علم البايوميكانيك

مفهوم البايوميكانيك :_هو الميكانيكا الحيوية وهو العلم الذي يعنى بدراسة حركات جسم الإنسان باستخدام الارتباط الوثيق بين الجانب الميكانيكي mechanic الذي يحد بقوانينه الحركة وكذلك الجانب العضوي Bio الذي له التأثير المباشر في الحركة ، للوصول إلى الأفضل من خلال إيجاد التكنيك الأمثل .

****

أقسام البايوميكانيك :-

1. **البايوميكانيك العام :** يركز على الوصف العام للحركات البشرية .
2. **البايوميكانيك التطبيقي** :يركز على الفعاليات الرياضية.
3. **البايوميكانيك العلاجي** :يركز على بعض التمرينات العلاجية.

****

واجبات البايوميكانيك (العامة ، الخاصة) :-

1. تقييم التمرينات البدنية من وجهة نظر فائدتها لحل الواجبات المحددة أو المعينة للتربية الرياضية .
2. البحث في أسلوب التمرينات البدنية في الدرس إذ يعرض أهم التأثيرات على أهم عناصر الحركة .
3. تقييم لنوعية الانجاز للتمرينات البدنية وكشف الأخطاء ومصادرها ونتائجها وطرق التخلص منها .
4. تصحيح المعلومات المكتسبة بما يخدم فن الأداء الرياضي الأمثل .
5. تحسين الأسلوب للأداء الحركي عن طريق التجارب الحديثة وشرح أسلوبها وفنها .
6. بحث الخاصية الوظائفية للتطور البدني لإيجاد طرق لتطوير الإمكانيات الوظائفية لأعضاء الرياضي .
7. الاعتماد على أسس البايوميكانيك في التدريبات الخاصة الهادفة إلى تطوير القدرات البدنية والنفسية .

علاقة البايوميكانيك بالعلوم الأخرى :-

إن الجسم البشري هو كائن عضوي تدخل في حركته كثير من الاعتبارات العلمية المتمثلة بدور العلوم المختلفة التي ترتبط ارتباط مباشر وتؤثر تاثير فاعلا في الحركة ، فعلى سبيل المثال :-

1- يؤدي علم التشريح دورا مميزا في طبيعة حركة الإنسان ، فلتطوير ناحية معينة عند الرياضي ، ولتكن القفز من الثبات إلى الأمام لا يمكن الارتقاء بمستوى القفز وتحسين الأداء ما لم تكن هنالك معرفة تامة بماهية العضلة أو المجموعة العضلية التي تعمل بشكل مباشر أثناء الأداء ، وألا أصبح التدريب عبارة عن عملية عشوائية خاضعة للتجربة والخطأ .
2- أن اعتماد نظام العتلات أثناء حركات أجزاء الجسم لأداء حركات معينة ، فلتعيين النقاط الثلاث التي تتكون منها العتلة (قوة ، ومقاومة ، وارتكاز) ينبغي أن تكون هنالك معرفة تامة بنقاط تاثير القوة والتي تتمثل في مدغم العضلة ، من هنا يجب أن يتوفر بعض الإلمام بهذا الجانب التشريحي وهو منشأ ومدغم العضلة .
3- عند دراسة حركة الرياضي تبرز أهمية الإلمام بالعلوم الأخرى فالفسلجة والكيمياء الحيوية تسهم بشكل فعال في معرفة حالة الرياضي التدريبية خلال عملية التدريب .

****

الحركة : هو انتقال الجسم أو جزء منه من مكان إلى أخر في فترة زمنية محددة .

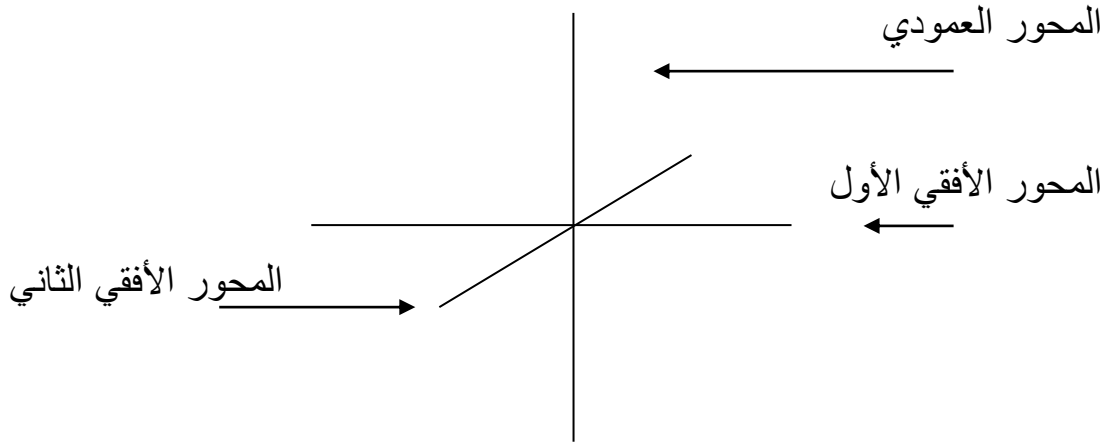
نسبية الحركة تعني إن الحركة يجب أن تحدث في :-

- الفراغ النسبي أو (الفضاء) أو المجال الذي تحدث فيه الحركة ولا يمكن أن يكون مطلقا .

- مقارنة موضع أي جسم في حالة حركة بنقطة ثابتة أو جسم ثابت (نظام نسبي ثابت) وبعد مرور فترة من الزمن .

- النظام ألإحداثي للحركة يعني أن الحركة يجب أن تتم خلال ثلاث محاور هي :
المحور العمودي يكون في اتجاه الجاذبية الأرضية .
المحور الأفقي الأول يكون في الاتجاه الموازي لسطح الأرض وفي اتجاه الحركة .

المحور الأفقي الثاني يكون موازيا لسطح الأرض أيضا وبشكل متعامد مع المحورين الأفقي والعمودي وكما في الشكل (1) .



الشكل (1) يوضح النظام ألإحداثي للحركة

****

أنواع وأشكال الحركات :-

لدراسة الحركة **من حيث (المسار الهندسي)** يمكن تقسيمها إلى :

1- الحركة الانتقالية (المستقيمة) :- يحدث هذا النوع من الحركة عندما ينتقل الجسم بكامل أجزائه من مكان لأخر بحيث ترسم الأجزاء المكونة لذلك الجسم مسارات متوازية مع بعضها في أي لحظة من لحظات حدوث الحركة وتقطع مسافات متساوية أثناء حدوثها ، وقد تكون هذه المسارات متوازية مع بعضها بشكل أفقي كما في حركة التزحلق على الجليد أو بشكل منحني كما في الهبوط في المضلات .

2- الحركة الدائرية :- تحدث هذه الحركة في معظم الفعاليات الرياضية والتي يشترط لحدوثها محور للدوران سواء أكانت حركة جزء من الجسم أو الجسم بأكمله. وتكون مسارات حركة أجزاء الجسم عبارة عن دوائر تبعد بمقدار ثابت عن محور الدوران أثناء حركتها ، وقد يكون المحور الذي يتم حوله الدوران داخل الجسم أو خارجه .

3- الحركات المركبة (العامة) : تتكون هذه الحركة من مزيج من الحركتين السابقتين أي حركة انتقالية وحركة دائرية في الوقت نفسه فقد يدور الجسم بأكمله حركة دائرية حول نفسه وفي الوقت نفسه ينتقل حركة انتقالية كما في حركة الغطس من فوق قفاز إلى الماء .

لدراسة الحركة **من حيث (المسار الزمني)** يمكن تقسيمها إلى:-

1- حركة منتظمة : يقطع الجسم في هذا النوع من الحركات مسافات متساوية في أزمنة متساوية .

2- حركة غير منتظمة : يقطع الجسم في هذا النوع من الحركات مسافات غير متساوية في أزمنة متساوية.

