخططاً أي أن الألياف التي تتكون منها العضلة الواحدة تشكل خطوط بعضها مع بعض وهناك نوع آخر من العضلات التي ليس للإنسان القدرة على التحكم بحركتها وتسمى العضلات اللاإرادية مثل عضلات القلب والمعدة

- هنالك ٥٢ زوج من العضلات في الاطراف العليا .
- هنالك ٥٢ زوج من العضلات في الاطراف السفلى .
- وهنالك ١١٢ زوج من العضلات في الظهر .
- هنالك ٥٢ زوج من العضلات في اعلى الصدر .
- هنالك ٨ ازواج من العضلات في الخصر .
- هنالك ١٦ زوج من العضلات في اسفل الصدر .
- هنالك ٥٢ زوج من العضلات في الراس .

تتكون العضلة من مجموعة من الوحدات الحركية حيث تتكون كل وحدة حركية من مجموعة من الألياف العضلية ويختلف طول الألياف العضلية تبعاً لوجودها في العضلات التي تغطي جسم الإنسان فهناك قسمين من الألياف العضلية يدعى النوع الأول الألياف البيضاء أو السريعة الانقباض بينما يدعى النوع الآخر بالألياف الحمراء والتي تتصف ببطأ الانقباض، لذلك نجد أن نسبة عالية من الألياف العضلية المكونة للعضلات التي تتطلب الانقباض السريع هي من الألياف البيضاء كما في العضلة ذات الثلاث رؤوس العضدية خلف العضد حيث تحتوي على (٦٠ - ٨٠%) من الألياف البيضاء ومن صفات هذه الألياف أنها تتميز بالتعب السريع، أما العضلات التي يكون عملها سند الجسم والتحمل فإنها تحتوي على نسبة عالية من الألياف الحمراء او البطيئة الانقباض كما في العضلة الأخرسية التي تقع خلف الساق فإنها تحتوي على نسبة تتراوح بين (٧٥ - ٩٠%) من الألياف البطيئة الانقباض والتي تتميز بأنها بطيئة التعب .



### انواع الإنقباض العضلي :

إن قيام الإنسان بجميع الحركات سواء أثناء حياته اليومية أو في الحياة الرياضية هي نتيجة لبذل قوة، فيشترط لحدوث الحركة أن تكون هناك قوة بحيث تحدث الحركة بإتجاه القوة المستخدمة نفسها ولكن العكس غير صحيح ، فمن الممكن أن نسلط قوة على جسم آخر وليس بالضرورة أن تحدث حركة كما في دفع الحائط أو استخدام القوة لتثبيت جسم ولأتزانه كما في حركة الوقوف على اليدين على الأرض أو على جهاز المتوازي، مما تقدم يمكننا أن نستنتج أن تأثير القوة إما أن يكون ديناميكياً (حركياً) أو استاتيكيّاً (ثابتاً) ، ففي الحالة الأولى تحدث حركة، أما في الحالة الثانية فلا تحدث حركة .

**على هذا الأساس يمكن تقسيم الإنقباض العضلي إلى نوعين رئيسيين:**

١- الإنقباض العضلي الثابت

عدم حدوث حركة أثناء الإنقباض - عدم حدوث تغيير في الطول أو المفصل

٢- الإنقباض العضلي المتحرك

أ - الموجب (مركزي)

قصر في الطول - اقتراب المنشأ من المدغم - تغلب القوة على المقاومة

ب - السالب (لا مركزي)

إطالة العضلة - ابتعاد المنشأ من المدغم - تغلب المقاومة على القوة

وهناك مزيج من السالب والموجب يسمى (الأكسوتونيك)



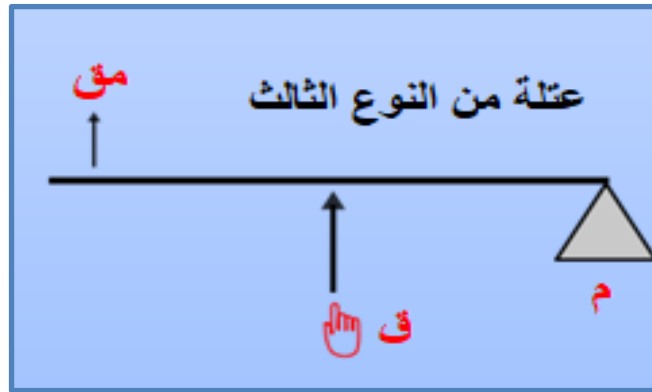
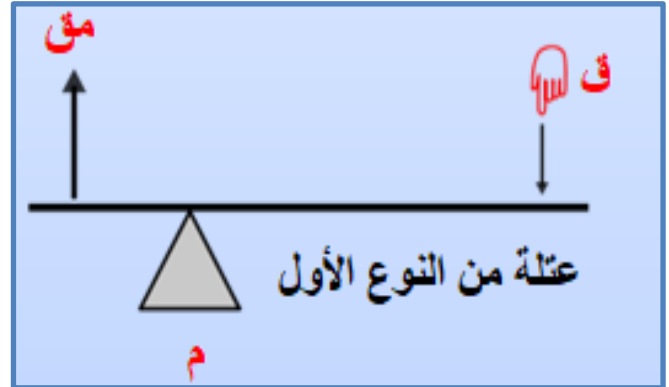
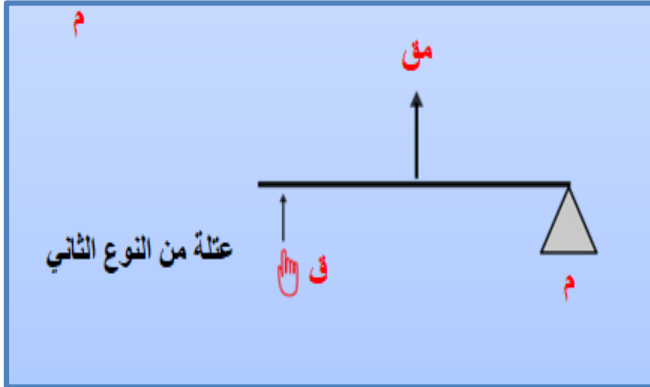
## العتلات والروافع LEVERS

استخدم الإنسان منذ الأزل قواه الذاتية والخارجية للتغلب على المقاومات وحمل الأشياء ومستلزمات حياته الأخرى فكان يبذل قدراً كبيراً من القوة للتغلب على مقاومة قليلة ، وما إن اخضعت الحركة الى اسسها الميكانيكية ومحاولة لإستغلال قوى الإنسان والقوى الخارجية الإستغلال الأمثل والتغلب على مقاومات كبيرة بقوى قليلة نسبياً حتى يتمكن من تحقيق مبدأ الإقتصاد بالجهد وكذلك تحديد الهدف من استخدام القوة فكانت العتلة (الرافعة) والتي تتكون من سلسلة عمل تحتوي على ثلاث نقاط هي : نقطة الإرتكاز، نقطة تمثيل القوة ، نقطة تمثيل المقاومة ، وعلى هذا الأساس هناك ثلاثة أنواع من العتلات المستخدمة في حياتنا الإعتيادية.

النوع الأول : تقع نقطة الإرتكاز بين القوة والمقاومة

النوع الثاني : تقع المقاومة بين القوة ونقطة الإرتكاز

النوع الثالث : تقع القوة بين المقاومة ونقطة الإرتكاز

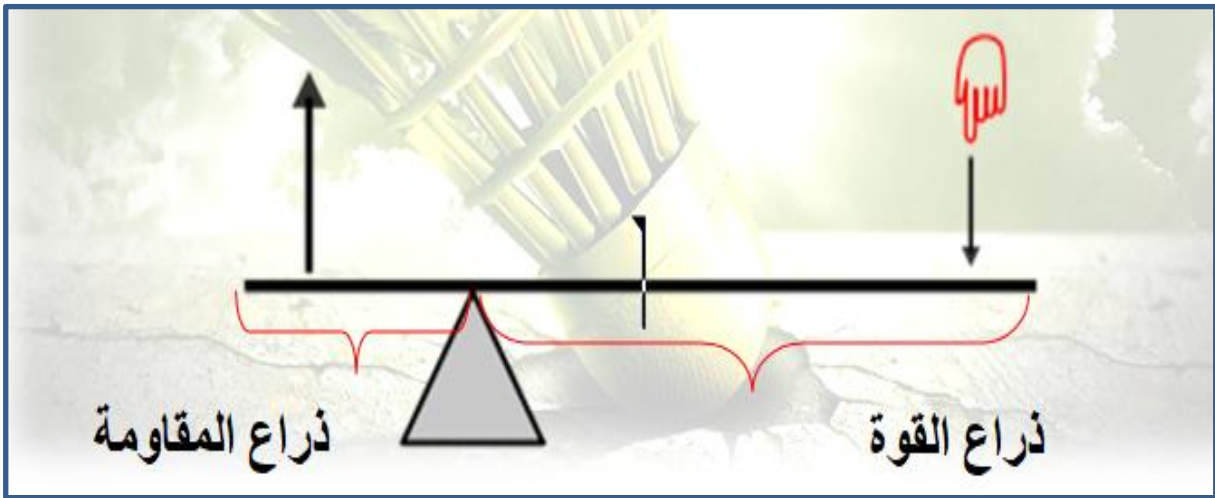




**العتلات:-** عبارة عن نظام ميكانيكي يتكون من ثلاث نقاط هي المحور او المركز ونقطة تأثير القوة ونقطة تأثير المقاومة، يستخدم هذا النظام لاجل التغلب على مقاومات كبيرة باستخدام قوى قليلة.

إن المسافة بين نقطة تأثير القوة ونقطة الإرتكاز تسمى ذراع القوة ( عزم القوة ) أما المسافة بين نقطة تأثير المقاومة ونقطة الإرتكاز تسمى ذراع المقاومة ( عزم المقاومة ) ولكي تبقى العتلة في حالة توازن يجب أن يتساوى ذراع القوة مع ذراع المقاومة على اساس المعادلة الآتية :

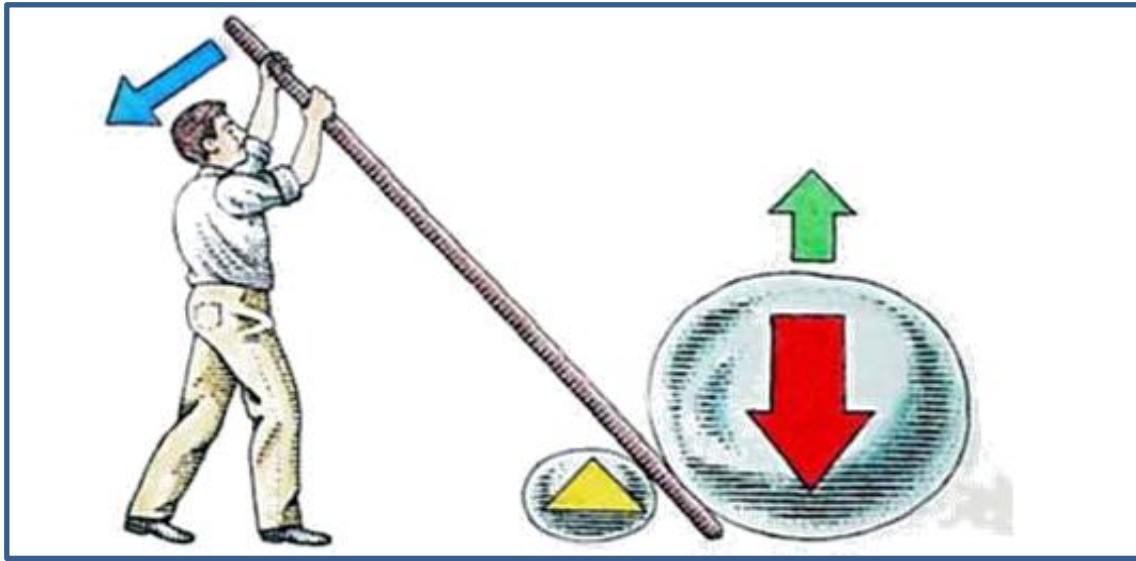
$$\text{القوة} \times \text{ذراعها} = \text{المقاومة} \times \text{ذراعها}$$



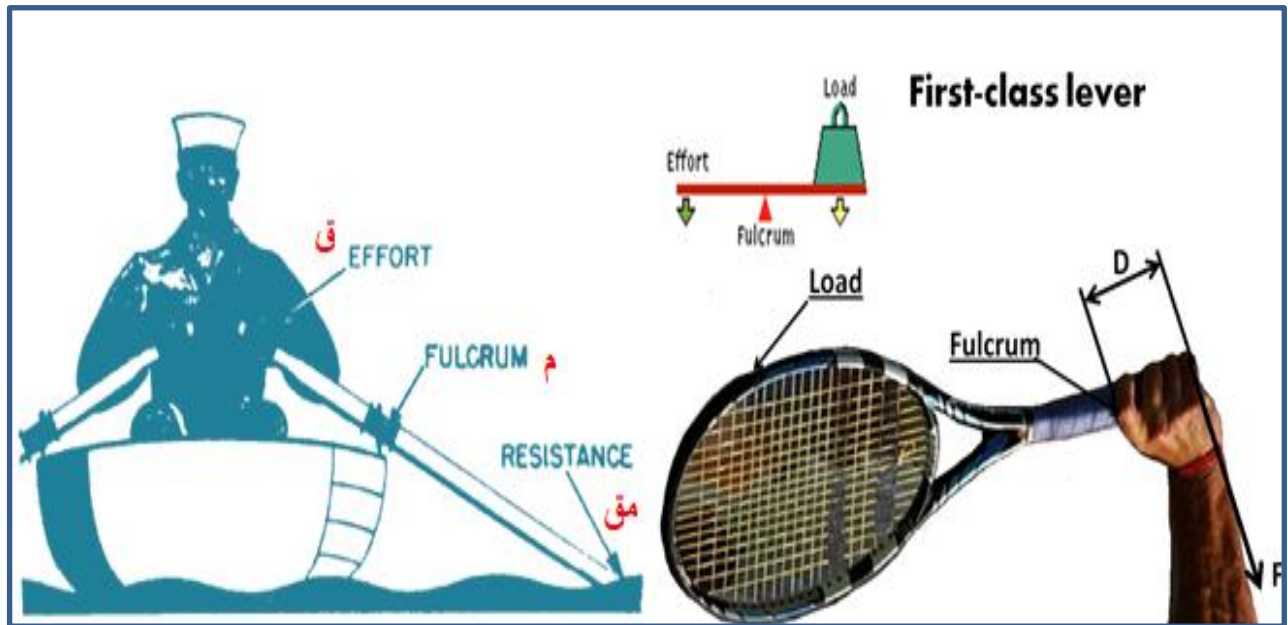
تستخدم العتلات في حياتنا اليومية لأغراض عديدة ، فقد تستخدم للتغلب على مقاومة كبيرة بقوة أقل أو تستخدم لزيادة مدى الحركة أو سرعة الحركة وبشكل عام تستخدم العتلات كالاتي :

