الفصـــل الثـــالث

الحركات المستقيمة

و

قوانين نيوتن

الفصـــل الثـــالث

الحركات المستقيمة وقوانين نيوتن

Linear Motion and Newton's Laws ..

الكميات الاساسية :

يعتمد تطبيق القوانين الطبيعية على حركة الاجرام السماوية او الجسيمات دون الذرية على المشاهدات التجريبية والعمليات المنطقية من استقراء واستنتاج . وفى اى تجربة يوجد العديد من المتغيرات الممكن قياسها ، والتى تحث الباحث على تحديد العدد لمثل هذه الكميات المسجلة . وقوانين الطبيعة توجه العلماء لاختيار هذه الكميات من اجل التحليل ، والعوامل المهمة نفسها فى التجربة وبعدها تؤكد الحاجة الماسة لتعريف هذه العوامل ووضع المعايير لها ، وقيم المتغيرات التى يقيسها الباحث يشار اليها بالبيانات ، والعناصر المقاسة بشكل مباشر أو غير مباشر تدعى متغيرات.

ان معظم الكميات الاساسية والتى يمكننا اشتقاق الكميات الاخرى منها هى الازاحة (الطول) والكتلة والزمن والتى تستعمل للحصول على السرعة والتسارع والقوة وكمية التحرك (العزم) والدفع والشغل والطاقة والقدرة بالاضافة الى الكميات الزاوية لكل ما سبق .

وفى هذا الفصل سنناقش الكميات المتعلقة بالحركة المستقيمة فى حين ان مظاهر الحركة الدورانية ستناقش فى الفصل الرابع .

الازاحة (ح) : Displacement (d)

لجسم ما أو نقطة ترتبط بتغير مكانها.ولوصف الازاحة يجب تحديد كل من : المقدار (كم تبعد ؟) والاتجاه (على أى خط ؟) .

ونسمى الكميات التى تحتاج لتحديدها لكل من المقدار والاتجاه - مثل الازاحة

بالكميات المتجهة ويقاس مقدار الازاحة بوحدة المتر (م) أو أجزاء المتر .

القصور الذاتى : Translational Intertia

هى مقاومة الجسم للحركة فى خط مستقيم ، وكتلة أى جسم عبارة عن قياس لقصوره ، والكتلة غير الوزن حيث ان كتلة الجسم خاصة دائمة له ولا تتغير بتغير المكان على عكس الوزن الذى يختلف لاختلاف المكان ، فمثلا يختلف وزن الجسم على الارض عنه على القمر وذلك لان قوة الجاذبية الارضية تختلف عن جاذبية القمر فى حين ان الكتلة هى نفسها فى كلتا الحالتين ، والكتلة تحدد تماما بتحديد مقدارها. ومثل هذه الكميات تدعى بالكميات غير المتجهة ، ووحدة الكتلة هى الكيلوجرام (كجم) .

الزمن (ن) . . . . Time (t)

ويقيس الزمن مدة الحدث حيث يمكن للحدث ان يكون تغيرا فى احد المتغيرات او ربما مدة الانتظار لحدوث تغير ما ، ويسير الزمن لهذا ، فالزمن يوصف بشكل كامل بتحديد مقداره فقط ، والزمن كمية غير متجهة ويقاس بوحدة الثانية (ث) .

السرعة المتجهة (ع) : . . . Velocity (v)

(السرعة المتجهة) وتقيس التغير فى الموقع (الازاحة) بالنسبة للتغير فى الزمن ويمكن التعبير عن السرعة المتجهة بالمعادلة التالية :

معادلة (أ)

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

حيث الرمز (Δ) حرف اغريقى (دلتا) يعنى التغير فى الكمية التى تلى الرمز ، والسرعة كمية متجهة لأننا نحتاج لكل من المقدار والاتجاه لتحديدها . ووحدة السرعة المتجهة هى المتر لكل ثانية (م / ث) أما السرعة فهى مقدار السرعة بغض النظر عن الاتجاه .

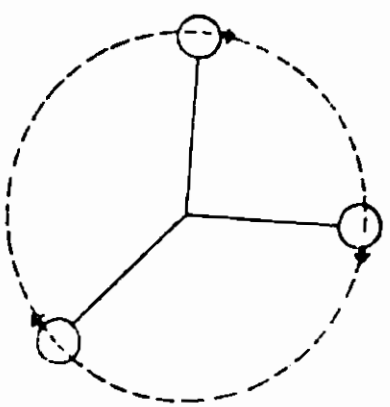
التسارع (ت) : Acceleration (a)

ويقيس التغيـــر فى السرعة بالنســـبة للتغير فى الزمن . والتسارع أيضا قيمة ماذا طرأ .