****

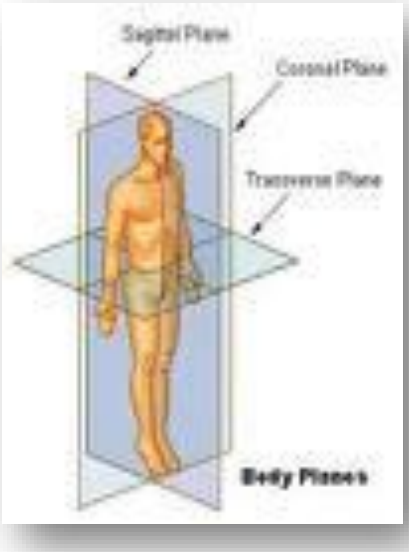
المحاور والمسطحات : هي الأجزاء الوهمية في جسم الإنسان والتي تستخدم لوصف حركته إذ إن التقاء هذه المسطحات تمثل نقطة مركز ثقل الجسم . أي عند تمثيل الحركة يتم القول بان الحركة تتم حول المحور وتقع هذه الحركة في السطح وكما في الشكل (2) .

المحاور : وهي ثلاثة أنواع:

1- المحور الطولي : يخترق هذا المحور جسم الإنسان من قمة الرأس إلى أسفل الجسم ومثال للحركة التي تتم حول هذا المحور هي حركة دوران الجسم حول نفسه .
2- المحور العرضي : يخترق هذا المحور جسم الإنسان من جانب لجانب أخر ومثال للحركة التي تتم حول هذا المحور هي الدحرجة الأمامية .
3- المحور العميق: يخترق هذا المحور جسم الإنسان من الأمام إلى الخلف ومثال للحركة التي تتم حول هذا المحور هي حركة العجلة البشرية بالجمناستك.

المسطحات: وهي ثلاثة أنواع أيضا :

1- المسطح الأمامي : يقسم هذا المسطح الجسم إلى نصفين متساويين أمامي وخلفي وتحدث حركة العجلة البشرية في هذا المسطح .
2- المسطح الجانبي : يقسم هذا المسطح الجسم إلى نصفين متساويين أيمن وأيسر وتحدث حركة الدحرجة الأمامية في هذا المسطح .
3- المسطح العرضي : يقسم هذا المسطح الجسم إلى نصفين متساويين علوي وسفلي وتحدث حركة دوران الجسم حول نفسه في هذا المسطح .



شكل رقم (2) المحاور والمسطحات

المسطح الجانبي والمحور العرضي
المسطح العرضي والمحور الطويل
المسطح الأمامي والمحور العميق

التأثير الميكانيكي للعضلات :- إن جميع الأفعال الإرادية التي يقوم بها الفرد هي نتيجة لقوة ذاتية يستخدمها للقيام بأعماله اليومية أو حركاته الرياضية . إن أساس القوة الذاتية هي القوة المتولدة نتيجة العمل العضلي من خلال الانقباض العضلي للعضلة الواحدة أو المجموعة العضلية . فأنواع عمل العضلات في جسم الإنسان هي :-

1. عضلة محركة .
2. عضلة محركة أو مساعدة .
3. عضلة مقابلة أو مضادة .
4. عضلة مثبتة .
5. عضلة معادلة .

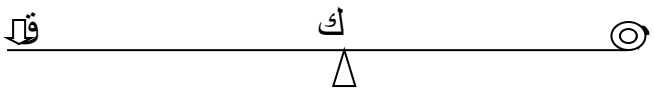
****

العتلات : هي الرافعة التي تحقق مبدأ الاقتصاد في الجهد وتتكون من ثلاث نقاط هي نقطة الارتكاز ونقطة تمثيل القوة ونقطة تمثيل المقاومة .

أنواع العتلات واستخداماتها:

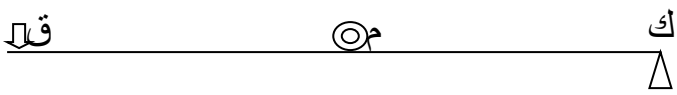
النوع الأول :- تقع نقطة الارتكاز بين القوة والمقاومة.

تستخدم لتغيير الاتجاه



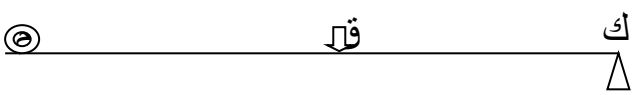
النوع الثاني :- تقع نقطة المقاومة بين القوة ونقطة الارتكاز.

تستخدم للاقتصاد بالقوة



النوع الثالث :- تقع نقطة القوة بين المقاومة ونقطة الارتكاز.

تستخدم للسرعة والمدى الحركي



ذراع القوة: هي المسافة بين نقطة تأثير القوة ونقطة الارتكاز.

ذراع المقاومة: هي المسافة بين نقطة تأثير المقاومة ونقطة الارتكاز.

* لكي تبقى العتلة في حالة توازن يجب أن يتساوى ذراع القوة مع ذراع المقاومة على أساس المعادلة التالية : **القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها**

يؤدي نظام العتلات دوراً مهماً في حركات جسم الإنسان حيث تعمل عظام الجسم بمثابة العتلة وتتحد نقاطها كالأتي:

1- **نقطة الارتكاز :** هو المفصل الذي يتمفصل عليه العظمان القريبان بعضهما مع بعض.
2- **نقطة تأثير القوة :** هو مدغم العضلة لأن نقطة تأثير قوة العضلة تقع في مدغمها وليس في منشئها.
3- **نقطة تأثير المقاومة :** يعتمد موقعها على طبيعة تلك المقاومة ويكون اتجاهها دائما باتجاه الجذب الأرضي .

* أقصى قوة يمكن أن تصدرها العضلة عندما تكون الزاوية بين خط عمل العضلة وذراع الرافعة زاوية قائمة وتقل قوتها عن ذلك أذا كان خط عملها يشكل زاوية حادة أو منفرجة.

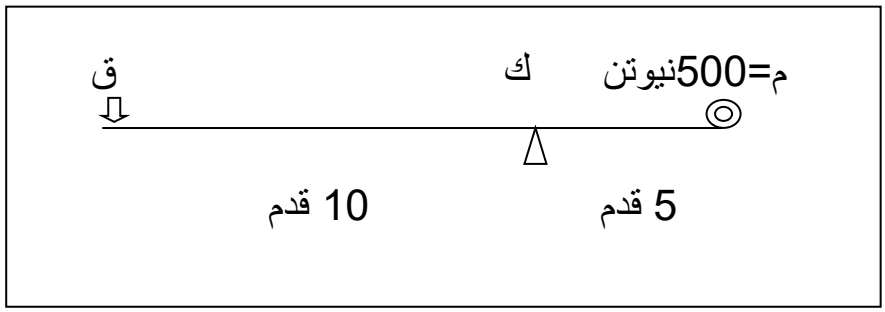
مثال: أحسب مقدار القوة الضرورية اللازمة للتغلب على مقاومة وزنها 500 نيوتن تبعد عن محور الدوران 5 قدم علما أن بعد نقطة تأثير القوة هو 10 قدم ؟

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

س × 10 = 500 × 5

10 س = 2500

$$\text{س} = \frac{2500}{10} = 250$$ نيوتن مقدار القوة المطلوبة.



الكميات القياسية والكميات المتجهة :-

1- **الكميات القياسية :-** وهي الكميات التي يكفي لتعريفها ذكر مقدارها فقط ، مثل درجة حرارة الجو ، أو كتلة الجسم ، أو المسافة ، أو الزمن ، أو الطول .

2- **الكميات المتجهة :-** وهي الكميات التي لا يكفي لتعريفها ذكر مقدارها فقط ، بل ينبغي ذكر اتجاهها أيضا مثل القوة ككمية ميكانيكية ، أو الإزاحة ، أو الوزن ، أو كمية الحركة ... الخ .