١- الإقتصاد بالقوة      ٢- سرعة ومدى الحركة      ٣- تغيير الإتجاه

فلاستخدام العتلة للتغلب على مقاومة كبيرة يجب أن يكون ذراع القوة أطول من ذراع المقاومة كما في الشكل أدناه حيث يمثل البعد بين الكرة والمركز ذراع المقاومة وهو قصير قياساً بذراع القوة المتمثل بالبعد بين المركز ونقطة تأثير القوة



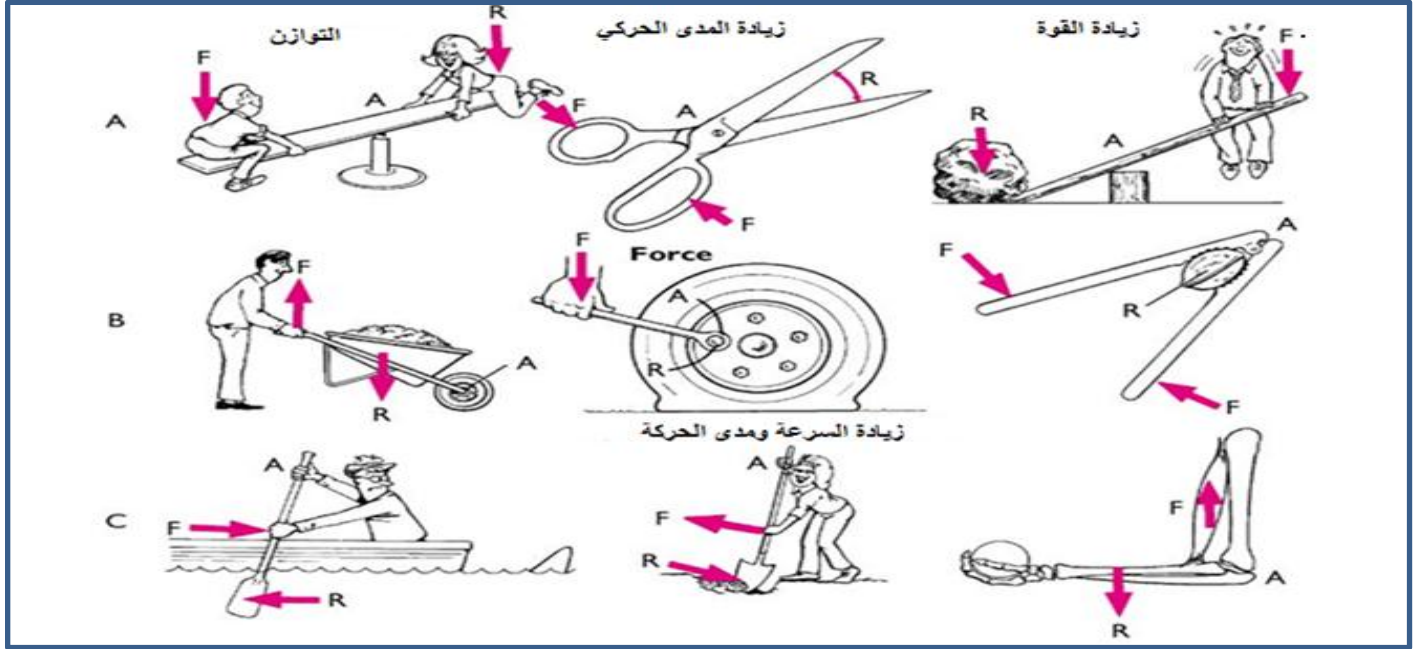
وبذلك يمكننا القول لتحقيق مبدأ الإقتصاد بالجهد ينبغي إطالة ذراع القوة وهذا ما نستخدمه خلال أعمالنا اليومية الميكانيكية وقد تستخدم العتلة لزيادة مدى وسرعة الحركة عندئذ يكون ذراع القوة أقصر من ذراع المقاومة مثال مجذاف القارب أو مسك مضرب التنس من الأسفل ومد الذراع الماسكة للمضرب كي يطول ذراع المقاومة وبالتالي تحقيق سرعة الرمي وبالتالي سرعة الكرة على الرغم من أن القوة المبذولة في هذه الحالة اكبر مما لو تم مسك المضرب من الوسط .







أما إذا كان الهدف من استخدام العتلة هو تغيير الإتجاه فيكون ذراع القوة في هذه الحالة مساوياً إلى ذراع المقاومة



الشكل (٥)

يبين الاستخدامات المختلفة للعتلات

يطلق على القوة أثناء حركة العتلة مصطلح عزم القوة، ويساوي مقدار القوة مضروباً في بعدها العمودي عن محور دوران العتلة، لأن حركة العتلة هي حركة دائرية وليست إنتقالية . يؤدي نظام العتلات دوراً مهماً في حركات جسم الإنسان حيث تعمل عظام الجسم بمثابة العتلة وتتحدد نقاطها كالاتي :

نقطة الإرتكاز : هو المفصل الذي يتمفصل عليه العضمان القريبان من بعضهما

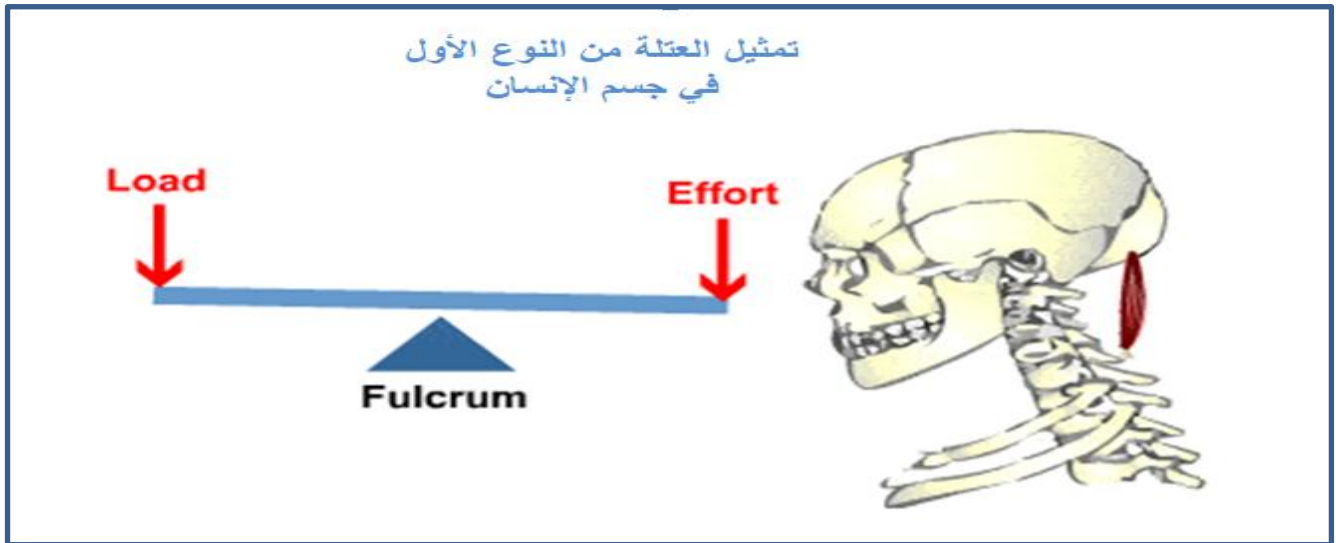
نقطة تأثير القوة : هو مدغم العضلة لأن نقطة تأثير قوة العضلة تقع في مدغمها وليس في

منشأها



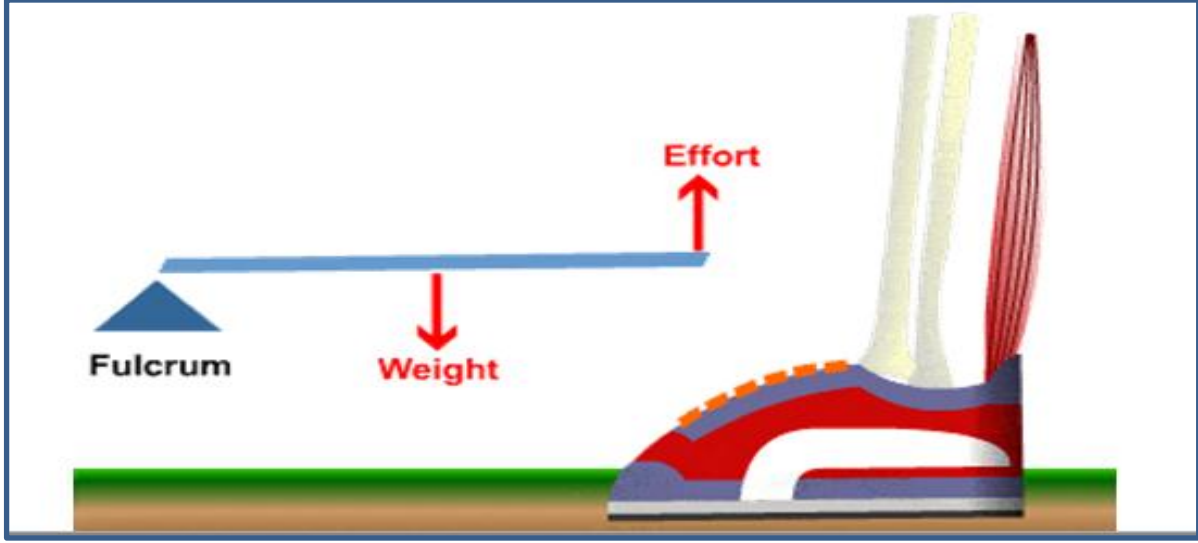
**نقطة تأثير المقاومة :** يعتمد موقعها على طبيعة تلك المقاومة اذا كانت تتمثل بثقل جزء الجسم نفسه فعندئذ تقع تلك النقطة في مركز ثقل ذلك الجزء ويكون اتجاهها دائماً باتجاه الجذب الأرضي كما في مثال ثني الساعد على العضد بفعل العضلة ذات الرأسين العضدية ونضرب مثلاً لكل نوع من أنواع العتلات الثلاث في جسم الإنسان وكذلك تحديد مواضع النقاط الثلاث فلتمثل **العتلة من النوع الأول** في جسم الإنسان نجدان عمل عضلة الرقبة الخلفية والعظام التي تعمل عليها هي خير مثال لذلك.

حيث تمثل نقطة اندغام العضلة في القسم السفلي لعظم الرأس نقطة تأثير القوة، أما نقطة الإرتكاز فتتمثل في تمركز التمفصل للرقبة والجمجمة بينما يتضح في الشكل موضع تأثير المقاومة والمتمثل بوزن الرأس



والإرتكاز ويمكن توضيحها أثناء عمل العضلة التوأمية من خلال عملية الدفع بالمشط للأعلى، حيث تمثل نقطة اندغام العضلة التوأمية في السطح الخلفي لعظم العقب نقطة تأثير القوة، بينما تمثل نقطة اتصال القدم مع الأرض موضع الإرتكاز، أما المقاومة فنقع بين نقطتي تأثير القوة والمرتكز والمتمثلة بوزن الجسم

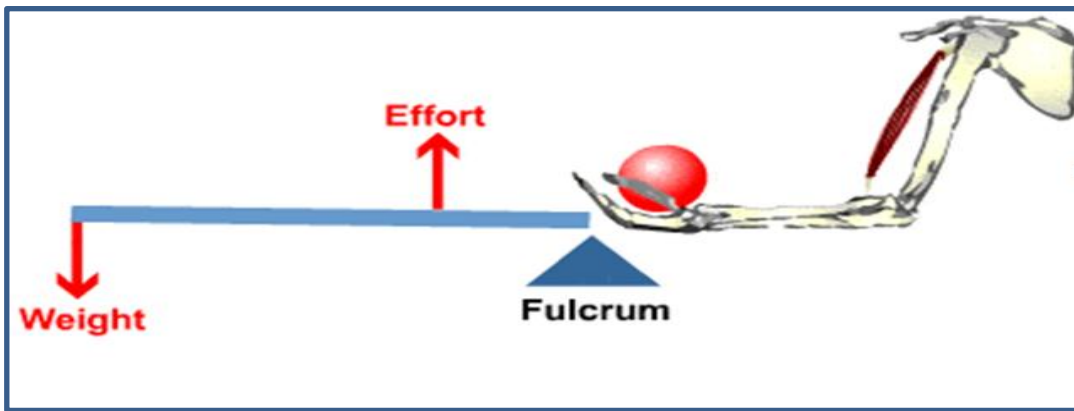




الشكل (٧)

تمثيل العتلة من النوع الثاني في جسم الإنسان

ولعتلات النوع الثالث التي تقع فيه نقط تأثير القوة بين المقاومة ونقطة الإرتكاز في جسم الإنسان هو عمل العضلة ذات الرأسين العضدية اثناء انقباضها عند حمل ثقل في اليد ورفعها إلى الأعلى ففي هذه الحالة تقع نقطة اندغام العضلة بالحافة الكعبرية لعظم الكعبره وتمثل نقطة تأثير القوة ، حيث تقع هذه النقطة بين الإرتكاز (مفصل المرفق) وبين المقاومة المتمثلة بالثقل.