اذا حدث تغير فى اتجاه آخر أومدى السرعة فان تسارعا سيطرأ . فمثلا الجسم الذى يدور حول نقطة ثابتة بسرعة ثابتة يكتسب تسارعاً لان اتجاه السرعة يتغير بشكل ثابت . ووحدة التسارع هى متر لكل ثانية تربيع (م / ث٢) . ويمكننا التعبير عن التسارع بالمعادلة التالية :

المعادلة (٢)

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

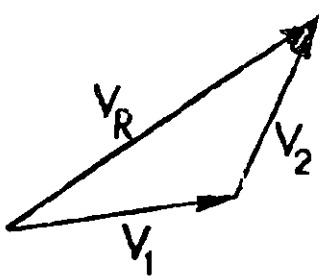


شكل (١٥)

(جسم يدور بسرعة ثابتة ويتسارع خطيا لان اتجاه السرعة يتغير بشكل ثابت)

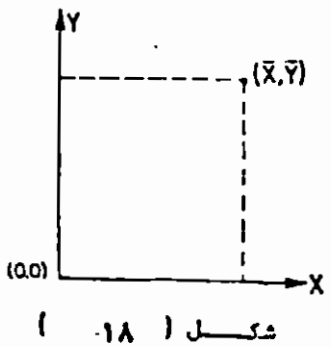
الانظمة ، ومحاور الاسناد ، وقانون متوازى الاضلاع وتحليل المتجهات :
Systems , Reference Frames , The Parallogram Law , and Resolution of vectors .

اننا عادة ما نستعمل الاسهم لرسم صور المتجهات بحيث يطابق طول السهم مقدار المتجه كما يطابق اتجاهه اتجاه المتجه ، وفى الغالب فإن الجسم يتعرض لتأثير كميات متجهة متباينة من حيث المقادير والاتجاهات أو ضرورة فهم ومعرفة التأثير النهائى لهذه الكميات المتجهة ، ويمكن أن تكون هذه المتجهات اما سرعات أو تسارعات أو قوى أو أى كمية طبيعية متجهة والقانون الذى يمكننا من معرفة ناتج الاضافة لهذه المتجهات هو قانون متوازى الاضلاع للجمع الاتجاهى . وعلى سبيل المثال : اذا تعرض جسم لعدة ازاحات فانه من المفيد فى اغلب الاحيان ان تعرف الموقع النهائى للجسم لهذه المتجهات وهى قيمة واحدة وتسمى بالمحصلة ، ولتوضيح ذلك بالرسم نأخذ متجهين فقط للسهولة ونجرى عملية الجمع بالطريقة التالية : نرسم المتجهين بحيث يكون ذيل الثانى منطبقا على رأس الاول ، فتكون المحصلة السهم الواصل من ذيل الاول الى رأس الثانى (كما هو واضح فى الشكل) علما بأن الترتيب غير مهم .



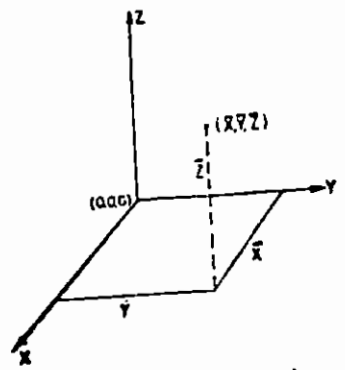
شكل (١٠٦) متجهات الازاحة طبقا لقانون متوازى الاضلاع

ولحساب طول واتجاه المحصلة نستعمل قواعد حساب المثلثات مثل قانون فيثاغورث وقانون الجيب وقانون جيب التمام (والطرق التى توضح استعمال هذه القواعد لايجاد المحصلة مشروحة فى المرفق أ) . ولكى نتغلب على صعوبة دراسة الكون بحجمه الهائل ومداه الكبير فاننا نلجأ الى تقسيمه الى اجزاء اصغر من اجل الملاحظة والدراسة ، وهذا التقسيم المختار يدعى بالنظام تحت البحث او تبسيط النظام، وفى دراسات الميكانيكا الحيوية يكون الجسم هو النظام تحت الدراسة ولكننا غالبا ما نعتبر الجهاز واللاعب هما النظام . ولكى نستفيد من المتجهات بشكل صحيح فاننا نختار نقطة بداية تسمى نقطة الاصل ، ومن نقطة الاصل نحدد اتجاهات تشير للحركة المطلوبة . والعملية المعتادة هى اختيار ثلاثة محاور متعامدة مع بعضها البعض مكونة النظام الاحداثى المستطيلى بحيث تكون نقطة الاصل هى نقطة تقاطع المحاور الثلاثة . ومجموع المحاور الثلاثة ونقطة الاسناد يدعى محاور الاسناد او الاطار المرجعى ، ويمكننا الان تحديد اى ازاحة عن طريق المحاور الثلاثة س - ص - ز ؛ ولكى نحدد مكان اى نقطة فاننا نقيس البعد الاحداثى لهذه النقطة على كل محور من المحاور ، فتكون (س هـ) ، عدد الوحدات باتجاه المحور السينى . (و ص) ايضا عدد الوحدات باتجاه المحور الصادى . وكذلك ، (ز) عدد الوحدات باتجاه المحور السينى وبهذا يمكن تحديد الازاحة لنقطة ما عن نقطة الاصل .