مفهوم الكينماتيك :- هو احد فروع علم البايوميكانيك وهو المادة العلمية التي تهتم بدراسة العلاقة بين حركة جسم ما وبين زمنها ومكانها دون البحث عن القوى التي تسبب هذه الحركة .

فهي تعنى بوصف أنواع الحركات المختلفة وذلك بمساعدة اصطلاحات السرعة والتعجيل والتغيرات الخاصة بهما والتي تربط مقدار انطلاق الجسم باتجاه حركاته وتقوم على أساس قياس المسافة والزمن فهي توضح الحركة توضيحا مجردا دون البحث عن القوى المسببة لها .

أقسام الكينماتيك :- 1- الكينماتيك الخطي المستقيم . 2- الكينماتيك الزاوي .

الكينماتيك الخطي (المستقيم) :- هو احد أقسام الكينماتيك الذي يعد احد فروع علم البايوميكانيك ، يعنى بدراسة الحركة دراسة وصفية من حيث زمانها ومكانها بصرف النظر عن القوى التي تسبب حدوث الحركة .

المسافة الخطية :- هي كمية قياسية تعبر عن مقدار انتقال أو حركة الجسم من مكان إلى أخر .

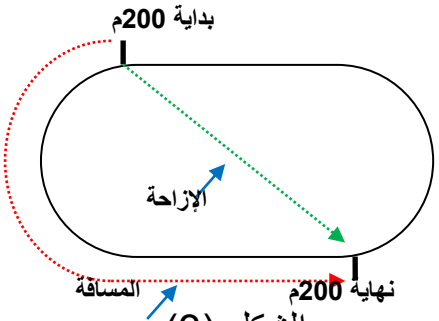
الإزاحة الخطية :- هي كمية متجهة تعبر عن مقدار انتقال أو حركة الجسم من مكان إلى أخر .

ولتوضيح العلاقة بين المسافة والإزاحة الخطية :-

مثال (1) :- إن عداء تحرك من خط البداية وقطع مسافة 50 م باتجاه خط النهاية وبذلك فان إزاحته تكون بمقدار المسافة التي قطعها العداء .

مثال (2) :- عندما يتحرك جسم لقطع مسافة معينة في زمن معين وبعد فترة يعود إلى النقطة التي بدا منها فيمكن القول أن الجسم قد قطع مسافة محددة ، ولكن إزاحة الجسم في هذه الحالة هي صفر ، أي بمعنى عدم إزاحته عن موضعه الأصلي بأي مقدار وأي اتجاه في نهاية الحركة .

مثال (3) :- وللتفريق بين المسافة ككمية قياسية والإزاحة ككمية متجهة ، ففي سباق ركض 200 م كما موضح بالشكل (3) يقطع العداء مسافة 200م والتي تم حسابها على أساس المسافة التي قطعها العداء بالأمتار أما الإزاحة فتختلف عن المسافة، فالإزاحة هنا تمثل الخط المستقيم والمتجه من نقطة البداية حتى نقطة النهاية .



الشكل (3)

السرعة (speed) :- وهي المسافة المقطوعة في وحدة الزمن ، وتقاس بوحدة م / ثا او كم / ساعة
السرعة = المسافة / الزمن وبالرمز س = م / ن أو م = س × ن

السرعة المتجهة (velocity) :- وهي الإزاحة المقطوعة في وحدة الزمن .
وهي كمية متجهة تقاس بوحدة م / ثا أو كم / ساعة .
السرعة = الإزاحة / الزمن وبالرموز س = ز / ن أو ز= س × ن

مثال (1):- تحرك جسم من نقطة أ باتجاه نقطة ب وبعد بلوغه نقطة ب يعود ثانية إلى أ وكانت المسافة بين النقطتين 30 م وكان الزمن المستغرق هو 10 ثانية احسب السرعة والسرعة المتجهة لذلك الجسم .
السرعة = المسافة / الزمن = 60 / 10 = 6م / ثا .

السرعة المتجهة = الإزاحة / الزمن = صفر / 10 = صفر

****

متوسط السرعة = (السرعة الابتدائية + السرعة النهائية) / 2
سَ = (س1 + س2) / 2

- عندما يتحرك الجسم لقطع مسافة معينة وكانت منتظمة :-

مثال (2) :- سرعة عداء عند نقطة أ 6م/ثا وعند بلوغه نقطة ب بلغت 10م/ثا ما هو معدل أو متوسط السرعة له ؟
سَ = 6 + 10 / 2 = 8 م / ثا متوسط السرعة .

مثال (3) :- إذا تحرك عداء من وضع الثبات وكانت سرعته منتظمة وبعد مسافة معينة بلغت سرعته 10 م / ثا فإن متوسط سرعة العداء

سَ = صفر + 10 / 2 = 5 م / ثا متوسط السرعة .

- أما إذا كانت سرعة الجسم غير منتظمة أي إن سرعته تتغير باستمرار على طول المسافة المقطوعة:-

مثال (4) :- يتحرك عداء من نقطة أ باتجاه نقطة ب التي تبعد مسافة 20 م ويقطعها بزمن قدره 5 ثوان ثم يستمر في حركته إلى نقطة ج التي تبعد عن ب مسافة 30 م بحيث كان الزمن المستغرق الكلي 11 ثانية ؟
إن متوسط سرعة العداء بين ب ، ج هي
سَ = (م2 – م1) / ن2- ن1 =
(50 – 20) / 11 – 5 = 5م / ثا

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

السرعة اللحظية = اصغر فرق في المسافة / اصغر فرق في الزمن

س اللحظية = (م 2 – م 1) / ن2 – ن1 = △م / △ن

مثال (5) :- س اللحظية = م2 – م1 / ن2 – ن1 =

= 5 – 5,01 / 25 – 25,03

= 0,01 / 0,03 = 3 م / ثا

السرعة كمية متجهة :- يجب فيها أن نذكر مقدارها بالإضافة إلى اتجاهها، حيث يمكن تمثيل هذه الكمية الميكانيكية بسهم يمثل طول المستقيم فيه مقدار السرعة، بينما يمثل تأشير السهم اتجاهها ويمكن توضيح ذلك من خلال الشكل الآتي:-

ب – يمثل سرعة جسم 40 م / ثا وبزاوية 30 مع المستوى الأفقي . أ – يمثل سرعة جسم 50م / ثا وبالاتجاه الأفقي

م / وبما إن السرعة كمية متجهة فيمكن جمعها هندسيا لاستخراج محصلتهما :-

1 – السرعة في اتجاه واحد س 1 + س 2 = المحصلة باتجاه السرعتين نفسه

س1 30 م / ثا + س 2 50 م / ثا =80 م / ثا

2 – السرعتان في اتجاهات مختلفة وعلى خط عمل واحد .

س 1 30 م / ثا – س 2 80 م / ثا =50 م / ثا

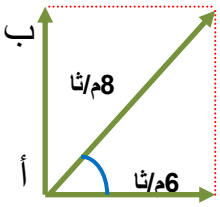
3 – السرعتان متعامدتان فيها يتم استخراج المحصلة وهي سرعة الجسم من المعادلة التالية :-

$م^2 = (أب)^2 + (أج)^2$

أما لحساب اتجاه الزاوية فيتم من خلال حساب ظل الزاوية :-

ظا = المقابل / المجاور = د ج / أ ج

مثال (6): قارب يحاول عبور نهر وكما بالشكل بسرعة 8 م / ثا وكان اتجاه تيار الماء أفقيا بسرعة 6م/ثا ،احسب مقدار سرعة القارب النهائية وما هو مقدار الزاوية التي يشكلها خط سيره مع الخط الأفقي ؟



$م^2 = (ا ب)^2 + (ا ج)^2$

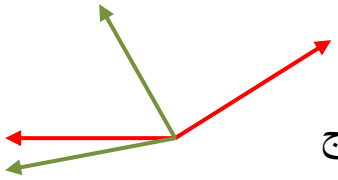
$م^2 = (8)^2 + (6)^2 = (64) + (36) = 100$