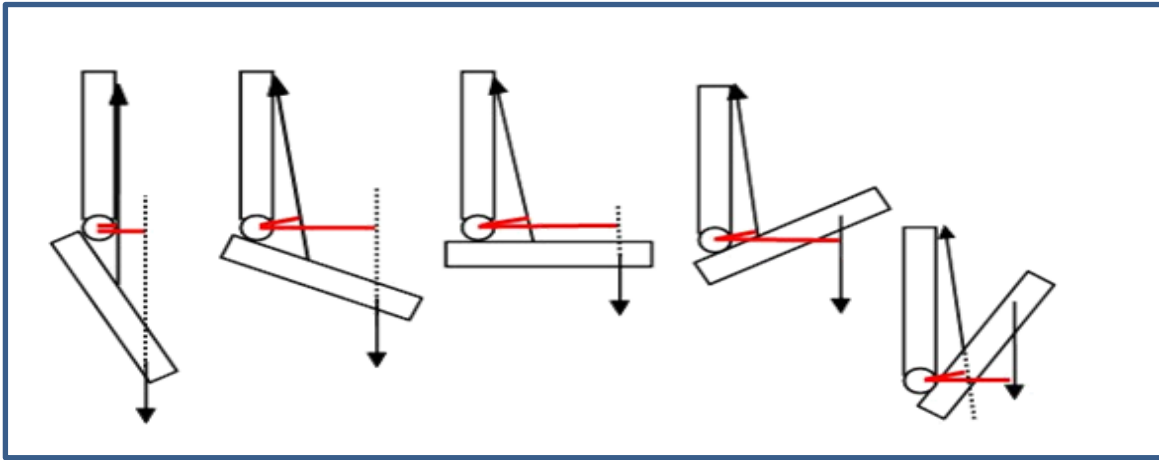


الشكل (٨)

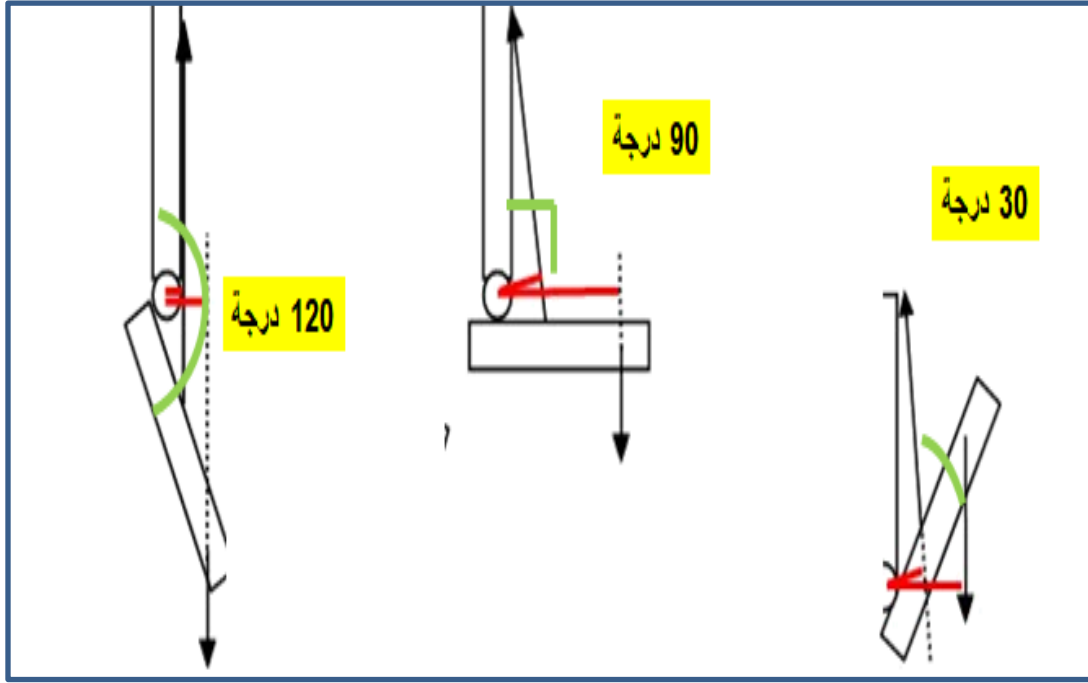


## تمثيل العتلة من النوع الثالث في جسم الإنسان

أن أساس القوة لدى الفرد هو القوة الناتجة عن الإنقباض العضلي ولكن يختلف مقدار هذه القوة العضلية الناتجة عن إنقباض العضلة من موضع لآخر أي عندما يختلف إتجاه خط عمل العضلة نستنتج من هذا أن هناك علاقة بين القوة التي تصدرها العضلة وبين الزاوية المحصورة بين خط عمل العضلة والذراع الرافعة ، وهذا يتوقف على طول الذراع : (البعد العمودي بين نقطة تأثير قوة العضلة ومحور الدوران ) فنجد إن اقصى قوة يمكن أن تصدرها العضلة عندما تكون الزاوية بين خط عمل العضلة والذراع الرافعة زاوية قائمة، وتقل قوتها عن ذلك اذا كان خط عملها يشكل زاوية حادة أو منفرجة .



ففي الصورة أدناه ثلاث حالات لعمل العضلة الأولى عندما تكون الزاوية (٣٠ درجة) أي زاوية حادة ، والثانية عندما تكون الزاوية قائمة أي (٩٠ درجة) وفي الحالة الثالثة عندما تكون الزاوية (١٢٠ درجة ) أي منفرجة ، نستنتج من هذه الحالات أن طول البعد العمودي بين نقطة تأثير القوة ومحور الدوران (ذراع القوة) بلغ أقصاه في حالة الزاوية القائمة، حيث تكون القوة التي تصدرها العضلة تستخدم بكاملها في محاولة التغلب على المقاومة بينما لا تستخدم قوة العضلة بكاملها عندما يكون خط عملها بزواي حادة أو منفرجة



امثله عن العتلات :

إحسب مقدار القوة الضرورية اللازمة للتغلب على مقاومة وزنها (٥٠٠ نيوتن) تبعد عن محور الدوران (٥ قدم) علماً أن بعد نقطة تأثير القوة هو (١٠ قدم) ؟

الحل :

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

$$\text{القوة} \times ١٠ = ٥٠٠ \times ٥$$

$$\text{إذن القوة} = \frac{٥٠٠ \times ٥}{١٠} = ٢٥٠ \text{ نيوتن مقدار القوة المطلوبة}$$

في بعض الأحيان نجد أن إتجاه تأثير القوة يكون مائلاً أي بزاوية معينة ففي هذه الحالة ينبغي استخراج قيمة المسافة العمودية بين نقطة تأثير القوة ومحور دوران العتلة ويحدث هذا



في العتلات ذات الذراع الواحد أي عندما تكون نقطتا القوة والمقاومة على جهة واحدة من محور الإرتكاز .

أوجد مقدار القوة اللازمة لرفع ثقل وزنه (١٠٠٠ نيوتن) يبعد عن محور الإرتكاز مسافة (٢٠ قدم) علماً أن إتجاه القوة يشكل زاوية قدرها (٣٦ درجة ) وتبعد عن نقطة تأثيرها عن المحور مسافة (٥ قدم) علماً أن (جا ٣٦ = ٠,٨)؟

لمعرفة مقدار القوة المبذولة للمحافظة على اتزان العتلة والتغلب على المقاومة يجب استخراج الأمور التالية :

١ - استخراج المركبة العمودية لخط عمل القوة أي تحليل القوة الى مركبتين افقية وعمودية حيث تساوي المركبة العمودية (ع × جا الزاوية )

٢ - استخراج البعد العمودي بين خط عمل القوة العمودي ومحور الدوران وهذا ممكن استخراجها من خلال علاقات المثلث قائم الزاوية لذلك :

$$\text{جا } ٣٦ = \text{المقابل } | \text{ الوتر}$$

$$٠,٨ = \text{أه} | ٥$$

$$\text{أه} = ٥ \times ٠,٨ = ٤ \text{ قدم}$$

عندئذ يمكن تطبيق القانون

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

$$\text{القوة} \times ٤ = ١٠٠٠ \times ٢٠$$

$$\text{القوة} = \frac{٢٠٠٠٠}{٤}$$

$$\text{القوة} = ٥٠٠٠ \text{ نيوتن}$$



### لماذا ندرس العتلات ؟

إن طبيعة العضلات الموجودة في جسم الإنسان والقوة الناتجة منها هو السبب من وراء دراستنا لنظام العتلات كون أن عضلات الجسم تعمل وفق نظام العتلات، فلا بد من معرفة ما هي العتلة وما انواعها والعلاقة بين طبيعة العمل المطلوب والعتلة المستخمة، فقد تتطلب الحركة أو الفعالية المعينة حركة سريعة أو مدى حركي كبيراً.....اذن لابد من ان يتم تحريك جزء الجسم وفق نظام عتلة بحيث تكون ذراع المقاومة أطول من ذراع القوة على الرغم من أن اللاعب يبذل قوة اكبر فإن طبيعة الحركة تتطلب السرعة وكبر مدى الحركة ، اما اذا كان الهدف المطلوب هو إصدار قوة للتغلب على مقاومة ينبغي حينها أن يتم العمل العضلي وفق نظام رافعة يكون فيها ذراع القوة أطول من ذراع المقاومة ويطلق على هذا النوع من الروافع رافعة الإقتصاد بالجهد .

### ما علاقة دراسة العتلات بالجانب الرياضي؟

إن دراسة القوة التي يبذلها الرياضي عند أدائه لحركة معينة وطبيعة المقاومة التي يحاول التغلب عليها سواء كانت وزن الجسم أو أوزان إضافية كالنقل أو الدمبلص أو الخصم حتم علينا معرفة النقاط الثلاث الرئيسية للعتلة وهي القوة ، المقاومة ، المرتكز، وبالإمكان تحديد نوع المقاومة من خلال شكلها والأوزان الإضافية معها في حالة وجود ثقل وبعدها عن المرتكز، وكذا الحال للقوة فتتحدد من خلال مدغم العضلة اما الإرتكاز فهو المفصل الذي تتم حوله الحركة.إن المبدأ الذي يحدد العلاقة بين القوة المبدولة والمقاومة التي يمكن التغلب عليها أو محاولة التغلب عليها لا يعتمد فقط على مقادير القوة والمقاومة فقط ، بل يعتمد على البعد العمودي بين كل من القوة والمقاومة عن المرتكز (الأذرع) وتسمى الفائدة الميكانيكية فيكون:

ذراع القوة $df$	= الفائدة الميكانيكية
ذراع المقاومة $dr$	



ومن الممكن ان نستنتج من ذلك ما يأتي:-

- ١- عندما يكون ناتج النسبة = صفر فأن العتلة في حالة تساوي ( اتزان ) .
- ٢- عندما يكون الناتج اكبر من ١ فأن هناك ربح للقوة
- ٣- عندما يكون الناتج اقل من ١ فأن هناك ربح للمقاومة

# SAFETY minute

## Back Safety Techniques

CONSEJOS SEGURIDAD PARA SU ESPALDA

DO'S AND DON'TS // QUE HACER Y NO HACER



**SI, LEVANTAR EN EQUIPO**  
DO LIFT AS A TEAM



**DO TURN WITH LEGS**



**SI, GIRE CON LAS PIERNAS**

**DON'T LIFT BULKY LOADS ALONE**  
NO LEVANTE CARGAS PESADAS SOLOS



**DON'T TWIST WHEN LIFTING**



**DO USE LEGS TO LIFT**  
SI, USA LAS PIERNAS PARA LEVANTAR



**DO USE EQUIPMENT**  
SI, UTILIZAR EL EQUIPO



**DON'T USE YOUR BACK**  
NO USE SU ESPALDA



**DON'T LIFT HEAVY LOADS**  
NO LEVANTAR CARGAS PESADAS







## الكينماتيك المستقيم

## الكينماتك :

## تعريفه :

هو احد فروع البايوميكانيك والذي يعني بدراسة الحركة دراسة وصفية من حيث زمانها ومكانها بصرف النظر عن القوى التي تسبب حدوث الحركة .

ويشمل الكينماتيك المستقيم على المواضيع الاتية :

١- المسافة والازاحة .

٢- الكميات القياسية والكميات المتجهه .

٣- انواع الحركات .

٤- السرعة .