شكل (١٨)

المحوران محوران عند نقطة التقاء (0,0) ٥,٥)

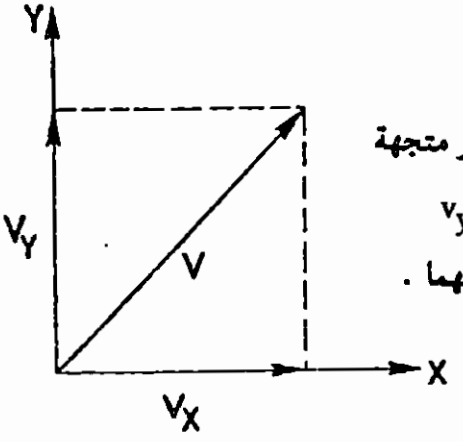


شكل (١٧)

المحا ثلاث محاور عند نقطة التقاء (0,0,0))

ويمكننا اختيار التمثيل الاحداثى للبعدين بدلا من ذى الثلاثة ابعاد بشرط انه عند اختيار المحاور يجب ان تبقى ثابتة خلال عملية التحليل .

وكما اننا نحتاج الى جمع المتجهات للتحليل فاننا ايضا غالبا ما نرغب فى تحليل كل قيمة الى مركبات على طول الاحداثية وتسمى عملية تحليل المتجهات ، واذا ما اضفنا هذه المركبات عن طريق قانون متوازى الاضلاع فاننا سنحصل على المتجه الاصلى الذى حللناه سابقا ، ان عملية تحليل المتجهات مفيدة جدا فى عملية تحليل الحركات والقوى .



شكل (١٦) التقاء المتجهات فى محاور متجهة (v) محصلة v_x ، v_y وهى فى منتصف تقاطعهما .

قوانين نيوتن

تمهيد :

قانون نيوتن الأول : (قانون القصور الذاتى) : Interia Law

مضون القانون : كل جسم يظل على حالته من سكون أو حركة فى خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوى خارجية تغير من حالته .

تفسير :

إننا نعلم أن الجسم الموجود فى حالة سكون لا يستطيع بدون تأثير قوة أخرى عليه أن يغير هذه الحالة وسيظل محتفظا بهذه الحالة مدة زمنية غير محددة .

ومن جهه أخرى نعلم أنه إذا وجد الجسم فى حالة حركة منتظمة على خط مستقيم وحتى يمكن تغيير هذه الحركة يلزم التأثير بجسم آخر على الجسم المتحرك .

ومن هذا نتبين أيضا إن أى محاولة لإحتفاظ الجسم بالحالة التى هو عليه من سكون أو حركة (كمية المقاومة للجسم) تتناسب مع كتلته تناسبا طردياً .

أى إنه كلما زادت كتـلة الجسـم كلما كان قصوره الذاتى أكبر (كمية حركة أكبر) للتغلب على القاومات المختلفة .

وبالنسبة للجسم البشرى كلما زاد وزنه كلما كان قصوره الذاتى أكبر . والقوى المؤثرة تكون نتيجة للإنقباض العضلى وهى إما قوة داخلية أو قد تكون قوة خارجية أو كلاهما .

إن خاصية احتفاظ الجسم بسرعته وبالتالى بحالة سكونه - ما لم تؤثر عليها قوة خارجية مثل الإحتكاك ، مقاومة الهواء - تسمى بالقصور الذاتى .

نستنتج من هذا القانون أن قوى الإحتكاك ومقاومة الهواء هما السبب فى تغيير سرعة الجسم المتحرك فإذا إستطاع لاعب الجمباز التخفيف من المقاومة إقترب من أداء الحركة بسرعة ثابتة .

فوائد إستخدام القصور الذاتى :

أ - عندما يكون القصور الذاتى مفيدا

- عند الإحتفاظ بتوازن الجسم فى أثناء الأداء على الأجهزة
- عندما يكون المطلوب إستمرار حركة الجسم فى بعض المهارات

ب - عندما يكون القصور الذاتى معوقا .

- فى حالة مرحلة بداية لبعض المهارات المطلوب فيها قوة مميزة بالسرعة
- فى مرحلة نهاية بعض المهارات والتى تتطلب فرملة الحركة أو التوقف مرة

واحدة مثل الهبوط من فوق الأجهزة .

مما سبق يتضح أنه يمكن إستغلال خاصية القصور الذاتى فى أداء مهارات الجمباز خاصة فى أثناء الحركات التى يأخذ فيها الجسم شكل دائرى . ويعبر عن التأثير الحادث لشكل الجسم فى الحركات الدائرية بعزم القصور الذاتى والذى يعبر عنه رياضيا بحاصل ضرب الكتلة × مربع نصف القطر ، ويتضمن ذلك ان حاصل ضرب القصور الذاتى فى السرعة الزاوية يساوى مقدارا ثابتا .

مثال : فى حالة الدورة الهوائية أماما فى الجمباز الأرضى يدفع اللاعب بقدميه الأرض والجسم مفرود وبذلك يكون عزم القصور الذاتى أكبر ما يمكن . وبما أن الدفع مائل وغير مار بمركز ثقل الجسم تستحدث حركة دائرية ذات سرعة زاوية كبيرة مما ينتج عنه زيادة السرعة الزاوية بدرجة كبيرة أيضا مما يؤدى إلى أمكانية اللاعب من أداء دورة هوائية كاملة وربما أكثر .