م = 10 م / ثا سرعة القارب النهائية

ظا = المقابل / المجاور = د ج / أ ج = 8 / 6 = 1,33

فإن مقدار الزاوية = 53 تقريبا لان ظل الزاوية 53 = 1,3280

4 – السرعتان غير متعامدتان كما في الشكل فان المحصلة يمكن استخراج قيمتها من خلال المعادلة التالية :-

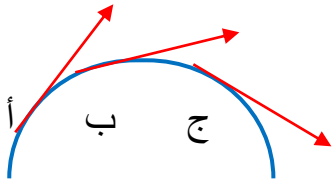


م = أب + أ ج + 2 × أب × أ ج × جتا الزاوية ب أ ج

أما لحساب اتجاه الزاوية فيتم من خلال حساب ظل الزاوية :-

ظا = أ ب جا الزاوية ب أ ج / أ ج + ا ب جتا الزاوية ب أ ج

5- إذا كانت حركة الجسم على خط منحن فان مقدار سرعة الجسم يمكن احتسابها عن طريق قسمة المسافة التي يقطعها الجسم على المنحني على الزمن المستغرق كما في الشكل ولتحديد اتجاه السرعة على منحني فان الجسم يميل دائما إلى الحركة باتجاه المماس في حالة بطلان عمل قوة الجذب نحو المركز ، وعلى هذا الأساس فان سرعة الجسم تكون في أي لحظة باتجاه طول المماس ولكنها في اتجاه الحركة النهائية وكما في الشكل



****

التعجيل :- هو التغير في مقدار السرعة خلال وحدة الزمن ، ووحدة قياسه م/ ثا^2

- **في حال حركة الجسم تكون غير منتظمة يكون لدينا :**

التعجيل الموجب :- هو تزايد السرعة تدريجيا خلال وحدة الزمن .

التعجيل السالب :- هو تناقص السرعة تدريجيا خلال وحدة الزمن .

- **وفي حالة حركة الجسم تكون منتظمة يكون التعجيل مساويا للصفر .**

التغير بالسرعة = السرعة النهائية – السرعة الابتدائية

التعجيل = (السرعة النهائية – السرعة الابتدائية) / الزمن

ع = س 2 – س 1 / الزمن .

مثال (6): ينطلق عداء من نقطة أ وسرعته 4م/ثا عندما يصل إلى نقطة ب تبلغ سرعته 8 م/ثا وكان زمن قطع المسافة هو 2 ثا فما هو مقدار التعجيل ؟

ع = (8 – 4) / 2 = 2 م / ثا^2

التعجيل الآني أو اللحظي :- هو تتغير سرعة الجسم بفترة قصيرة جدا

ع اللحظي = (س 2 – س 1) / ن2 – ن1

ع اللحظي = △ س / △ن

حركة المقذوفات :-

- الأجسام المقذوفة سواء كانت الأدوات التي يستعملها الرياضي في بعض الفعاليات ، أو جسم الرياضي نفسه .
- إن الجسم الساقط يتحرك بفعل تاثير الجاذبية الأرضية باتجاه مركز الكرة الأرضية ، ويختلف مقدار الجذب الأرضي على الجسم من موقع إلى أخر .
- حركة الجسم الساقط إلى الأسفل أو الصاعد إلى الأعلى بأنها حركة تعجيل معين لان سرعته في تغير مستمر سواء أكان أثناء الصعود أو النزول.

مثال / عندما ينتقل جسم من الأسفل باتجاه الأعلى وبسرعة معينة فانه يتحرك بتعجيل منتظم ولكن بشكل تناقصي أي أن سرعته تقل تدريجيا بفعل تعجيل الجاذبية الأرضية البالغ – 980 سم / ثا^2 أو - 32 ق /ثا^2 أو 9,8 م / ثا^2 إلى إن تصبح سرعته النهائية في أعلى نقطة يصلها الجسم عندئذ تصبح هذه السرعة صفرا ، وأما أن يبدأ الجسم بالنزول ثانية باتجاه الأرض حيث تبدأ سرعته بالازدياد تدريجيا ، حيث يكون تعجيل الجاذبية الأرضية موجبا في هذه الحالة ، فنجد إن أقصى سرعة يبلغها الجسم أثناء النزول قبل ملامسته للأرض ، لو أخذنا الزمن المستغرق لارتفاع الجسم وبلوغه أعلى نقطة نجد إن ذلك الزمن يساوي الزمن نفسه الذي يستغرقه من أعلى نقطة إلى الأرض .

- **المسافة التي يقطعها الجسم المقذوف = التعجيل الأرضي ×(الزمن)^2 /2**

م = ج × ن^2/ 2

ويمكن حساب المسافة من المعادلة التالية :-

م = س^2/ 2 ج

مثال (7): كرة تنطلق إلى الأعلى بسرعة 80 قدم / ثا احسب أقصى ارتفاع تصله الكرة وكذلك الزمن الذي تستغرقه ؟

م = س^2/ 2 ج

(80)^2 / 2 × 32 = 100 قدم أقصى ارتفاع تبلغه الكرة .

أما الزمن المستغرق فيمكن استخراجه على النحو الآتي :-

م = ج ن^2 / 2

100 = 32 × ن^2 / 2

ن^2 = 32 / 200 = 2.5 ثا الزمن الذي تستغرقه الكرة .

- **العوامل الرئيسية التي تقرر المسافة في حركة المقذوفات** :-

1. هي سرعة الطيران
2. وزاوية الطيران
3. ومقاومة الهواء

وسرعة الطيران للأداة المقذوفة أو الجسم القافز بعد مغادرته الأرض تتكون من مركبتين احدهما أفقية باتجاه الأرض والأخرى عمودية تشكل مع الأولى زاوية قائمة ، ونتيجة لوقوع الجسم تحت تاثير الجاذبية الأرضية أثناء حركته نجد إن

مقدار السرعة العمودية تقل تدريجيا أثناء حركة الجسم في الهواء إلى أن تصل صفرا تقريبا ، أما مركبة السرعة الأفقية فهي على عكس مركبة السرعة العمودية فتبقى بمقدارها نفسه من لحظة مغادرة الأرض لحين الهبوط .

إن انسب زاوية لانطلاق المقذوف ولتحقيق ابعد مسافة هي **زاوية 45°** بحيث يكون مستوى الانطلاق بمستوى الهبوط . وإذ كان هنالك تباين بين هذين المستويين فعندئذ تختلف الزاوية ، ويعتمد هذا الاختلاف على عوامل عدة ، منها :-

1. الفرق بين مستويات الانطلاق والهبوط .
2. وسرعة المقذوف .
3. ومقاومة الهواء .

ومما تقدم يمكن صياغة العوامل المؤثرة في طول المسافة الأفقية للجسم المقذوف بنفس مستوى الانطلاق والهبوط التي يقطعها المقذوف :-

المسافة = (السرعة)^2 × جا ضعف الزاوية / التعجيل

المسافة = س^2 × جا 2∠ / ج

وان للزمن الذي يستغرقه المقذوف علاقة وثيقة بالسرعة التي ينطلق بها والمسافة الأفقية التي يقطعها وكذلك بالزاوية التي يشكلها مسار المقذوف مع الخط الأفقي ويمكن صياغة هذه العلاقة بالشكل الآتي :-

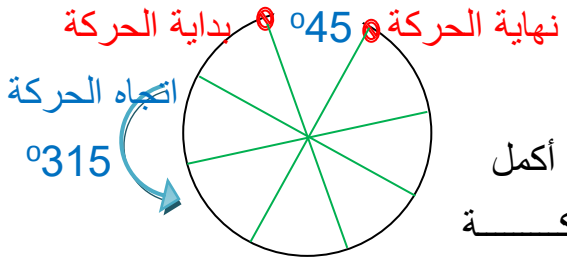
الزمن = ضعف السرعة × جا الزاوية / التعجيل

الزمن = 2 س × جا ∠ / ج

الكينماتيك الزاوي :-

هو احد فروع علم البايوميكانيك والذي يعنى بدراسة الحركة التامة على محور للدوران دراسة وصفية من حيث زمانها ومكانها وبصرف النظر عن القوى التي تسبب حدوث الحركة .