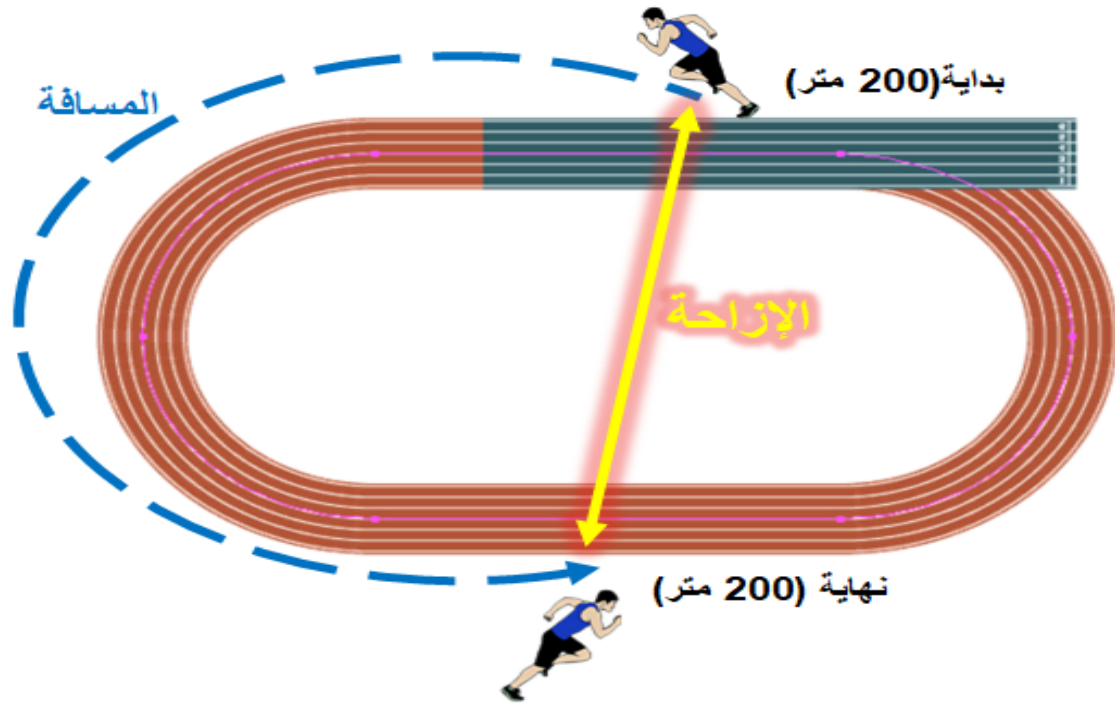
٥- التعجيل .

٦- حركة المقذوفات .

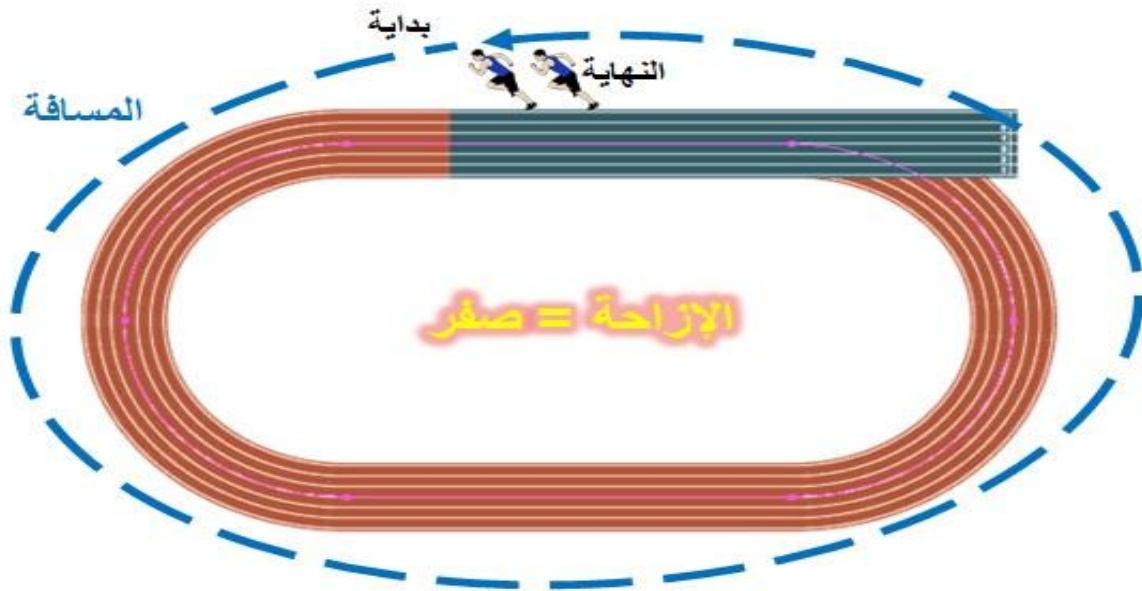
## اولا: المسافة والازاحة :

ان المفهوم العام للحركة التي يؤديها جسماً معيناً تحرك من مكانه لقطع مسافة معينة عندئذ يكون الجسم قد ازيح عن موضعه مقدار المسافة التي قطعها أي للمسافة والازاحة المضمون نفسه فنقول أن عداء تحرك من نقطة البداية و قطع مسافة ( ٢٠٠ متر ) باتجاه خط النهاية وبذلك تكون ازاحته بنفس مقدار لمسافة التي قطعها العداء ، أما اذا عاد العداء الى نفس النقطة فازاحته صفر أي بمعنى عدم ازاحته عن موضعه الأصلي بمقدار واتجاه معين في نهاية الحركة. نستنتج من ذلك أن المسافة كمية قياسية والازاحة كمية متجهة .

تعريف المسافة : تعرف المسافة على انها طول المسار الذي يسلكه الجسم خلال حركته وانتقاله من مكان الى اخر وتقاس بالمتر ورمزها ( م - M ) وهي كمية قياسية أي تحدد بذكر مقدارها فقط دون الاتجاه .



تعرف الإزاحة : هي الخط المستقيم الذي يصل ما بين نقطة البداية ونقطة النهاية وهي كمية متجهه أي انها تحدد بذكر مقدارها واتجاهها .







المسافة	الازاحة
١- كميته قياسية	١- كميته متجهه
٢- يجب معرفة مقدارها فقط للتعرف عليها	٢- يجب معرفة مقدارها واتجاهها للتعرف عليها .
٣- قد تكون اكبر او تساوي الازاحة	٣- لا يمكن ان تكون اكبر من المسافة
٤- لا يمكن ان تكون صفراً لأنها تقيس الفراغ الفعلي المقطوع	٤- يمكن ان تكون صفراً لأنها لا تقيس الفراغ الفعلي خلال حركتها .

### ثالثاً : السرعة Velocity

عندما يتحرك جسم من مكان الى آخر فإن حدوث الحركة هذه يتم في وقت معين، ويختلف الوقت المستغرق لقطع مسافة محددة من جسم لآخر، فقطع مسافة (١٠ كم) بواسطة سيارة مسرعة تستغرق وقتاً أقصر من زمن قطع المسافة نفسها بواسطة الركض، وبعد الزمن الأخير أقصر من زمن قطع المسافة مشياً على الأقدام، نستنتج مما تقدم أن الجسم الذي يقطع مسافة معينة بزمن قصير هو أسرع من الجسم الذي يقطع المسافة نفسها بزمن أطول، وعلى هذا الأساس يمكن صياغة العلاقة بين السرعة والمسافة والزمن على النحو الآتي:

السرعة تساوي المسافة المقطوعة في وحدة الزمن

السرعة الإعتيادية speed (س) = المسافة (م) / الزمن (ن)

السرعة المتجهة velocity (س) = الإزاحة (ز) / الزمن (ن)

وتقاس بوحدة م/ثا لوجود المسافة والزمن

مثال: عندما يتحرك جسم من نقطة (أ) باتجاه نقطة (ب) وكانت المسافة بين النقطتين (٣٠ م) والزمن المستغرق هو (٥ ثا) إحسب سرعة ذلك الجسم؟

$$س = م / ن$$

$$= ٣٠ / ٥$$

$$= ٦ م/ثا$$



فلو أن الجسم في المثال السابق بعد بلوغه نقطة (ب) فإنه يعود إلى (أ) مرة أخرى لتصبح المسافة التي قطعها (٦٠م) بواقع (١٠ ثا) فإن سرعة الجسم الإعتيادية هي :

$$٦٠ / ١٠ = ٦ \text{ م/ثا}$$

أما فيما يخص سرعة الجسم المتجهة هي:

$$\text{صفر} / ١٠ = \text{صفر}$$

عندما يتحرك جسم لقطع مسافة معينة وكانت سرعته منتظمة، حيث كانت سرعته عند (أ) (٦م/ثا) وعند بلوغ نقطة (ب) (١٠م/ثا) ففي هذه الحالة نحاول استخراج معدل السرعة حيث:

متوسط السرعة (مس) = السرعة الإبتدائية (س١) + السرعة النهائية (س٢) / ٢

$$\text{مس} = ٦ \text{ (م/ثا)} + ١٠ \text{ (م/ثا)} / ٢$$

$$= ٨ \text{ م/ثا}$$

وعلى ضوء القانون السابق اذا كانت سرعة العداء الإبتدائية تساوي صفر فإن معدل سرعته هو نصف سرعته النهائية

$$\text{مس} = ٢ / ٢$$

وفي بعض الأحيان تتغير سرعة الجسم في فترات زمنية قصيرة، فلتحديد سرعة ذلك الجسم في لحظة معينة يجب معرفة مقدارها في أصغر مسافة مقطوعة وفي أصغر فترة زمنية عندئذ تسمى السرعة اللحظية أو السرعة الآنية

السرعة اللحظية = اصغر فرق بالمسافة / أصغر فرق بالزمن

$$= \Delta \text{ م} / \Delta \text{ ن}$$

$$= (٢م - ١م) / (٢ن - ١ن)$$

وتعرف بانها السرعة التي نستدل عليها خلال تغيرات زمنية بسيطة وهي اكثر دقة من متوسط السرعة .

ان العلامة  $\Delta$  ( دلتا ) هي كلمة اغريقية تستخدم للتدليل على التغير في المقادير وتعني ( التغير )



## السرعة كمية متجهة :

إن السرعة هي إحدى الكميات الميكانيكية التي يتم تناولها بشكل مستمر سواء في الحياة اليومية أو أثناء دراستنا للحركة في المجال الرياضي، ولتمثيل هذه السرعة وحساب محصلة تأثيرها لا بد من معرفة خصائصها وعلى النحو التالي:

إذا كانت سرعتان في اتجاه واحد فإن محصلتهما هي عبارة عن جمعها هندسياً



$$\text{س} = ٣٠ \text{ م/ثا} \quad \text{س} = ٥٠ \text{ م/ثا}$$

إن محصلة السرعة في هذه الحالة =  $١ \text{ س} + ٢ \text{ س}$

$$= ٣٠ + ٥٠ =$$

$$= ٨٠ \text{ م/ثا}$$

ويكون اتجاه السرعتين نفسه

أما إذا كانت السرعتان في اتجاهات مختلفة وعلى خط عمل واحد فإن محصلتهما النهائية هي الفرق بينهما



$$\text{س} = ٨٠ \text{ م/ثا} = ١$$

$$\text{س} = ٣٠ \text{ م/ثا} = ٢$$

فتكون محصلة السرعة =  $١ \text{ س} - ٢ \text{ س}$

$$= ٨٠ - ٣٠ =$$

$$= ٥٠ \text{ م/ثا} \text{ وباتجاه السرعة الأكبر}$$

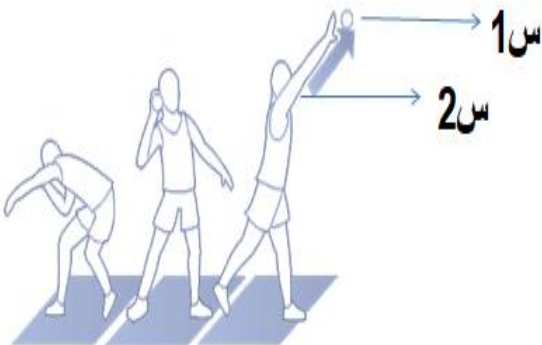
يمكننا تطبيق المبدأ نفسه في كثير من الفعاليات الرياضية والتي تستخدم فيها أكثر من سرعة

أو سرعات أجزاء متعددة من الجسم

وخاصة فعاليات الرمي حيث يمكن

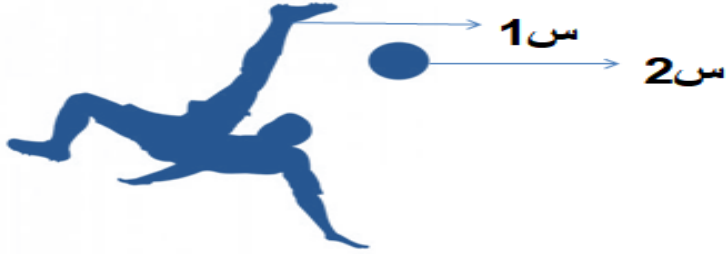
جمع سرعات اليد الرامية في رمي النقل

مع سرعة النقل في الاتجاه نفسه

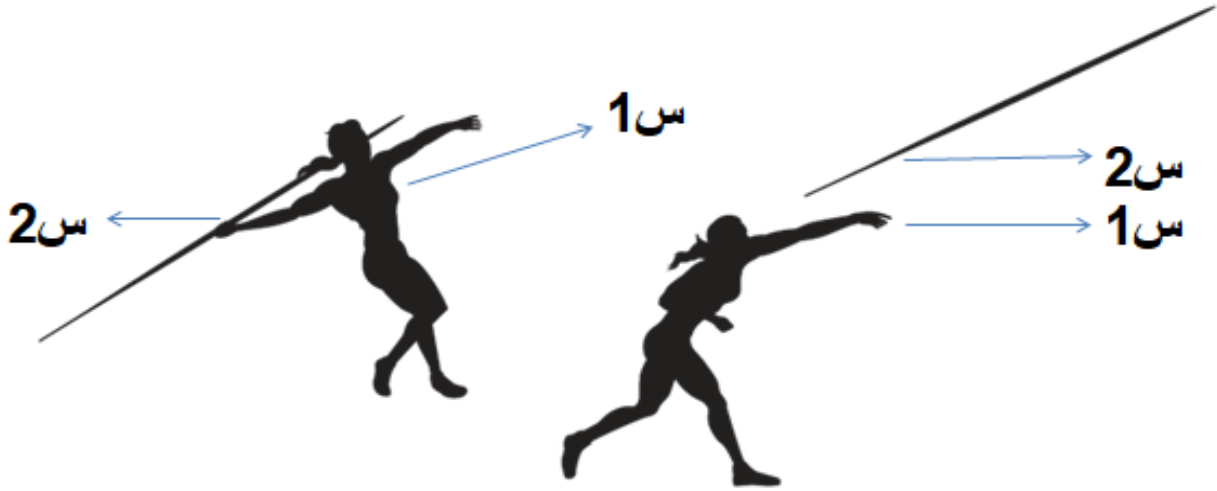




أو سرعة كرة القدم عندما تتحرك بإتجاه معين ويتم ضربها من اللاعب بالإتجاه نفسه فتكون السرعة النهائية في كلتا الحالتين هي المجموع الجبري للسرعتين