قانون نيوتن الثانى :Law Of Acceleration

وتسمى المعادلة الرئيسية للديناميكا ويمكن صياغتها كما يلى :

القوة تساوى الكتلة مضروبة فى العجلة :

وتتجه العجلة فى نفس إتجاه القوة التى أكسبت العجلة وعلى ذلك فإن قانون العجلة يعرف كما يلى :

معدل التغيير فى كمية الحركة تتناسب طرديا مع القوة المنتجة لهذا التغييرويكون فى إتجاه عمل القوة .

كما أن معدل التغيير فى السرعة يتناسب عكسيا مع كتلة الجسم

وحيث كمية الحركة = الكتلة X السرعة

وحيث أن القوة = الكتلة X العجلة

إذن مقدار التغيير فى كمية الحركة = الكتلة X (ع٢ - ع١)

ولتطبيق ذلك فى نشاط الجمباز نجد أن اللاعب يعدل من أوضاع الجسم حتى يقلل من المقاومات الخارجية ويستغل معظم القوة المنتجة للتغيير فى كمية الحركة .

تفسير :

يتبين من خلال استخدام هذا القانون فى نشاط الجمباز أن هناك علاقة بين كتلة الجسم ووزنه ولذلك ينبغى تفسير هذه العلاقة .

العلاقة بين كتلة ووزن الجسم

كتلة الجسم : هـى خاصية من خاصـياته الطبيعية . وهى عبارة عن مقياس كمية المادة الموجودة بالجسم ، وهى لا تتغير للجسم الواحد أبدا ، وقد يتغير حجمها فقط .

ولقد أثبت نيوتن من إستخدامه لفظ الكتلة بدلا من القصور الذاتى على أن درجة قصور الحركة تتوقف على كتلته ، وبذلك تعتبر الكتلة صفة ميكانيكية للاجسام والتى تعبر عن خاصية القصور الذاتى أو مقاومة التغيير فى حالة الحركة .

فلاعب الجمباز فى الهبوط من المهارات الت تؤدى على جهاز حصان القفز نجد أن الجسم عرضة للوقوع ، فسقوط الأجسام يحدث تحت تأثير قوى التثاقل أو كما هو شائع تحت تأثير وزنها . ولأن القدمان تصطدمان بقوة بالأرض ، وتتثبتان بينما الجزء العلوى من الجسم لا يزال متحركـا فى إتجاه الحركة، وإذا لم تؤثر عليـه قوة تحـد من حركته يندفع هذا الجزء للأمام ويـؤدى إلى فقدان الثبات . ولهذا تتدخل القوة العضلية فى نطاق المؤثرات التى تغير حالة الجسم والعمل على إيقاف الجزء العلوى من الجسم .

وزن الجسم : بإعتبار أنها تختلف كميا عن كتلة الجسم تماما - عبارة عن مقدار قوة جذب الأرض له . ولذلك فهو يختلف فى المقدار من مكان إلى آخر حسب

مقدار عجلة التثاقل ، بمعنى أن وزن جسم لاعب واحد يمكن أن يختلف فى نقاط معينة على خطوط عرض مختلفة من سطح الكرة الأرضية ولقد تأكد ذلك عند وزن الجسم بأماكن مختلفة فى العالم .

قانون نيوتن الثالث : تساوى الفعل ورد الفعل Low Of Reaction

يمكن صياغة هذا القانون كما يلى : لكل فعل رد فعل مساوى له فى المقدار ومضاد له فى الإتجاه ويشترك معه فى خط العمل .

وحيث $ك_1 \cdot ك_1 = ك_2 \cdot د_2$ إذن $ق_1 = ق_2$

ويمكن إستخدام هذا القانون فى جميع حركات الجسم أو أجزاؤه .

تفسير :

نستنتج أن تفاعل جسمين مع بعضهما يظهر فى وجود قوتين متساويتين فى المقدار ومتضادتين فى الإتجاه ؛ أى أن القوة توجد فى الطبيعة أزواجا تؤثر على كلا الجسمين المتفاعلين فيما بينهما .

وعند تطبيق هذا القانون فى رياضة الجمباز ينبغى الإهتمام بالنقاط التالية :

يتضمن مفهوم الفعل التأثير الناتج من القوة الداخلية للاعب الجمباز ، أما مفهوم رد الفعل فهو تأثير القوة الخارجية . وقد تؤدى القوة الداخلية بتأثير تضاد مع بعضها . ومثال لذلك حركات الكب عموما حيث يتم فرملة للرجلين فتنتقل القوة إلى الجذع لتعمل على رد الفعل المناسب لأداء المهارة .