المسافة الزاوية والإزاحة الزاوية :- هي عدد الدرجات التي يتحركها الجسم حول محور دورانه ومنذ بداية حركته والى نهايتها وكما بالشكل.



وعند مشاهدتنا لهذا الشكل فانه لو أكمل لاعب الجمباز دورة كاملة من بداية الحركـــــــة والعودة للنقطة نفسها فانه يكون قد أكمل 360° لكن المسافة التي قطعها اللاعب في هذه الحركة هي اقـــل من 360° ولتكن 315° فان هذه الكمية تعبر عن مقدار المسافة الزاوية التي قطعها جسم لاعب الجمباز.

أما بالنسبة إلى مقدار الإزاحة الزاوية فبإمكاننا الاستدلال عنها من خلال الفرق بين وضعي الجسم في بداية الحركة ونهايتها وهو 360° – 315° =45° .

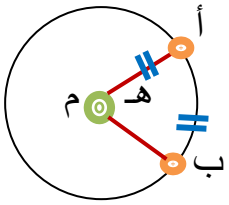
السرعة المحيطية :- هي النسبة بين المسافة التي يقطعها الجسم على محيط الدائرة إلى الزمن المستغرق . ولاستخراج متوسط السرعة لعداء على محيط دائرة فيمكن ذلك من القانون الآتي:

السرعة المحيطية المتوسطة = م 2 – م 1 / ن2 – ن1

والسرعة المحيطية اللحظية = $\triangle$م / $\triangle$ن

السرعة الزاوية :- هي معدل الانتقال الزاوي للجسم أو هي ما يقطعه الجسم أو جزء منه خلال حركته من عدد الدرجات في فترة زمنية معينة .

ملاحظة/ إن دوران الجسم حول العقلة دورة كاملة فان عدد الدرجات التي يقطعها ذلك الجسم هي360º ، وإذا قطع الجسم جزءا من محيط الدائرة بحيث يساوي طول ذلك الجزء نصف قطر الدائرة فان الزاوية المقابلة لذلك الجزء تعرف بزاوية نصف قطرية كما في الشكل ويطلق على المثلث أ م ب بالقطاع .



وقد وجد إن الدورة الكاملة الواحدة تساوي
6,28 قطاعا وعلى هذا الأساس فان القطاع
الواحد يمكن احتساب قيمته بالدرجات ويساوي
360 ÷ 6,28 = 57,324 ويمكن تقريبه إلى57,3 درجة .

مثال/ أثناء رمي المطرقة تدور ثلاث دورات أفقية بزمن قدره 2.5 احسب كم درجة تقطع المطرقة في الثانية وكذلك كم قطاع في الثانية ؟
بما إن المطرقة تتحرك 3 دورات فهي تقطع 360 × 3 = 1080 درجة .
عدد الدرجات بالثانية الواحدة = 1080 ÷ 2.5 = 432 درجة .
عدد القطاعات في الثانية الواحدة = 432 ÷ 57,3 = 7,5 قطاع .
ولإيضاح علاقة السرعة الزاوية لجسم أثناء دورانه وسرعته المحيطية نأتي بالقانون التالي :

السرعة المحيطية = السرعة الزاوية × نصف القطر

س م = س ز × نق

مثال/ لاعب كرة قدم أثناء ضربه للكرة كانت السرعة الزاوية للرجل 60 درجة / ثانية احسب السرعة المحيطية لكل من مفصل الركبة ومفصل القدم علما أن البعد بين محور الدوران (مفصل الورك) ومفصل الركبة هو 40 سم والبعد بين محور الدوران والقدم 80 سم ؟

س م = س ز × نق

س م = 60 × 40 = 2400 سم / ثا السرعة المحيطية للركبة.

س م = 60 × 80 = 4800 سم / ثا السرعة المحيطية للقدم .

التعجيل الزاوي :- هو الفرق بين السرعتين الزاويتين مقسوما على الزمن ، ووحدة قياسه درجة / ثا^2 .

التعجيل الزاوي = السرعة الزاوية النهائية – السرعة الزاوية الابتدائية / الزمن

ع ز = س 2 – س1 / ن وحدة قياسه درجة / ثا^2

مثال/ كانت السرعة الزاوية للاعب جمناستك أثناء حركة دورانه حول العقلة في نقطة أ تساوي 180 درجة / ثانية وفي نقطة ب 240 درجة / ثانية وكان هذا التغير في السرعة الزاوية قد حدث في فترة زمنية قدرها (0,2ثا) فما هو التعجيل الزاوي للاعب الجمناستك ؟

ع ز = س 2 – س 1 / ن

ع ز = 240 – 180 / 0.2 = 300 درجة / ثا^2

****

التعجيل المماسي = السرعة النهائية – السرعة الابتدائية / الزمن

ع المماسي = س 2 – س 1 / ن وحدة قياسه م/ ثا^2

مثال/ احسب التعجيل المماسي لقرص يتحرك بسرعة 6 م / ثا عند نقطة معينة على محيط الدائرة وعلى نقطة أخرى في لحظة أخرى 10 م / ثا وكانت الفترة الزمنية بين هاتين النقطتين 0.2 ؟

ع مماسي = س 2 – س 1 / ن

ع مماسي = 10 – 6 / 0,2 = 20 م / ثا^2 .

****

التعجيل القطري (العمودي) = (سرعة الجسم المماسية)^2 / نصف القطر

التعجيل القطري = (س)^2 / نق وحدة قياسه م/ ثا^2

أي أن هنالك علاقة عكسية بين التعجيل القطري ونصف القطر

مثال/ كانت سرعة القرص أثناء مرجحة الاستعداد للرمي وعند نقطة أ 20 قدم / ثا وكان البعد بين مركز القرص ومحور الدوران (مفصل الكتف) 2 قدم بحيث يكون هذا البعد بمثابة نصف قطر الدوران فكم هو مقدار التعجيل ؟

ع قطري = (س)^2 / نق

ع قطري = (20)^2 / 2 = 200 قدم / ثا2 .

مفهوم الكينتك : هو احد فروع علم البايوميكانيك ، وهو المادة العلمية التي تهتم بدراسة حركة الجسم من خلال البحث عن القوى التي تسبب هذه الحركة .

أقسام الكينتك : 1 – الكينتك الخطي (المستقيم) 2 – الكينتك الزاوي .

الكينتك الخطي (المستقيم) : هو احد أقسام الكينتك الذي يعد احد فروع علم البايوميكانيك ، يعنى بدراسة الحركة من خلال دراسة القوى التي تؤثر في الحركة وكيفية التعامل مع هذه القوى .

إن الحركة التي تحدث في المجال الرياضي أو في الحياة الاعتيادية هي عبارة عن تاثير متبادل بين القوى الداخلية للرياضي أي القوى الذاتية (العضلية) والقوى الخارجية المتمثلة بقوة الجاذبية الأرضية وقوة الاحتكاك وقوة دفع الماء الى غير ذلك من القوى المحيطة بالفرد والتي تؤثر بشكل مباشر في الأداء .

القوة :- الفعل الميكانيكي الذي يغير أو يحاول تغيير حالة الجسم المؤثرة فيه . ووحدة قياسها هي النيوتن .

النيوتن :- هو مقدار القوة التي إذا أثرت في جسم كتلته (1) كغم أكسبته تعجيلا مقداره 1 م / ثا2 .

ولدراسة القوة ككمية ميكانيكية يجب علينا الأخذ بمواصفات القوة وهي :

1- مقدارها

2- اتجاهها

3- نقطة تأثيرها

الكتلة و الوزن:-

الكتلة:- كمية قياسية وهي مقدار ما يحتويه الجسم من مادة ولا تتغير من موضع إلى أخر فهي تعبر عن مقدار القصور الذاتي لذلك الجسم. وحدة قياسها الكيلوغرام وأجزائه.