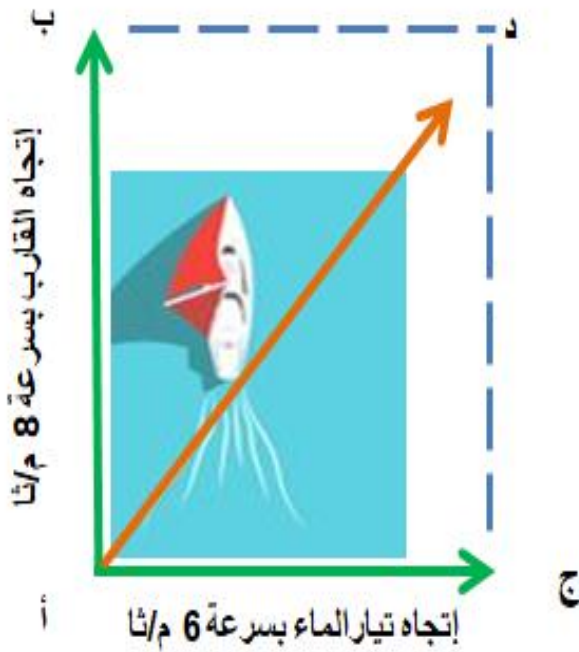
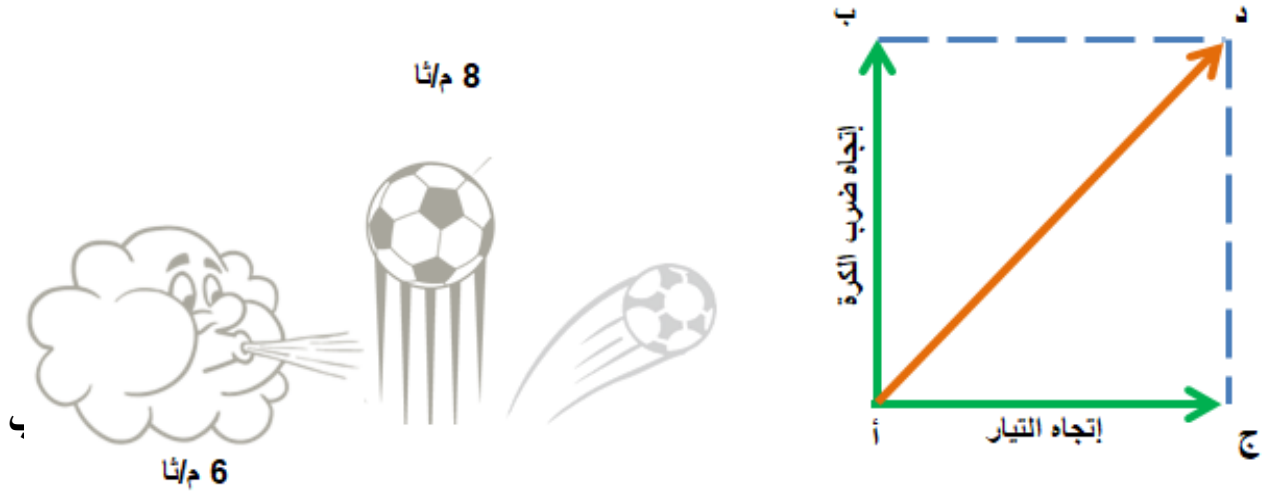


أما في فعالية رمي الرمح ففي المرحلة الأولى تكون سرعة الرمح هي سرعة الرامي نفسها ولكن أثناء الخطوات الأخيرة من الرامي التي يتم فيها إرجاع الرمح إلى الخلف فإن سرعة الرمح هي الفرق بين سرعة الجسم وسرعة الرمح على الرغم من أن الحركة النهائية للرمح هي في إتجاه الرامي.



يتأثر جسم الإنسان في بعض الحالات بأكثر من سرعة ولكن خط عملها ليس على خط عمل واحد، ففي هذه الحالة تكون السرعة بزواوية، فعلى سبيل المثال يحاول اللاعب ضرب الكرة من (أ) إلى (ب) ، ولكن إتجاه التيار يكون من (أ) إلى (ج)، إن سرعة الكرة يمكن إستخراجها عن طريق المحصلة ، اذا كانت الزاوية قائمة فيتم استخراج المحصلة عن طريق تطبيق نظرية

فيثاغورس



الحل :

$$٢د = ٢أب + ٢أج$$

$$٢م = ٣٦ + ٦٤$$

$$٢م = ١٠٠$$

$$م = \sqrt{١٠٠} = ١٠ \text{ م/ثا سرعة القارب النهائية}$$

$$\text{ظا} (ز) = \text{دج} / \text{أج}$$

$$= ٦ / ٨$$

$$= ١,٣٣ \text{ لزاوية } (٥٣) \text{ درجة}$$

أما إذا كانت الزاوية حادة أو منفرجة فإن المحصلة يمكن إستخراجها من خلال القانون الآتي والذي يسمى قانون جيب التمام

$$٢م = ٢أب + ٢أج + ٢أب \times أج \times \text{جتا} > ب أ ج$$

أما إتجاهها فيمكن تحديده على النحو الآتي :

$$\text{ظا} = \{ (أب \times جاب أ ج) \} / \{ (أج + أب \times \text{جتا} > ب أ ج) \}$$



مثال : سباح يتأثر بسرعتين إحداهما ( ٥ م/ثا ) والثانية سرعة تيار الماء ( ٤ م/ثا ) وكانت الزاوية بين هاتين السرعتين (٤٥ د.) أوجد السرعة النهائية للسباح واتجاهها ؟ علما

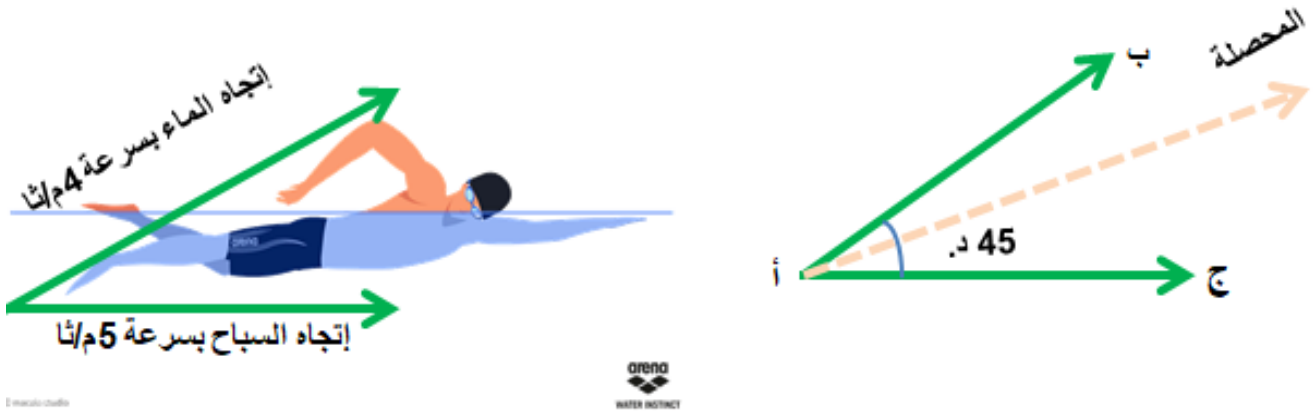
$$٢٥ = ٢٠ + ١٦ + ٤ \times ٥ \times ٢ \times \text{جتا } ٤٥$$

$$٠,٧٠٧ \times ٤٠ + ١٦ + ٢٥ =$$

$$٦٩,٢٨ = ٢٠$$

$$\sqrt{٦٩,٢٨} = ٨,٣٢$$

$$= ٨,٣٢ \text{ م/ثا السرعة النهائية للسباح}$$



$$\text{إذن الظل} = ٥ \times \text{جا } ٤٥ / ٤٠ + ٤ = ٥ \times \text{جتا } ٤٥$$

$$= ٥ \times ٠,٧٠٧ + ٤ = ٠,٧٠٧ \times ٥ + ٤$$

$$= ٧,٥٣٥ / ٣,٥٣٥ =$$

$$= ٠,٤٦٩ =$$

إذن إتجاه محصلة السرعة هو = ٢٥ درجة تقريباً

إن كل الأمثلة آنفة الذكر والتي يتم من خلالها معرفة التأثير النهائي لأكثر من سرعة (المحصلة) فنطلق على هذه الحالة جمع أو تركيب الكميات المتجهة ، أما إذا كانت السرعة النهائية لحركة جسم معلومة أو اتجاهها معلوم ومحاولة معرفة مركبات تلك السرعة الأفقية والعمودية عندئذ نطلق على هذه الحالة تحليل الكميات المتجهة

لأستخراج المركبتين (أج) ، (أد) الأفقية والعمودية على التوالي فإن :



$$أج = أب \times جتا ٣٠$$

$$أد = أب \times جا ٣٠$$

مثال : إنطلقت كرة أثناء ضربة الهدف بسرعة (٨ م/ثا) وبزاوية (٤٠) من الخط الأفقي إحسب مقدار المركبتين الأفقية والعمودية للسرعة علماً أن (جا ٤٠) يساوي (٠,٦٤) و(جتا ٤٠) يساوي (٠,٧٦) ؟

الحل :

لأستخراج المركبة الأفقية

$$\text{السرعة الأفقية} = (أب) \text{ الوتر} \times جتا ٤٠$$

$$= ٠,٧٦ \times ٨$$

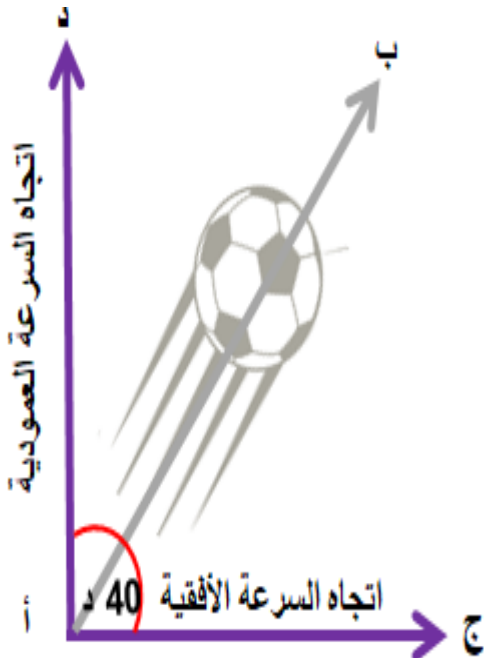
$$= ٦,١٢ \text{ م/ثا}$$

لأستخراج المركبة العمودية

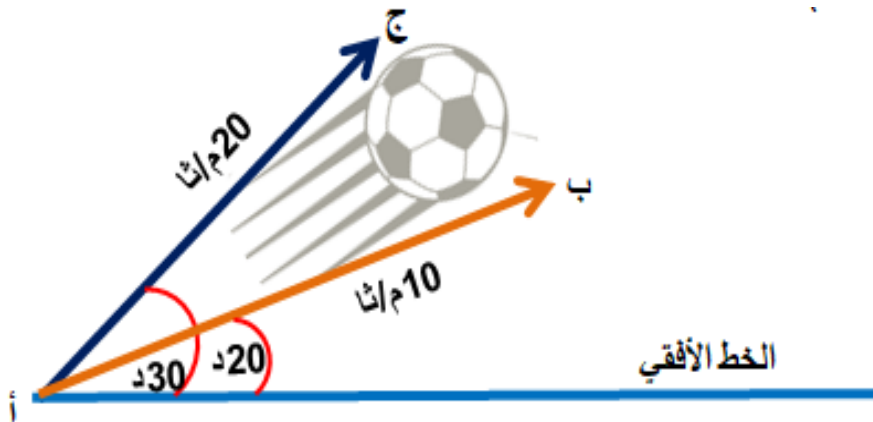
$$\text{السرعة العمودية} = \text{الوتر} \times جا ٤٠$$

$$= ٠,٦٤ \times ٨$$

$$= ٥,١٣ \text{ م/ثا}$$



في بعض الحالات يتأثر الجسم ولتكن الكرة بسرعتين أحداها (١٠ م/ثا) وبزاوية (٢٠) مع الخط الأفقي والأخرى (٢٠ م/ثا) وبزاوية (٣٠) مع الخط الأفقي أيضاً أحسب مقدار التأثير النهائي للسرعتين على الكرة (المحصلة) واتجاهها ؟