ويتمثل تأثير القوى فى مهارات الجمباز فى عمل العضلات المنوطة بأداء المهارة أما تأثير القوة المضادة - وليكن مثالنا هنا فى حالات القفزات - يتمثل فى سلم القفز أو الجهاز ذاته إذا لم تكن المهارة على حصان القفز - وعموما يعتبر رد فعل الجهاز . عن طريق كلا التأثرين ينتج تغيير فى شكل وأداء المهارة .

مثال : قوة الدفع على جهاز القفز تحدث بين قدمى اللاعب وسلم القفز - عند الإرتقاء - وفى حالة إتجاه الدفع فى إتجاه القفز بالدفع المركزى إذا كان إتجاه الجسم فى خط سير الدفع فى خط مستقيم .

وبمرور خط عمل محصلة القوى بمركز ثقل اللاعب سنجد أن هناك قوتين للعضلات أحدهما (ق١) تؤثر الى أسفل والأخرى (ق٢) تؤثر الى أعلى ومعهما تؤثر قوة الجاذبية الأرضية (و) إلى أسفل كذلك قوة رد الفعل (ر) التى تؤثر إلى أعلى كقوة خارجية . وجميع هذه القوى تعمل على خط عمل واحد . وبإعتبار الإتجاه إلى أعلى موجبا وإلى أسفل سالبا . فإن قوة القصور الذاتى يمكن أن تعتبر سالبة لأنها تؤثر إلى أسفل فى عكس إتجاه الحركة . وبما أن الحركة (حركة القفز عاليا) تتم إلى أعلى فإن ذلك يعنى أن محصلة القوى تأخذ مقدارا موجبا نتيجة التأثير المتبادل بينهما .

وللتأكيد على عمليـة الدفـع التى تستخـدم على جهاز حصان القفز لابد من معرفة أن الدفع هنا يكون فى غير خط مستقيم وذلك حتى يتمكن اللاعب من إدارة جسمـــه . ثم هناك الدفع باليدين وهو مجرد ضغط على سطح الجهاز باليدين ـ بسرعة ـ لأن البطء قد يعرقل سير الحركة ، وتختلف نقطة الدفع تبعا لنوع المهارة .

وفى ضـــوء ذلك يمكن القول بأن هناك حالتان من الدفع .

١- **دفع مركزى** : وفى هذه الحالة يكون المحور العمودى حركة الذراعين والمحور الأفقى حركة الدفع بالرجلين . ويعنى ذلك بأن الدفع أو الارتقاء يمر بمركز ثقل الجسم . بمعنى آخر فإن الدفع المركزى يمر فيه قوة الدفع تقابل خط عمل القوة مارا بمركز ثقـل اللاعب وهـــو نادر الحدوث فى رياضـة الجمـــباز حيث يحدث نتيجـــة له حركـــة انتقالية .

٢- **دفع لا مركزى** : وفيه لا يقابل خط عمل القوة مركز ثقل الجسم بل يمر إما أمامه أو خلفه أى يحدث نتيجة له حركة دورانية وفى حالة مروره أمامه تحدث حركة دورانية للخلف . أما فى حالة مروره للخلف تحدث حركة دورانية للأمام .

قانون نيوتن الأول والثانى

Newton's First Two Laws

شكليا تعتبر القوة هى إحداث الجهد عند رفع أو سحب شئ ما ولذا يحدث تغييرات فقط إذا ما أستخدمت القوة .

كمية الحركة Momentum (p) :

يمكن حساب كمية الحركه بواسطة العملية التالية :-

الكتلة X السرعة

ووحدة كمية الحركة هى : الكيلو جرام - متر فى الثانية (كجم م / ث) ويمكن وضع المعادلة التى تبين ذلك فيما يلى :

كمية الحركة = الكتلة X السرعة

معادلة ٣ $$p = m \cdot v = m \cdot \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

وطبقا لرأى نيوتن فإن القوة هى مقياس لرد الفعل الداخلى ، وبذلك فإن درجة التغير فى كمية الحركة يرجع إلى كمية رد الفعل الداخلى . ومن المحتمل أن يكون الشئ المتحرك قد يكون أو لا يكون مقيدا لامتلاك رد الفعل الداخلى .

والقوة (ق) (F) مرتبطة بدرجة التغير لكمية الحركة بالنسبة للزمن . وإذا اختيرت وحدات بشكل خاص فإن النتيجة تعتبر واحدة .

والمعادلة التالية أختصارا للقانون الثانى لنيوتن :

معادلة ٤ $$F = m \cdot a = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

القوة = الكتلة × التسارع

القوة هى محصلة ، واتجاهها هو اتجاه التسارع . وحدات القوة هى كجم-م/ث^2 والتى أعيد تسميتها بالمصطلح نيوتن NEWTON'S (n.) or (nt.)

وقانون نيوتن الثانى يشير إلى :

إن معدل التغير فى كمية الحركة تتناسب طرديا مع القوة المنتجة لهذا التغيير . وهذه الصياغة مرتبطة بالقانون الأول والذى مضمونه كل جسم يظل على حالته من سكون أو حركة منتظمة فى خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالته .

إن الأختلافات ما بين القوة الداخلية والقوة الخارجية يمكن الحكم عليها بواسطة حركة الكرات . فإذا ما كانت هناك عددا من (١٥) كرة مكونة نظاما ، فإن أى قوة مؤثرة على إحدى الكرات يمكن إنتقالها للأخرى وهكذا ، وهذا ما يسمى بالقوة الداخلية ، اما قوة الإحتكاك كما فى دحرجة الكرات بطول المنضدة فهى قوى خارجية.

وبهذه الطريقة يتمكن من تحديد القوى الداخلية والقوى الخارجية فى رياضة الجمباز.

ونشير هنا بأن القوى الداخلية هى الإنقباض العضلى ، أما الجاذبية ورد فعل الأجهزة فهى قوة خارجية . فإن كان للقوة فعل لنفس الإتجاه ولكن عكسيا فإنه يحدث توازن وبالتالى لن يكون هناك تغيير فى الحركة .

ويمكن صياغة القانون التالى لتبيان التغيير فى كمية الحركة الناتجة من قوة عملية اللاتوازن كما يلى :

معادلة ٥ $\Delta (m \cdot v) = F \cdot \Delta t$

إن كمية القوة × التغيير بالنسبة للزمن ... $F \cdot \Delta t$ تعرف بأنها بصورة غير

مباشرة كعامل أساسى للأداء لأغلب مهارات الجمباز .

إن التغيير فى كمية الحركة قد يكون مؤثرا بواسطة التغييرات فى حجم القوة أو التغييرات فى الزمن خلال تأثير القوة .

إن القوة الأكبر أو الزمن الأطول ستزيد من التغيير فى كمية الحركة .

إذا كان هناك أى زيادة فى القوة فإنه غالبا يكون هناك نقصا فى الزمن . إن هذا يحدث إذا كانت القوة الأكبر لمفصل واحد ستسمح لأكمال عملها مباشرة .

عادة الزيادة فى القوة تكون أكبر عن النقص فى الزمن ولذلك فإن الزيادة فى القوة تكون هى الهامة فى تغيير كمية الحركة .

ولمناقشة التحليل الخاص بتأثير القوى فيجب علينا النظر إلى قانون متوازى الأضلاع وتحليل المتجهات ، والمحصلة لوصف ما نلاحظه أو التنبؤ بالأداء المهارى الفعال.

الـــوزن وقـــوة الجاذبيـــة

Weight and the Force of Gravity

إحـدى القوى العظمى المستخدمـة عند أداء مهارات الجمبـاز هى الجاذبيـة الأرضية .

إن قوة الجاذبية تعمل على جميع الأجسام بدون استثناء ويمكن صياغة القانون الخاص بها كما يلى :

$$\text{قوة الجاذبية} = \frac{\text{كتلة الجسم (١)} \times \text{كتلة الجسم (٢)} \times \text{عجلة الجاذبية الثابتة}}{\text{مربـــع المسافـــات}}$$

المعادلة (٦)

$$F_{grav} = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

حيث أن m_1 , m_2 هـى مساحات الأجسام ، d المسافـة المنفصلـة و G رقـم ثابت .

وحيث أن كتلة الجهاز واللاعب تعتبر صغيرة ؛ والجاذبية بين الجهاز واللاعب عموما يمكن تجاهلها ، وعلى أية حال فإن قوة الجاذبية بين اللاعب والأرض لا يمكن تجاهلها وذلك راجعا إلى كبر حجم الأرض .

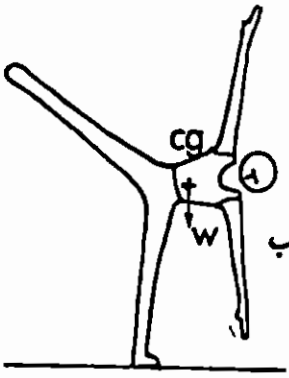
وتؤثر قوة الأرض علي اللاعب وتسمى (w) وزن اللاعب . والتسارع الخاص بالجاذبية قد عبر عنه بالرمز (G) وهى مباشرة تجاه مركز الأرض وعلي سطحها تقـريبا ٩,٨ م/ث٢ .

والرمز (g) هو التسارع الخاص عند تغيير الوزن طبقا للقانون الثانى لنيوتن . انظر شكل (٣ـ٦) .

معادلة (٧)