الوزن:- كمية متجهة يختلف مقدارها للجسم من موقع لآخر نتيجة اختلاف قوة الجاذبية الأرضية لذلك الجسم. وحدة قياسه النيوتن وأجزائه.

الدفع وكمية الحركة :

كمية الحركة : هي عبارة عن حاصل ضرب كتلة × سرعة.

فنقول أن كمية الحركة التي تمتلكها مطرقة كتلتها 20كغم وبسرعة 10م/ثا هي نصف كمية حركة المطرقة نفسها فيما أذا تحركت بسرعة 20م/ثا .

دفع القوة : مصطلح ميكانيكي يعبر عن تأثير القوة في فترة زمنية معينة.

دفع القوة = القوة × الزمن.

الدفع = ق × ن.

ولما كان التغيير في كمية الحركة هو ناتج عن تأثير القوة الحادثة في زمن معين حيث يمكننا اشتقاق أن:- دفع القوة = التغير في كمية الحركة.

أن كمية الحركة هي من الكميات الميكانيكية المتجهة إذ أن ما يفقده الجسم من زخم في اتجاه معين يساوي الزخم الذي يكتسبه الجسم الثاني في الاتجاه المعاكس ، من هذا المبدأ يمكن القول أن كمية حركة الأجسام الكلية عند تأثيرها بعضها في بعضها يكون ثابتا وهذا ما يعرف بقانون حفظ أو بقاء الزخم.

الاحتكاك:- هو قوة ميكانيكية تعمل دائما بشكل معاكس لاتجاه الحركة أو لاتجاه تأثير القوة المستخدمة لتحريك الجسم. وهي القوة المجودة بين الجسم والسطح الملامس له.

- أن تقليل أو زيادة قوة الاحتكاك يكون وفق الهدف المطلوب من الحركة.مثل زيادة الاحتكاك كما في مسك لاعب الساحة والميدان لعصا الزانا في مرحلة القفز ، أو تقليلها كما في حركة اليدين للاعب الجمناستك على البار أثناء الدوران.
- لا تتغير قوة الاحتكاك بتغير المساحة ولكن تتغير قوة الاحتكاك بتغير الوزن.

معامل الاحتكاك= قوة الاحتكاك / مقدار الضغط الذي يسلطه الجسم على السطح

قوة الاحتكاك = معامل الاحتكاك × الضغط.

ق=U × و

مثال: احسب معامل الاحتكاك بين جسم وزنه 100 نيوتن وكانت القوة المطلوبة لتحريكه بالاتجاه الأفقي تعادل 80 نيوتن؟

100× U=80

0,8=100/80=U معامل الاحتكاك

أنواع معامل الاحتكاك:

1- الاحتكاك ألشروعي.

2- الاحتكاك ألانزلاقي

3- الاحتكاك ألتدحرجي.

يتراوح معامل الاحتكاك ألشروعي و ألانزلاقي بين 1-0,1 بينما تبلغ قيمة معامل الاحتكاك ألتدحرجي 0,001.

الشغل :- مصطلح ميكانيكي يساوي القوة في الإزاحة التي تحدث نتيجة الحركة .

الشغل = القوة × الإزاحة

ش = ق × ز ووحدة قياسه (نيوتن – متر) ويطلق عليها (جول).

مثال/ ما هو مقدار الشغل الحادث نتيجة تاثير قوة مقدارها 100 نيوتن أدت الى تحريك جسم مسافة 20 متر عن موضعه الأصلي ، وما هو مقدار الشغل أذا كانت المسافة التي تحركها الجسم هي 30 متر ؟

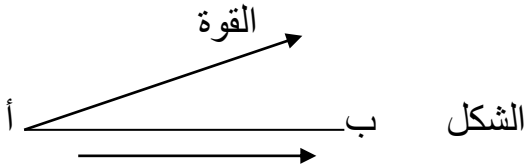
في الحالة الأولى :- ش = 100 × 20 = 2000 جول .

في الحالة الثانية :- ش = 100 × 30 = 3000 جول هنا الشغل اكبر ، لان مقدار الإزاحة هنا اكبر .

إن في حالة الجسم الساقط من الأعلى باتجاه الأرض فان مقدار الشغل المبذول بفعل تاثير قوة الجذب الأرضي (وزن الجسم) فان الشغل يساوي :-

الشغل = الوزن × المسافة العمودية (الارتفاع) ش = و × ع

ويحدث في بعض الأحيان أن تكون حركة الجسم من نقطة الى نقطة أخرى بفعل تاثير قوة لا ينطبق خط عملها على مسار الإزاحة بل تكون بزاوية معينة كما في الشكل الأتي :-



مقدار الشغل المبذول في هذه الحالة يساوي مقدار القوة في الإزاحة التي تحركها الجسم مضروبا في جيب تمام الزاوية بين القوة وخط الإزاحة أي أن :-

ش = القوة × ا ب جتا الزاوية .

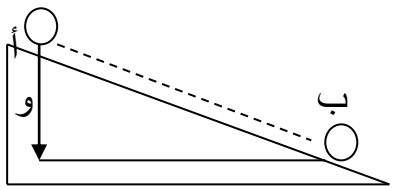
مثال/ ما هو مقدار الشغل الناتج عن تاثير قوة مائلة مقدارها 200 نيوتن حركة جسم مسافة 10 متر عن موضعه .

ش = 200 × 10 × 0.86 = 173 جول .

استنادا الى ما تقدم فان مقدار الشغل المبذول يكون اكبر كلما كانت الزاوية المحصورة بين خط عمل القوة والإزاحة صغيرة وبالعكس .

إذ حدثت الحركة بفعل تاثير القوة في سطح مائل وليس في سطح مستوي فان الشغل في هذه الحالة يكون كالآتي كما في الشكل :-

ش = وزن الجسم × ا ب × جا الزاوية



القدرة :- هي الشغل المنجز في وحدة الزمن . ووحدة قياسها (واط) وهي مأخوذة من قسمة وحدة الشغل جول على وحدة قياس الزمن (ثانية) .

القدرة = الشغل / الزمن = القوة × الإزاحة / الزمن = ق × ز / ن .

وبما أن ز / ن تساوي السرعة فان قانون القدرة سوف يساوي :
القدرة = القوة × السرعة .

أي إن فعل تاثير القوة يكون اكبر عندما تؤدى الحركة بفترة زمنية قصيرة أي أن هنالك تناسبا طرديا بين قدرة الشخص وسرعة الحركة .

مثال/ استخدم رامي ثقل قوة مقدارها 150 نيوتن لرمي ثقل بسرعة 6 م / ثانية بينما رامي آخر استخدم قوة مقدارها 100 نيوتن ولكن بسرعة 9 م / ثا فما هو مقدار قدرة كل منهما ؟
القدرة = 150 × 6 = 900 واط للرامي الأول
القدرة = 100 × 9 = 900 واط للرامي الثاني

لذا ينبغي على الرياضيين والمدربين أن يأخذوا هذا المبدأ بعين الاعتبار من حيث الفترة الزمنية التي تتم فيها الحركة الفعلية كما في حركة النهوض في العالي والعريض حيث يجب أن تكون الفترة الزمنية قصيرة جدا كي يتحقق مبدأ القوة المميزة بالسرعة والتي ترمي الى استخدام اقصى قوة بأقصى سرعة ، ومن الضروري أن يتمتع الرياضي بهذه الصفة وخاصة في الفعاليات التي تتطلب سرعة الحركة .

****

الطاقة :- من أشكال الطاقة هي الطاقة الميكانيكية والتي يمتلك الجسم منها أنواع مختلفة حسب اختلاف وضعه أثناء الحركة كما يأتي :

أ - عندما يكون الجسم في حالة حركة فانه يمتلك طاقة تدعى بالطاقة الحركية ويختلف مقدارها تبعا لاختلاف :

1 – كتلة الجسم المتحرك .
2 – سرعته أثناء الأداء.