في هذه الحالة إذا أردنا أن نحسب مقدار محصلة السرعة النهائية لهاتين السرعتين فإنها تكون من خلال عملية تحليل وجمع المركبات في آن واحد وحسب الآتي:

١- نستخرج المركبتين الأفقية والعمودية للسرعة (١٠ م/ثا)

٢- نستخرج المركبتين الأفقية والعمودية للسرعة (٢٠ م/ثا)

٣- نجمع المركبتين الأفقيتين للسرعة

٤- نجمع المركبتين العموديتين للسرعة

٥- نستخرج المحصلة النهائية لتأثير السرعتين من خلال القانون الآتي:

$$٢م = (المحصلة الأفقية) ٢ + (المحصلة العمودية) ٢$$

١- المركبة الأفقية لمحصلة السرعة الأولى =  $١٠ \times \text{جتا } ٢٠$

$$= ٠,٩ \times ١٠ =$$

$$= ٩ \text{ م/ثا}$$

٢- المركبة العمودية لمحصلة السرعة الأولى =  $١٠ \times \text{جا } ٢٠$

$$= ٠,٣ \times ١٠ =$$

$$= ٣ \text{ م/ثا}$$

٣- المركبة الأفقية لمحصلة السرعة الثانية =  $٢٠ \times \text{جتا } ٣٠$

$$= ٠,٨ \times ٢٠ =$$

$$= ١٦ \text{ م/ثا}$$

٤- المركبة العمودية لمحصلة السرعة الثانية =  $٢٠ \times \text{جا } ٣٠$

$$= ٠,٥ \times ٢٠ =$$

$$= ١٠ \text{ م/ثا}$$

$$\text{محصلة المركبات الأفقية} = ٩ + ١٦ = ٢٥ \text{ م/ثا}$$

$$\text{محصلة المركبات العمودية} = ٣ + ١٠ = ١٣ \text{ م/ثا}$$

$$٢م = (المحصلة الأفقية) ٢ + (المحصلة العمودية) ٢$$

$$٢م = ٢(٢٥) + ٢(١٣)$$





$$١٩٦ + ٦٢٥ = ٢م$$

$$٧٩٤ = ٢م$$

$$\sqrt{٧٩٤} = م$$

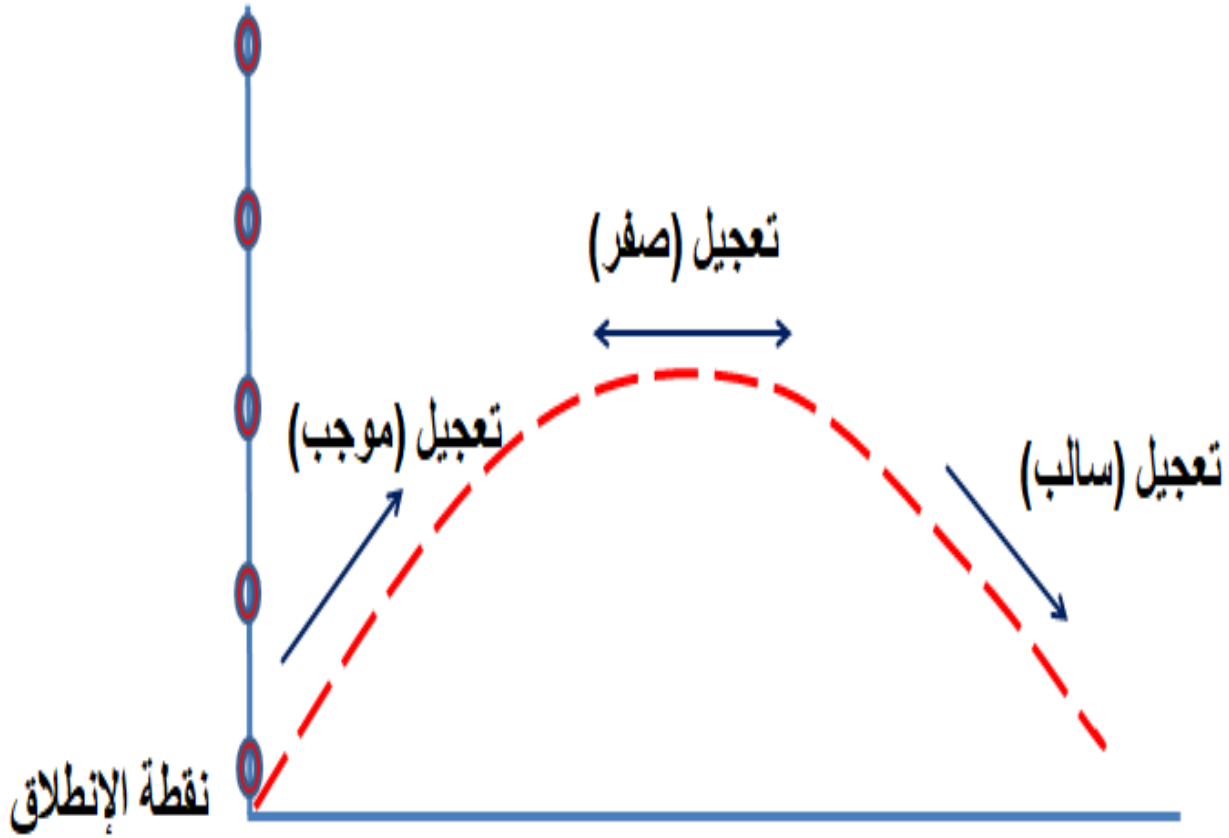
$$= ٢٨,١ م/ثا مقدار التأثير النهائي للسرعة$$

السرعة النسبية : هذا النوع من السرعة له علاقة بسرعة جسم الى جسم اخر .

$$س ن = سرعة الجسم الثاني - سرعة الجسم الاول وتقاس م / ثا$$

### التعجيل Acceleration

عند قطع العداء لمسافة معينة وتكون حركته منتظمة فإن ذلك يعني أن سرعته في أي لحظة من لحظات الحركة هي ثابتة ، أما إذا كانت حركته غير منتظمة حينها تتغير سرعته من لحظة لأخرى ، حيث يطلق على التغيير في مقدار السرعة مصطلح **التعجيل** ، ويعبر عن تزايد السرعة تدريجياً (**بتعجيل موجب**) ، أما إذا كانت السرعة تتناقص تدريجياً (**تعجيل سالب**). لنضرب المثال الآتي زيادة في توضيح ما هية التعجيل ، عندما يبدأ عداء بالركض ويقطع (١٠ متر) الأولى بزمن (٢ ثانية) و(١٠ متر) التي تليها (١,٨ ثانية) بينما (١٠ متر) الثالثة (٢,٦ ثانية)، نستنتج من هذا أن قطع المسافات نفسها لأزمنة تقل تدريجياً مما يدل على أن سرعة الجسم تزداد تدريجياً وبذلك يكون تعجيل العداء تعجيل موجب. أم إذا حدث العكس وخاصة بنهاية بعض السباقات لبعض العدائين حيث يقطع العداء المسافات المتساوية بزمن يزداد تدريجياً حينها تكون سرعته تقل تدريجياً وبذلك يكون تعجيل العداء سالباً.



بناءً على ما تقدم يمكننا تعريف التعجيل : (المعدل الزمني لتغير السرعة ) او ( مقدار التغير في السرعة اثناء الحركة الغير منتظمة اي اختلاف سرعة الجسم خلال المسافة المقطوعة ) ويمكن التعبير عن ذلك عن طريق القانون :

$$\text{التعجيل} = \Delta \text{ السرعة} / \text{الزمن}$$

$$ع = \Delta \text{ س} / ن$$

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

$$ع = \text{س} ٢ - \text{س} ١ / ن$$

$$\text{وتقاس م} / \text{ثا}^٢$$

فعلى سبيل المثال ينطلق عداء من نقطة (أ) وسرعته (٤م/ثا) فعندما يصل إلى نقطة (ب) تبلغ سرعته (٨ م/ثا) وكان زمن قطع المسافة هو (٢ ثا) فيكون مقدار التعجيل



$$ع = ٨ - ٤ / ٢$$

$$ع = ٢ م/ثا (تعجيل ايجابي)$$

وفي هذه الحالة يكون التعجيل موجب أما إذا حدث العكس وكانت سرعة العداء عند نقطة (ب) (٤ م/ثا) وكانت عند (أ) (٨ م/ثا) حينها التعجيل يكون سالب.

$$ع = ٢ س - ١ س / ن$$

$$ع = ٤ - ٨ / ٢$$

$$ع = صفر - ٤ / ٢$$

$$ع = - ٢ م / ثا (تعجيل سلبي)$$

### حركة المقذوفات Projectile motion

تشكل دراسة المقذوفات في المجال الرياضي أهمية خاصة حيث انها تساعد المختصين على فهم مسار الاجسام المقذوفة خلال الاداء المهاري للحركات الرياضية سواء اكان الجسم المقذوف هو أداة او جسم اللاعب نفسه . فنجد ان أي جسم اثناء انطلاقه في الهواء يكون خاضعاً لقوانين ثابتة تحدد سيره وكذلك المسافة التي يقطعها او الزمن الذي يستغرقه لقطع المسافة ، فعلى هذا الاساس الاهتمام بطبيعته دراسة الاجسام المقذوفة والعوامل المؤثرة في حركة الاجسام لقطع مسافات معينة او لاداء حركي معين .

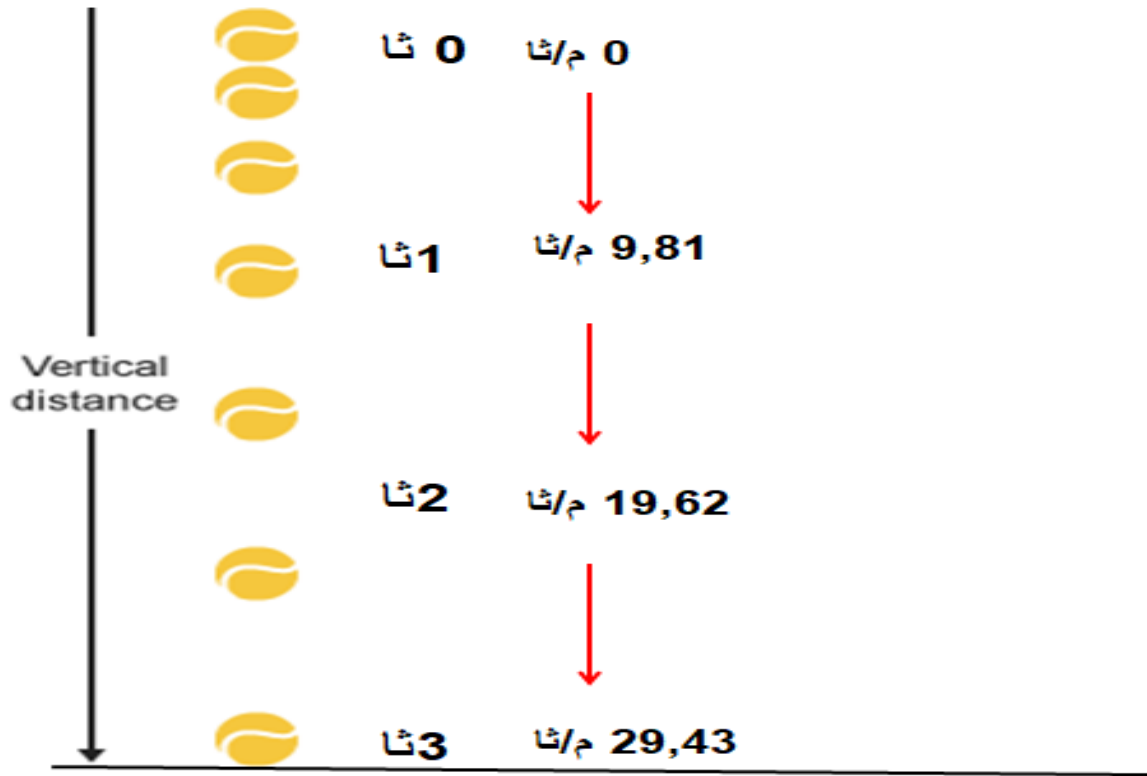
يمكن ان تعرف المقذوفات أي جسم ينطلق من النقطة التي هو فيها سواء أكان هذا الانطلاق بالاتجاه العمودي او الافقي ولايمكن تغيير مساره او سرعته او المسافة او الارتفاع الذي سيصله بعد تركه للسطح الذي انطلق منه (نقطة الاتصال) ، فمثلا لاعب الوثب الطويل يكسر اتصاله مع لوحة الارتفاع في مرحلة الارتفاع بزواوية معينة 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 ، ولا يختلف الموضوع كثيرا عندما يطلق الحكم في بداية الشوط كرة السلة الى الاعلى فان الكرة ستتطلق إلى الأعلى بزواوية قائمة



(الطيران الحر) وبسرعة معينة تتباطأ وتتوقف ثم تبدأ بالرجوع بتسارع إلى نقطة انطلاقها او نقطة اعلى من نقطة انطلاقها (السقوط الحر) .

ان حركة الاجسام المقذوفة تحكم بوساطة قانون الجاذبية والذي ينص على ان الأداة أو الجسم يسقط في الفراغ بتعجيل ثابت مقداره (٩.٨١) متر لكل ثانية ، وكمثال 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).