$$F = m \cdot a$$

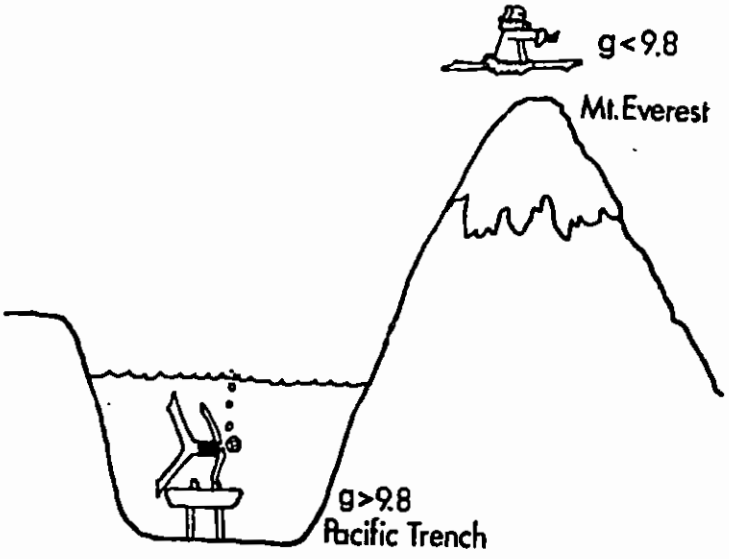
$$W = m \cdot g.$$



شكل (٢٠) تأثير القوة الخاصة بالجاذبية على اللاعب
وتقع على مركز ثقل الجسم (W) .

إن قيم قوة الجاذبية مختلفة تبعا للمسافة من مركـز الأرض . انظر شكل (٢١) فهى تكون أكبر عند مستوى سطح البحر عنها إذا كنا على قمة ايفرست .

ولحساب الأمثلة المستخدمة فإننا غالبا ما نستخدم قيمة ٩,٨ م / ث ٢ .



شكل (٢١) تباين قيم التسارع الناتج عن الجاذبية
طبقا لبعد المسافة عن مركز الأرض
(تتضمن الارتفاعات قيماً منخفضاً) .

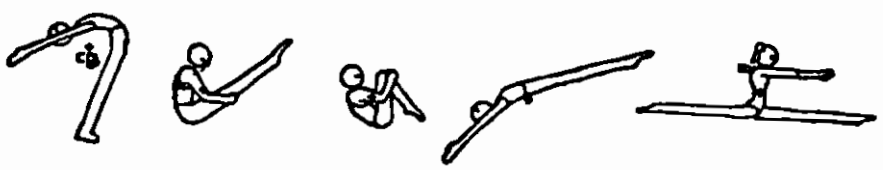
مركز الثقل أو مركز الجاذبية

Center of Mass vs.Center of Gravity

لكل وضع للجسم هناك نقطة معينة يمكن استعمالها كما لو أن كتلة الجسم تتركز فى تلك النقطة ، وهذه النقطة تسمي مركز الكتلة .

كما هو مطلوب لدراسة تأثير القوى هو دراسة حركة مركز الكتلة ، وأن مركز ثقل الجسم فى وضع معين هو النقطة التى عندها يتوازن الجسم . هذه النقطة ليست مركز الكتلة وذلك بسبب عدم توازى تأثير فعل الجاذبية وعدم تماثلها . على أية حال وبما أن حجم الإزاحة التى تتضمنها مهارات الجمباز صغيرة . سنفترض أن مركز الجاذبية CG تساوى مركز الكتلة CM فى هذه الكتاب .

إذا تغير موضع أجزاء من النظام يمكن أن يؤدى إلى تغير موضع النقطة التى تمثل مركز الثقل CG إن النقطة التى تمثل مركز الثقل من الممكن أن لا تكون مركز لثقل الجسم بحد ذاته ، فتخطيط مسار مركز الثقل CG يعطى معلومات كثيرة ، عن القوى الفعالة وتأثيراتها على النظام الذي نقوم بالدراسة والبحث عنه



شكل (٢٢) وضع مركز الثقل تقريبا للاعبى الجمباز
فى أوضاع مختلفة

إذا تفحصنا جسم الإنسان جيدا نجده بعيدا عن الجمود وهو قادر علي تشكيل اوضاع ومواقف كثيرة جدا . ولهذه الحقائق تجعل من تحديد وتقرير مركز الثقل CG

للجسم ككل أو لعضو معين مهمة صعبة . لو كان الجسم جامدا وأجزاءه غير قادرة على الحركة ؛ فى هذه الحالة عندما نحدد مركز لثقل الجسم CG ككل لبقى هذا المركز ثابتا كما هو الحال فى قضيب الحديد . إن الحركة النسبية لاجزاء الجسم تجعل من الصعب متابعة تحديد مركز الثقل CG أثناء تأدية مهارة معينة .

هناك عدة طرق مستعملة لايجاد موقع مركز الثقل CG عندما يكون الجسم فى وضع معين ؛ ومن أكثر الطرق المعتمدة والمستعملة هى الطريقة التى تتضمن استعمال الجداول التى تحوى موقع مركز الثقل CG للأعضاء نسبة للأبعاد العامة للجسم . هذه الجداول مبنية على تحليل الأجسام المغمورة فى الماء وحساب حجم الماء المزاح وتطبيق الطرق الإحصائية للتعميم . هذه الطرق ليست دقيقة (١٠٠٪) ولكنها تعتبر مقبولة بشكل عام .

ويعرض هاى (١) HAY مقدمة ممتازة فى هذا الموضوع الدقيق لمدربى الجمباز دون استخدام أدوات بحث أو تضييع سنوات فى التحليل ، وهناك عدة إشارات معطاة فى شكل ٣ ـ ٨ .