ويمكن أن يعبر عن مقدار الطاقة الحركية بالمعادلة الآتية : -

الطاقة الحركية = 1 / 2 × الكتلة × (السرعة)2
ط ح = 1 / 2 ك س2

وتقاس الطاقة بوحدات كتلة (كيلوغرام) ووحدات السرعة (متر / ثانية) أو (سم / ثانية) وتسمى بوحدة الجول أي وحدة قياس الشغل نفسها .

مثال / جسم وزنه 980 نيوتن يمتلك طاقة حركية مقدارها 19600 جول احسب سرعة ذلك الجسم ؟
يجب أولا أن نحول الوزن الى كتلة بتطبيق المعادلة التالية :
980 = ك × 9.8 ----- ك = 100 كغم .
ط ح = 1 / 2 ك س2 19600 = 1 / 2 (100) × س2
س2 = 392 --- س = 19.8 م / ثا تقريبا سرعة الجسم .

ب – النوع الآخر من الطاقة الميكانيكية هو ما يسمى بالطاقة الكامنة أو طاقة الوضع ويقصد بها الطاقة التي يمتلكها الجسم في وضع معين أثناء الثبات .
ووحدة قياسها كباقي أنواع الطاقة بالجول .

ففي حالة رمي ثقل الى الأعلى فانه يتحرك بطاقة حركية ولكن سرعته أثناء الصعود تتناقص تدريجيا وعليه تقل طاقته الحركية تدريجيا وتتحول الى شكل آخر يخزن في الجسم الى أعلى نقطة عندئذ يصبح مقدار الطاقة الحركية صفرا أي تتحول بكاملها الى طاقة مخزونة في الجسم على ذلك الارتفاع ، ويمكن ان يستدل على مقدار الطاقة الكامنة التي يمتلكها الجسم وهو في اعلى وضع من ضرب وزن الجسم في ارتفاعه أي : -
الطاقة الكامنة = وزن الجسم × الارتفاع ---- ط ك = و × ع .
من المبادئ الأساسية في الميكانيك هو أن تحول الطاقة من شكل الى أخر لا يقل من قيمة الطاقة الميكانيكية الكلية وهذا ما ينص عليه القانون العام للطاقة (الطاقة لا تفنى ولا تستحدث)
الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة = مقدار ثابت .
الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة + الطاقة الحرارية = مقدار ثابت .

****

التصادم : أذا تحرك جسم باتجاه معين ولامس أثناء حركته جسماً أخر سواء أكان الجسم في حالة سكون أو حركة فأن التأثير الحادث في كليهما يسمى الاصطدام أو التصادم ويحدث هذا كثيرا في الحركات الرياضية .
كمية الحركة قبل التصادم = كمية الحركة بعد التصادم

يتأثر التصادم الحاصل بين جسمين بطبيعة الأجسام المتلامسة من حيث المرونة والشكل الكتلة.

- معامل الارتداد يبلغ صفراً في حالة حدوث التصادم بين سطوح أجسام غير مرنة.

الضغط : هي النسبة بين القوة المؤثرة والمساحة التي تؤثر فيها القوة من وجهة نظر ميكانيكية .
الضغط = القوة / المساحة = ض = ق / مس

الكينتك الزاوي : هو احد أقسام الكينتك الذي يعد احد فروع علم البايوميكانيك يعنى بدراسة القوة المسببة للحركات الدائرية التي تحدث حول محور معين ويعبر عن الكميات أثناء الحركات الزاوية بعزومها مثل عزم القوة وعزم القصور الذاتي .

- إن الفرق بين حدوث الحركة المستقيمة والزاوية يتمثل في موضع تاثير القوة المسببة للحركة فإذا كان خط عمل القوة مارا بمركز ثقل الجسم المؤثر فيه تحدث الحركة الانتقالية أما إذا كان خط عمل هذه القوة لا يمر بمركز الثقل عندئذ تحدث حركة دائرية (زاوية) . بالإضافة الى ذلك تحدث حركة انتقال الجسم الى موضع أخر في حال عدم تثبيته من محور الدوران .
- فيتحدد بذلك مقدار تاثير القوة فإذا كان موضع تاثير القوة قريب من مركز الثقل فان كمية حركة الجسم تكون اقل مما لو كان موضع تأثيرها ابعد من ذلك لان القوة في الحركات الدائرية تكون اقل مما لو كان موضع تأثيرها ابعد من ذلك لان القوة في الحركات الدائرية لا يكون تأثيرها بمقدار فقط وإنما ببعدها عن محور الدوران .
- من الضروري جدا في الحركات الدائرية (الزاوية) عند دراسة عزم القوة إن يؤخذ بنظر الاعتبار البعد العمودي بين خط عمل القوة والمحور أي يجب أن تكون الزاوية قائمة بين خط عملها وبعدها عن محور الدوران أي أن عزم القوة يساوي ق × ذراعها .

القوة المزدوجة :- تحدث عندما تؤثر أكثر من قوة واحدة في الجسم لحدوث الحركة . فإذا أثرت قوتان في جسم ولا يمر خط عمل هذه القوة بمركز ثقل الجسم تحدث الحركة الانتقالية الزاوية . وعادة ما يحدث ازدواج القوة في هذا النوع من الحركات . وتكون القوتان فيها متساوية بالمقدار متعاكسة بالاتجاه كما في القفز بالزانة وخصوصا لمسكه اليدين لعمود الزانة .

الاتزان :- يطلق على الجسم انه في حالة اتزان أذا كانت محصلة القوة المؤثرة عليه تساوي صفرا . ومن الطبيعي إذ كان الجسم ساكنا فان محصلة جميع القوة المؤثرة فيه تساوي صفرا كما حركة لاعب الجمناستك على جهاز المتوازي (وفي هذه

الحالة يطلق على الاتزان للاعب الجمناستك بالاتزان الثابت) ولا يختصر مفهوم الاتزان على الجسم أثناء السكون فقط بل يتعدى ذلك الى الحركة . فقد يكون الجسم في حالة حركة ولكنه متزن أيضا ويسمى بالاتزان المتحرك عندما تساوي مجموع القوة المؤثرة فيه ليتحرك حركة انتقالية وكذلك عزوم القوة التي تؤثر فيه كي يتحرك حركة دائرية تساوي صفرا وهو نادرا جدا إلا في بعض الرياضات الجوية.

مركز الثقل :- هو النقطة التي تظهر بان جميع أوزان نقاط الجسم مرتكزة فيها والأجسام على شكلين :-

1 – أجسام منتظمة يكون مركز ثقلها يتركز في مركزها .

2 – أجسام غير منتظمة الأشكال تكون طريقة تحديد مركز ثقلها من خلال أسس مختلفة فلإيجاد مركز ثقل جسم غير منتظم الشكل نقوم بتعليقه من عدة نقاط ونؤشر الخط الوهمي النازل من تلك النقطة باتجاه جذب الأرض في حالات عدة وعند ذلك تؤشر نقطة تقاطع هذه الخطوط الممثلة لخطوط الجذب الارضي أي نقطة مركز الثقل .

الثبات :- هو مقدار القصور الذاتي للجسم إزاء القوة الخارجية المؤثرة فيه .

فالجسم المتزن الذي يسقط نتيجة تاثير قوة مقدارها 50 نيوتن مثلا هو اقل ثباتا من الجسم الذي لا تتمكن تلك القوة التغلب على قصوره الذاتي .

من العوامل التي تؤثر على الثبات :-

1- وزن الجسم .
2- مساحة قاعدة الاستناد .
3- ارتفاع مركز الثقل .
4- زاوية السقوط

لقياس درجة ثبات الأجسام يمكننا تحديد ثلاثة مقاييس كالآتي:

1- **المقياس الهندسي :-** يمكن الاستدلال على درجة ثبات الجسم من خلال زاوية السقوط التي تعرف بظلها أي معرفة طول الخط النازل من مركز ثقل الجسم باتجاه قاعدة الاستناد وبين المسافة الأفقية بين موقع خط مركز الثقل وحافة السقوط .