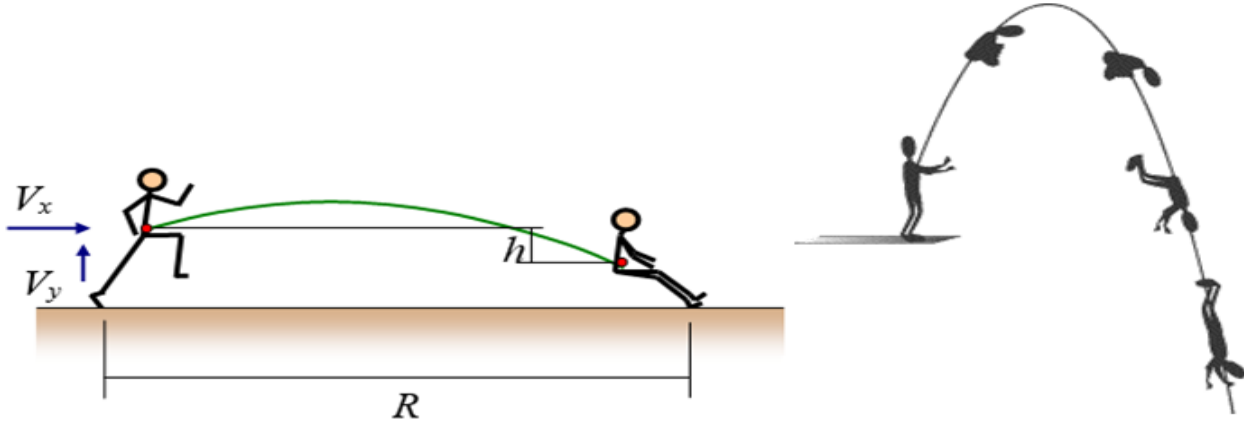
تقسم المقذوفات الى :-

١- المقذوفات العمودية Vertical Projectiles

٢- المقذوفات الافقية Horizontal Projectiles

أ. مقذوفات افقية من مستويات متماثلة (اي ان نقطة الانطلاق بنفس مستوى نقطة الهبوط) (الوثب العريض).

ب. من مستويات غير متماثلة اي ان نقطة الانطلاق تختلف عن نقطة الهبوط ( القفز العالي، الغطس الى الماء... الخ).



المقذوفات العمودية Vertical Projectiles

من الممكن ان نفهم المسار الحركي لهذا النوع من المقذوفات حيث انها تعني انطلاق الاجسام بزاوية قائمة اي الى الاعلى ومن ثم سقوطه الى الاسفل بفعل الجاذبية الارضية حيث ان العاملين الرئيسيين في التحكم وتحديد الارتفاع الذي يصله الجسم المقذوف الى الاعلى هما :-

- الجاذبية الارضية.

- سرعة الانطلاق.

الجاذبية = السرعة / الزمن (قانون التعجيل)

ان اي جسم ينطلق في الهواء يخضع الى قوانين ثابتة تحدد مساره وكذلك الارتفاع الذي سيصل اليه والزمن الذي سيستغرقه لبلوغ هذا الارتفاع.



يطلق تعبير الحركة بتعجيل معين تزايدى او تناقصى على حركة الاجسام المنطلقة الى الاعلى او الساقطة الى الاسفل والسبب في ذلك هو تأثير الجاذبية الارضية مع اهمال مقاومة الهواء والتي يكون تأثيرها سلبيا عند صعود الجسم الى الاعلى وايجابيا عند هبوط الجسم الى الاسفل، حيث تكون السرعة في اعلى قيمها قبل لحظة ارتطامه بالارض. لو اخذنا الزمن المستغرق للوصول الى اعلى ارتفاع نجده يساوي نفس الزمن الذي يستغرقه الجسم للوصول من نفس الارتفاع الى الارض. من هنا فإن:-

$$\frac{\text{التعجيل الارضى} \times \text{الزمن}^2}{2} = \text{الارتفاع الذي يصله الجسم المقذوف (المسافة)}$$

اثناء سقوط الجسم نجد ان المسافات التي يقطعها الجسم في الوحدات الزمنية نفسها تختلف على اساس التعجيل الارضى حيث انها تتضاعف في الثانية الاولى عن التي تليها، نستنتج من هذا ان سرعة الجسم في الصعود الى الاعلى تختلف عن سرعته في النزول الى الاسفل بفعل الجذب الارضى مع اهمال مقاومة الهواء.

$$\text{السرعة} = \sqrt{2 \times \text{التعجيل الارضى} \times \text{المسافة المقطوعة}}$$

$$s = \sqrt{2} \text{ ج م}$$

أو ومن المعادلة السابقة الممكن استخراج المسافة او الارتفاع بدلالة السرعة والتعجيل

الارضى:-

$$m = s^2 / 2 \text{ ج}$$



## الكينماتك الزاوي Angular Kinematics

لابد هنا من الاشارة الى الفرق بين طبيعة الحركة الانتقالية أي التي تحدث على خط مستقيم والحركة الدائرية أي التي تكون على شكل دوائر كاملة او جزء من الدوائر ، يفهم من هذا ان حدوث الحركة الدائرية يشترط بوجود محور للدوران فتعلق اللاعب على العقلة والقيام بأرجحه الى الامام او الخلف هي عبارة عن حركة دائرية ويطلق عليها احياناً الحركة الزاوية .

تمت الإشارة في المواضيع السابقة الى الحركة الانتقالية والحركة المستقيمة وتم ذكر ايضاً طبيعة المحاور التي تحدث عليها الحركة داخلية كانت أم خارجية وعلى اي حال فإن الكميات الميكانيكية كالسرعة والتعجيل التي تحدث أثناء الحركة الدائرية (الزاوية) وهذا ما سيتم تناوله لمفهوم الكينماتك الزاوي حيث عند دراسة هذه الكميات بالإضافة الى السرعة ككمية متجهة والمسافة والإزاحة فنجد إن هناك اختلافاً بين مفهوم علاقة كل من هذه الكميات أثناء الحركتين.

سبق ان تناولنا موضوع السرعة ككمية متجهه وامكن تعريفها بشكل عام بانها **العلاقة بين وحدات الطول مقسومة على وحدات الزمن** .

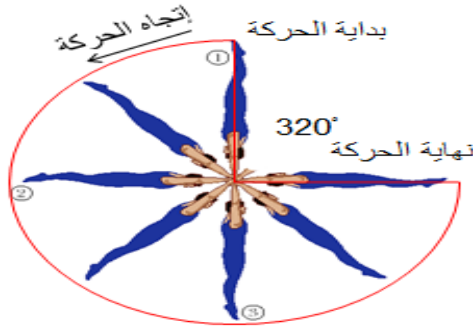
### تعريف :

- **المسافة الزاوية** : هي عدد الدرجات التي يقطعها الجسم مقسومة على الزمن .
- **الازاحة الزاوية** : هي الفرق بين عدد الدرجات بين بداية الحركة ونهاية الحركة الدائرية .
- **السرعة الزاوية** : هي النسبة بين المسافة التي يقطعها الجسم على محيط الدائرة بالنسبة الى الزمن المستغرق .
- **الزاوية النصف قطرية** : هي مقدار الزاوية المركزية في الدائرة التي تقابل قوساً طوله مساوٍ لطول نصف قطر الدائرة .
- **وحده قياسها الدرجة منذ بداية الحركة الى نهايتها** .
- **عدد الدرجات التي يقطعها الجسم خلال الدائرة (٣٦٠°)** .





عند مشاهدتنا لهذا الشكل فإنه لو أكمل لاعب العقلة دورة كاملة من بداية الحركة والعودة للنقطة نفسها فإنه يكون قد أكمل  $360^\circ$  ولكن المسافة التي قطعها اللاعب في هذه الحركة هي أقل من  $360^\circ$



ولتكن  $320^\circ$

إن هذه الكمية تعبر عن مقدار المسافة الزاوية التي قطعها لاعب العقلة

أما بالنسبة إلى مقدار الإزاحة الزاوية فيمكننا الاستدلال عنها من خلال معرفة الفرق بين وضعي الجسم في بداية الحركة ونهايتها وهو

$$40^\circ = 360^\circ - 320^\circ$$

### المسافة الزاوية والإزاحة الزاوية

إذا تحرك جسم حركة دائرية حول محور وليكن المحور خارجي كما في حركة الدوران حول العقلة فإن المسافة التي يقطعها الجسم أثناء حركته يمكن حسابها من خلال الفرق بين الوضع الأولي الذي ابتدأ منه الجسم حركته والوضع النهائي الذي وصله ولكن لا يمكن قياس المسافة في هذه الحركة بوحدات الأطوال كالمتر والسنتيمتر كما في الحركة الانتقالية بل تحسب المسافة التي يقطعها الجسم بعدد الدرجات التي يتحركها من بداية الحركة إلى نهايتها.

### السرعة الزاوية والسرعة المحيطية

يؤدي مفهوم السرعة دوراً مميزاً في جميع الفعاليات الرياضية سواء في الحركات الانتقالية أو الحركات الدائرية ، فكما علمنا أن قياس سرعة الجسم أثناء حركته الانتقالية هي عبارة عن المسافة المقطوعة في وحدة الزمن ، حيث ينطبق القول نفسه على المسافة التي



يقطعها على منحنى، أي سرعة الراكض مثلاً على محيط دائرة ولاستخراج متوسط السرعة لعداء على محيط دائرة فيمكن ذلك من خلال القانون الآتي :

$$\text{السرعة المحيطة} = \Delta \text{ المسافة} / \Delta \text{ الزمن}$$

$$\text{السرعة المحيطة} = \frac{2\pi r}{t} = \frac{2\pi \times 1 \text{ م}}{2 \text{ ن} - 1 \text{ ن}}$$

من خلال ما تقدم يمكننا تعريف السرعة المحيطة بأنها :

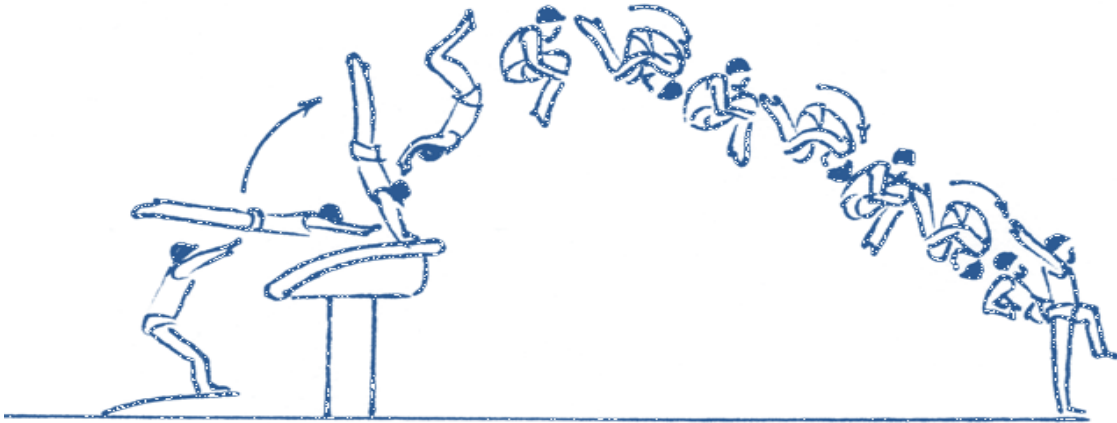
النسبة بين المسافة التي يقطعها الجسم على محيط دائرة إلى الزمن المستغرق.

ومن خلال ما تقدم يمكننا تعريف السرعة المحيطة :

هي النسبة بين المسافة التي يقطعها الجسم على محيط الدائرة بالنسبة الى الزمن المستغرق .

ولمفهوم السرعة المحيطة علاقة وثيقة بالسرعة الزاوية ، ولتوضيح ماهية السرعة الزاوية

يمكننا مشاهدة الشكل الاتي :

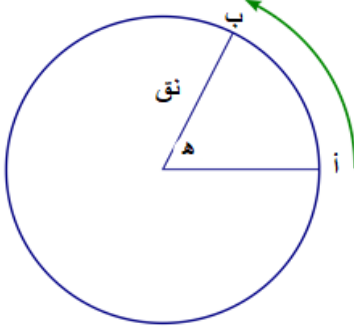


إن إنتقال جسم القافز من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) يكون قد قطع زاوية معينة ( هـ ) بزمن معين، يطلق على السرعة الزاوية للجسم (معدل الإنتقال الزاوي للجسم )، وللتعبير عن مقدار السرعة الزاوية التي يتحرك بها الجسم أو جزء من الجسم أثناء الحركة يمكن من خلال معرفة عدد الدرجات التي يقطعها الجسم في هذه الفترة الزمنية ، ولا بد من معرفة العلاقة بين الوحدات التي تعرف بها السرعة الزاوية .



إن دوران الجسم حول محور خارجي دورة كاملة فإن عدد الدرجات التي يقطعها الجسم تساوي  $360^\circ$

و إذا قطع الجسم جزء من محيط الدائرة بحيث يساوي طول ذلك الجزء نصف قطر الدائرة فإن الزاوية المقابلة لذلك الجسم تعرف بالزاوية النصف قطرية وكما في الشكل :



ويطلق على المثلث (أ م ب) بالقطاع، وقد وجد أن الدورة الكاملة الواحدة تساوي (٦,٢٨) قطاعاً وعلى هذا الأساس فإن القطاع الواحد يمكن احتساب قيمته بالدرجات

$$\text{ويساوي } 360 \div 6,28 = 57,3 \text{ درجة}$$

### التعجيل الزاوي

يختلف معنى التعجيل في الحركات المستقيمة عنه في الحركات الدائرية وإن كان المفهوم نفسه ، إلا أننا نجد نوعين من التعجيل أثناء حركة الجسم حول محور هما التعجيل المماسي والتعجيل القطري (العمودي) أو بمعنى مركبتين للتعجيل الزاوي المماسية والعمودية ، لنأخذ على سبيل المثال حركة دوران القرص أثناء دوران الرامي في دائرة الرمي، حركة القرص تكون عبارة عن حركة متوازنة بين إندفاع القرص إلى الخارج عكس إتجاه حركة الجذب بإتجاه محور الدوران (الكتف) وبين حركته على مماس محيط الدائرة التي يتحرك عليها أثناء الدوران، فمن الممكن إعتبار القوة التي يسلطها الرامي للسيطرة على القرص أثناء دورانه ويكون بإتجاه مركز دوران القرص (الكتف) إن هذا النوع من التعجيل هو التعجيل العمودي أو المركبة العمودية أو القطرية ويمكن حساب قيمته من خلال المعادلة :



٥٠

## البايوميكانيك الرياضي

التعجيل العمودي ( القطري ) = (سرعة القرص على مماس محيط الدائرة) ٢ ١ نصف قطر الدوران

مثال : أوجد مقدار المركبة العمودية لتعجيل القرص أثناء دورانه في دائرة الرمي علماً أن سرعته اللحظية على مماس الدائرة تساوي (٥٠ قدم/ثا) وكان طول ذراع الرامي (٣ قدم)

الحل:



$$\text{التعجيل العمودي} = ٣ \cdot ١ \cdot ٢ (١٥)$$

$$\text{التعجيل العمودي} = ٧٥ \text{ قدم/ثا}^٢$$

أثناء حركة دوران القرص على محيط الدائرة فإن حركته تتغير قيمتها واتجاهها باستمرار، فلو درسنا الشكل الآتي من خلال تغيير سرعة القرص في موضعين مختلفين على محيط دائرة الدوران لوجدنا أن معدل تغيير سرعة القرص بين هاتين النقطتين في فترة زمنية معينة يعد مؤشراً للتعجيل المماسي للقرص

فيكون مقدار التعجيل المماسي =  $٢ \text{ س} - ١ \text{ س}$  ١ ن



### الكينتك المستقيم :

يمكن دراسة الحركة من الناحية الكينتيكية عن طريق دراسة القوى التي تؤثر في الحركة وكيفية التعامل مع هذه القوى على اعتبار أن الحركة التي تحدث في المجال الرياضي أو في الحياة الاعتيادية هي عبارة عن تأثير متبادل بين القوى الداخلية للرياضي أي قواه الذاتية (العضلية) والقوى الخارجية المتمثلة بقوة الجاذبية الأرضية وقوة الاحتكاك وقوة دفع الماء إلى غير ذلك من القوى المحيطة بالفرد والتي تؤثر بشكل مباشر في الأداء.

لا بد من الإشارة إلى أن ضرورة دراسة الحركة من الناحية العلمية تحتتمها طبيعة اشتراك عوامل عديدة يؤثر منها سلباً ومنها إيجاباً فهنا تبرز أهمية تحديد العوامل الإيجابية التي تساعد على أداء الحركة وبلوغ الهدف المرجو لها بجهد أقل وبطريقة ميكانيكية توائم وطبيعة ذلك الأداء.

والحد قدر الإمكان من تأثير القوة السلبية من خلال تغيير أوضاع الجسم مثلاً وإتباع مسار معين أو تحريك الجسم أو جزء منه باتجاه معين ، يقودنا هذا الجانب إلى ضرورة المام المدرب مثلاً أو المعني بشؤون الحركة بالقوانين الميكانيكية التي تحدد الحركة وطبيعة تأثيراتها السلبية والإيجابية ومدى تطبيق نواح متعددة تحدد طبيعة الأداء لكل فرد وفق إمكانياته الشخصية والظروف التي تؤدي بها الحركة ودرجة صعوبة الحركة المؤداة ، لذلك تجد أن المعنيين بشؤون الحركة الرياضية وجدوا من الضرورة الأخذ بنظر الاعتبار القوانين الطبيعية مثل قوانين نيوتن للحركة وحالات الاحتكاك التي تحدث بين السطوح المتلامسة أثناء الأداء وطبيعة الطاقة التي يبذلها الرياضي للقيام بحركة معينة.



## قوانين نيوتن

## القانون الأول ( قانون القصور الذاتي )

يرمي هذا القانون إلى أنه من طبيعة الأجسام إذا تركت في مكان معين وهي ثابتة فسوف تستمر في ثباتها إلى ما لا نهاية ما لم تؤثر فيها قوة أخرى لتحريكها ، أو العكس إذا كان الجسم متحركاً فإنه يميل إلى الاستمرار في حركته إذا لم تحاول قوة أخرى أن توقف حركته أو التقليل منها أو زيادتها عندئذ يمكننا صياغة القانون الأول لنيوتن :

((الجسم الثابت يبقى ثابتاً والجسم المتحرك يبقى متحركاً ما لم تؤثر فيه قوة خارجية تغير من وضعه أو حالته الحركية ))

عزم القصور الذاتي = الكتلة × نصف القطر

ففي الحياة العامة يمكننا الإحساس بظاهرة القصور الذاتي للجسم فراكب السيارة الذي تعد سرعته هي سرعة السيارة نفسها ، فعند توقف السيارة بشكل مفاجئ نجد أن جسم الراكب يستمر في حركته إلى الأمام ، ولتفادي ذلك يحاول الاستناد للحد من خطورة استمراره إلى الأمام وبالعكس عند شروع السيارة بالحركة المفاجئة يميل الراكب للرجوع إلى الخلف .

أما في حياتنا الرياضية فيمكن ملاحظة ظاهرة القصور الذاتي عند عداء المئة متر الذي لا يمكنه التوقف فجأة إلا بعد فترة زمنية وبعد مسافة معينة ويعتمد طول الفترة الزمنية والمسافة على مقدار القوة التي يستخدمها العداء للتوقف.

ومن الناحية الأخرى يصعب على قافز العريض أن يقفز إلى مسافة بتكنيك صحيح إذا كانت حركته فجأة من الثبات إلى القفز ولكنه يتمكن من أداء الحركة بشكل أفضل إذا كانت



حركته بعد عدد معين من خطوات الاقتراب وللاستفادة من قانون نيوتن الأول وتطبيقه بالمجال الرياضي ينبغي علينا معرفة العوامل التي تسهم في التأثير بالحركة فنجد أن مقدار القوة المستخدمة لإكساب جسم سرعة معينة يختلف باختلاف وضع الجسم قبل استخدام القوة فإذا كان الجسم المراد التأثير به ثابتاً وأردنا اكسابه (٥ مائتا) يتطلب الأمر قدرًا معيناً من القوة ، أما إذا كان الجسم في حالة حركة ولو بطيئة فلاكسابه السرعة نفسها عندئذ تكون القوة المستخدمة أقل من الحالة الأولى وهذا ما يفسر لنا أهمية الحركات التمهيديّة في كثير من الفعاليات الرياضية.

من العوامل المؤثرة في القصور الذاتي هي **كتلة الجسم** فلتحريك النقل الخاص بالرجال من وضع الثبات يتطلب قدرًا كبيراً من القوة قياساً بالقوة المستخدمة فيما لو أردنا تحريك النقل الصغير للنساء من الثبات ، وأيضاً من العوامل المؤثرة في القصور الذاتي للأجسام هو **طبيعة الأرض (الاحتكاك)** أو السطح الذي تتم عليه الحركة ، فالتأثير في جسم بكتله معينة من وضع الثبات ولكي نتغلب على قصوره الذاتي يتطلب التأثير فيه بقوة معينة إذا كان السطح أملس أو صقيلاً في الوقت الذي تكون القوة المطلوبة للتغلب على القصور الذاتي للجسم نفسه أكبر عندما يكون السطح خشناً أو غير مستوٍ.

**قاعدة الارتكاز** هي الأخرى لها تأثير كبير في القصور الذاتي للجسم فلتحريك جسم ذي كتله معينة وله قاعدة ارتكاز كبيرة يتطلب ذلك قوة كبيرة للتغلب عليه ، بينما تكون القوة المستخدمة أقل فيما لو كانت القاعدة التي يرتكز عليها الجسم نفسه صغيرة ، ولتطبيق هذا المبدأ في كثير من فعالياتنا الرياضية ومنها المصارعة مثلاً نجد أن المصارع يحاول دائماً توسيع قاعدة ارتكازه بتوسيع المسافة بين رجليه للتقليل من تأثير القوة التي يستخدمها الخصم





ضده لأن الخصم في هذه الحالة يحتاج إلى قوة أكبر لأسقاطه ، في الوقت الذي يمكنه بقوة أقل من تحقيق ذلك فيما لو كانت المسافة بين رجليه صغيرة أو يستند على رجل واحدة .

كذلك يؤدي اتجاه قاعدة الارتكاز دوراً كبيراً في تحديد مقدار القصور الذاتي للجسم فنجد أن توقف الحافلة المفاجئ يؤدي بالراكب ولو بصورة لا شعورية أن يقدم رجليه إلى الأمام والهدف من هذا هو الحد من السقوط إلى الأمام من خلال توسيع قاعدة ارتكازه وباتجاه الحركة نفسها ، أما إذا كانت القوة المؤثرة في الجسم من الجانب فإن تفادي السقوط والحد من تأثير هذه القوة يتم من خلال توسيع القاعدة بوضع الرجل جانباً.

### قانون نيوتن الثاني ( قانون التعجيل )

إن كل حركة تحدث لا بد أن تكون نتيجة تأثير قوة سواء أكانت داخلية أو خارجية ويكون مقدار الحركة متماشياً مع مقدار القوة المؤثرة ، فكلما كانت القوى المستخدمة كبيرة كانت الحركة الحادثة أكبر والعكس صحيح ، ومن الطبيعي إن اتجاه حدوث الحركة يكون باتجاه القوة المؤثرة نفسها .

بذلك يمكن صياغة قانون نيوتن الثاني كما يلي:

(( إن تعجيل الجسم يتناسب طردياً مع القوة المؤثرة وتحدث الحركة باتجاه القوة ))

((إذا اثرت قوة خارجية في جسم متحرك فإن تلك القوة ستسبب تغييراً في حركة الجسم ويتغير

اتجاهه باتجاه تلك القوة المؤثرة ))

القوة = الكتلة × التعجيل الارضي

$$ق = ك \times ج$$



مثال : جسم أثرت فيه قوة مقدارها ( ١٢٠ نيوتن) أكسبته سرعة مقدارها ( ٦ م/ثا) ولفترة زمنية ( ٣ ثا)، ما هو مقدار كتلة ذلك الجسم؟

$$ق = ك \times ج$$

$$١٢٠ = ك \times ج$$

$$١٢٠ = ك \times ٦$$

$$ك = ٦٠ \text{ كغم}$$

يمكن الاستفادة من قانون نيوتن الثاني في المجال الرياضي في جميع الفعاليات الرياضية وبالشكل الذي يجعل المدرب واللاعب قادرين على تحديد كثير من العوامل التي تؤثر على الأداء وبالتالي على النتيجة انطلاقا من مبدأ كمية الحركة .

تعرف كمية الحركة ( الزخم ) الذي هو عبارة عن كتلة الجسم  $\times$  سرعته

$$\text{الزخم} = ك \times س$$

مثال : أحسب مقدار القوة التي يبذلها عداء كتلته (٨٠كغم) لقطع مسافة ( ١٠٠ متر) بزمن قدره (١٠ ثانية)؟ وما هو مقدار القوة عندما تكون كتلة العداء (١٢٠ كغم)؟

نستخرج سرعة العداء عن طريق  $س = م \div ١٠ = ١٠ \text{ م/ثا}$

القوة التي يبذلها العداء ذو كتلة ( ٨٠ كغم)

$$ق = ك \times س = ٨٠ \times ١٠$$

$$ق = ٨٠ \times ١٠ = ٨٠٠$$

$$ق = ٨٠ \text{ نيوتن}$$



القوة في حالة العداء ذي الكتلة (١٢٠ كغم)

$$ق = ١٢٠ \times ١٠ \times ١٠$$

$$ق = ١٢٠ \text{ نيوتن}$$

### قانون نيوتن الثالث ( قانون رد الفعل )

يتضح في كثير من الفعاليات التي يقوم بها الإنسان خلال حياته اليومية وفي حركاته الرياضية ما ينص عليه هذا القانون الذي يرمي إلا أن القيام بحركة معينه تتم من خلال قوة يصدرها الرياضي ومن الممكن أن نعبر عن تلك القوة بمصطلح الفعل ونتيجة لهذا الفعل يحصل الرياضي على قوة مضادة أو مساوية لمقدار الفعل يمكن أن نطلق عليها رد الفعل وعلى ذلك يمكن صياغة القانون كآتي :

### ( لكل فعل رد فعل يساويه في المقدار ويعاكسه في الاتجاه )

إن القوة التي يسلطها الجسم أثناء وقوفه الاعتيادي على الأرض هي عبارة عن وزنه فنجد أن سطح الأرض يرد بقوة مماثلة بالمقدار وعكس اتجاه خط عمل الجاذبية الأرضية ، أما إذا كان الفعل الذي يصدره الرياضي بزواوية معينة مع الأرض فإن رد الفعل يكون باتجاه الفعل نفسه كما في حركة البدء في الأركاض السريعة.

في جميع الحركات الرياضية ينبغي أن تكون القوى التي يصدرها الرياضي في اتجاه واحد كما يحصل بالمقابل على قوة مضادة من قبل الأرض ، ففي حركة القفز العالي مثلاً وهي حركة أرجحه الرجل الحرة وكذلك أرجحه الذراعين بالإضافة إلى الدفع بالرجل الناهضة بما يتناسب وطبيعة المسار الميكانيكي وبالزواوية المعينة باتجاه العارضة