2- **المقياس الديناميكي :-** تقاس درجة ثبات الأجسام رياضيا من خلال مقارنة عزم القوة المؤثرة مع عزم وزن الجسم ففي حالة التوازن يكون مجموع عزوم القوة المؤثرة فيه صفرا أي أن عزم القوة ق = عزم الوزن و ، أما إذا كان عزم القوة المؤثرة اكبر من عزم الوزن فذلك يؤدي الى اختلال في اتزان الجسم وبالتالي التأثير في ثباته .

3- **مقياس الطاقة :-** ويقصد به مقدار الطاقة المصروفة للتغلب على ثبات الجسم ويتوقف هذا على مقدار الشغل الذي تنجزه القوة المؤثرة .

عزم القصور الذاتي :- هو مقدار الكتلة في نصف القطر تربيع .

أي .... **ع قص = ك × نق2**

إذا كان الجسم الدائر يقع محور دورانه في نقطة مركز ثقله فان عزم القصور الذاتي للجسم يكون أقل من عزمه عندما لا يمر محور الدوران بمركز الثقل من هذا نستنتج الذي يبعد قليلا عن محور الدوران اكبر من دوران الجسم الذي يبعد أكثر عن المحور لذلك يمكننا تفسير سهولة رفع الرجل الى الأعلى وهي مثنية عنها وهي ممدودة . مثل فعاليات الرقص على الجليد والبالي .

الزخم الزاوي :- هو عبارة عن عزم القصور الذاتي في سرعته الزاوية أي

أي ... خ ز = ع قص × س ز .

انطلاقا من قانون نيوتن الثالث (الفعل ورد الفعل) إذا اثر جسم بزخم معين في جسم أخر فان الجسم المؤثر فيه يرد على الجسم الأول بكمية الزخم نفسها وبعكس اتجاهها وهذا ما يطلق عليه قانون حفظ الزخم الزاوي .

الطاقة الحركية الزاوية :- هي مقدار ناتج عن ضرب نصف الكتلة × السرعة الزاوية في مربع نصف القطر .

أي أن ط ح = 1 / 2 ك (س ز × نق)^2

بما أن عزم القصور الذاتي = ك نق^2

لذا من الممكن القول إن هنالك تناسبا طرديا بين مقدار الطاقة الحركية الذي يبذلها الرياضي وبين مقدار عزم القصور الذاتي للجسم أثناء أدائه للحركة الدائرية .

قوانين نيوتن :- هي ثلاث قوانين أساسية جاء بها العالم إسحاق نيوتن لتفسير الحركة وهي :

1- القانون الأول : قانون القصور الذاتي :- كل جسم يحاول الاستمرار في سكونه أو في حركته مالم تؤثر فيه قوة أخرى لتغيير حالته الحركية .

وللاستفادة من هذا القانون وتطبيقه في المجال الرياضي ينبغي علينا معرفة العوامل التي تسهم في التأثير في الحركة وهي :-

1- وضع الجسم .
2- مقدار القوة المستخدمة لإكساب الجسم سرعة معينة .
3- كتلة الجسم .
4- طبيعة الأرض أو السطح الذي تتم عليه الحركة .
5- قاعدة ارتكاز الجسم واتجاهها .

2- القانون الثاني :- قانون التعجيل :- إن تعجيل الجسم أو التغيير في كمية الحركة يتناسب تناسبا طرديا مع القوة المؤثرة وتحدث الحركة باتجاه القوة نفسه .

وبذلك يمكن صياغة قانون نيوتن الثاني كما يلي :-

القوة = الكتلة × التعجيل .

ق = ك × ج ⟵ ق = ك × س / ن .

مثال 1 / جسم أثرت فيه قوة مقدارها 120 نيوتن أكسبته سرعة مقدارها 6 م / ثا ولفترة زمنية 3 ثا . ما هو مقدار كتلة ذلك الجسم ؟

ق = ك × س / ن ------ 120 = ك × 6 / 3

أذن ك = 60 كغم كتلة الجسم .

مثال 2 / احسب مقدار القوة التي يبذلها عداء كتلته 80 كغم لقطع مسافة 100 متر بزمن قدره 10 ثانية ؟ وما هو مقدار القوة عندما تكون كتلة العداء 120 كغم .

س = م / ن ---- س = 100 /10 = 10 م / ثا

القوة التي يبذلها العداء ذو الكتلة 80 كغم :-

كتلة ذلك الجسم ؟ ق = ك × س / ن

ق = 80 × 10 /10 ⟵ ق = 80 نيوتن .

القوة في حالة العداء ذي الكتلة 120 كغم :-

كتلة ذلك الجسم ؟ ق = ك × س / ن

ق = 120 × 10 / 10 ⟵ ق = 120 نيوتن .

3 – القانون الثالث :- قانون رد الفعل : لكل فعل رد فعل يساويه في المقدار ويعاكسه في الاتجاه .

نموذج تحليل حركى للعبة فردية :

العاب الساحة والميدان : -

الركض :- أن حركة الركض بشكل عام عبارة عن حركة مركبة أي مزيج من الحركات الانتقالية الدائرية . إن العوامل الأساسية لتحقيق السرعة المطلوبة خلال الركض تتحدد بما يلي : -

1 – طول الخطوة . 2 – تردد الخطوة

لزيادة سرعة الركض ينبغي تطوير احد العاملين أو كليهما فلدراسة ميكانيكية الركض بشكل ديناميكي لا يمكننا تجزئة الحركة بشكل منفصل نتيجة للترابط الميكانيكي منذ التهيؤ لحين بلوغ السرعة القصوى البداية:

إن أفضل أوضاع التهيؤ للركض أي الانطلاق من الثبات وبلوغ السرعة القصوى بأقصر فترة زمنية سواء كان ذلك من وضع البداية من الجلوس أو من الوقوف أي أن مركز ثقل الراكض في لحظة التهيؤ يقع تقريبا فوق حافة السقوط الممثلة للذراعين مع خط البداية .

إن المتطلبات الميكانيكية لحركة الركض أثناء وضع التهيؤ للانطلاق هو أن الزاوية بين الساق والفخذ لكلتا الرجلين تكون ثابتة وخاصة الرجل الأمامية التي يقع عليها العبء الأكبر في الدفع أثناء الانطلاق فنجد أن الزاوية بين الساق والفخذ تكون 90 درجة تقريبا وذلك لان اكبر قدر من القوة يمكن أن تنتجه العضلة أو المجموعة العضلية المشتركة في ذلك الأداء عندما تكون زاوية المفصل قائمة .

إن وضع جسم الراكض أثناء لحظة الانطلاق يشكل أهمية كبيرة في ركض المسافات القصيرة فضرورة الانتقال من وضع الثبات الى اقصى سرعة بأقصر فترة زمنية يحتم على الراكض أن يكون مائلا بشكل يجعل المحور الطولي للجسم يشكل زاوية حادة مع الأرض والسبب في ذلك هو إن الخطوات الأولى من الركض يجب أن تكون قصيرة ، كما يبقى مركز الثقل الى الأمام لان حركة الراكض غير منتظمة زمنيا أي أن سرعته تزداد تدريجيا فتكون حركته بتعجيل موجب . وعلى هذا يجب أن يستمر الجسم في ميلانه لحين بلوغ سرعته القصوى حيث تبدأ حركته بالانتظام .

يلاحظ أثناء حركة الركض التي هي عبارة عن حركة فعل من قبل الراكض باتجاه الأرض وبالمقابل يحصل الراكض على قوة رد فعل باتجاه الحركة الأولى لذا ينبغي آن تمر قوة الفعل التي يصدرها الراكض باتجاه الأرض بمركز ثقله كي ينتقل الجسم بكامله الى الأمام وعدم حدوث عزوم للقوة نتيجة حركة الأجزاء عندما لا تمر القوة بمركز الثقل .