السقوط الحر FREE FALL

عند تحليل مهارات الجمباز المؤداة فى الفراغ فإن فهم تأثيرات قوة الجاذبية عند هبوط الجسم ذات أهمية ، والسقوط يمكن تعريفه بأنه الحالات التى يكون فيها قوة الجاذبية هى القوة الوحيدة الواقعة لحركة الجسم . لنفرض أن لاعب الجمباز انطلق من الجهاز فى تنفيذ عملية الهبوط ، مبدئيا يرتفع اللاعب أعلى من الجهاز ليصل أقصى ارتفاع له ثم ينزل على الأرض . عندما يكون اللاعب فى الهواء هناك قوتان تؤثران

(1) J.C. HAY, The Biomechanics of Sports Techniques , Englewood Cliffs ; Prentice Hall , Inc. , 1973 , PP. 120 -128

عليه الجاذبية ومقاومة الهواء تتساوى مع قوة دفع الهوآء للاعب عكس اتجاه انطلاقه لقد بين توتفيتش TUTEVICH (٢) بأنه إذا كانت سرعة اللاعب ليست أكثر من (٥٠م/ث) فإن مقاومة الهواء يمكن اهمالها دون تأثير ملحوظ على النتائج.. لاعب الجمباز لا يصل إلي هذه السرعة لذا فإننـا نتعامل فقط مع قوة الجاذبية ونهمل مقاومة الهواء .

مرحلة الهبوط : The Descent Phase

تبدأ مرحلة الهبوط للسقوط الحر عندما يصل اللاعب أقصى ارتفاع له عن الإرض فى هذه اللحظة تكون سرعة اللاعب تساوى صفرا لأن القوة الدافعة للأعلى تنعدم مع قوة الدفع إلى الأسفل .

السرعة تكون صفرا ولكن قوة الجاذبية لا تزال تعمل وهذا يعنى أن التسارع مازال (٩,٨ م/ث) للاتجاه لأسفل .

حالما يبدأ اللاعب بالهبوط فإن سرعة مركز الثقل CG (٩,٨م/ لكل ثانية من السقوط) ، السقوط من على الجهاز لايستغرق أكثر من ثانية واحدة لأن اللاعب نادرا ما يكون على ارتفاع أكثر من ٤,٩م (١٥ قـدم) عن الأرض عند سرعة صفر (فى أقصى ارتفاع له) لذلك قلما تكون السرعة عند الاتصـاك بالأرض أكثر من ٩,٨ م/ث (٣٠ قدم / ث) .

مرحلة الصعود (الارتفاع) The Ascent phase

تتكون مرحلة الصعود أو الارتفاع فى حالة الطيران من لحظة الانطلاق عن الجهاز حتى الوصول إلى أقصى ارتفاع مرة أخرى .

القوة الفعالة هى قوة الجاذبية إلى أسفل اتجاه الأرض . عندما ينطلق الجسم من على الجهاز تكون لديه قوة دافعة معينة عكس اتجاه الأرض هذه القوة تقلل تأثير قوة الجاذبية باتجاه الأرض فقط فى حالة الصواريخ والتى تصل فيها السرعات أكثر من

(2) M.G Sachilin , Gymnastics , 1 st ed. , Moscow . 1975 .

(١١,٢ كم / ث) حيث الجاذبية تكون غير كافية لسحب الجسم إلي الأرض.وتتحكم فى زمن مرحلة الصعود لأعلى بواسطة توازن كمية الحركة الداخلية لأعلى بواسطة مدى النزول لأسفل والتى تنشأ بواسطة قوة الجاذبية ، وعند تساوى كمية الزمن + قوى الجاذبية مع المدى الداخلى لكمية الحركة المتجه لأعلى فان لاعب الجمباز يتوقف ارتفاعه ويبدأ فى الهبوط . وفى هذه اللحظة ستكون السرعة = صفر، ولكن التسارع سيثبت عند ٩,٨ م/ث٢ .

ان المعادلات للسقوط الحر والتى هى أكثر اهمية للتحليل المهارى هى :-

معادلة (٨) .

$$h_{max} = h_o + \frac{V_o^2}{2 \cdot g}$$

حيث (h_{max}) = أقصى ارتفاع تحقق

(h_o) = ارتفاع اعلى مستوى مركز الثقل عند الارتقاء أو التحرر من الجهاز

(V_o) = السرعة الابتدئية لمركز ثقل الجسم وقت الارتقاء او التحرر

(g) = تسارع الجاذبية وتساوى (٩,٨م/ث) .

معادلة (٩)

$$(T_{total}) = (V_o / g) \sqrt{2h_o/g + V_o^2/g^2}$$

حيث الزمن الكلى T_{total} هو الزمن من لحظة التحرر من الجهاز وحتى الهبوط .

معادلة (١٠)

$$(t_a) = (V_o/g)$$

حيث (t_a) هو زمن ا لصعود

معادلة ١١)

$$(t_d) = \sqrt{2h_o/g + V_o^2/g^2}$$

حيث t_d زمن الهبوط

إذا ترك اللاعب وعاد إلى نفس الارتفاع فإن $h_o = 0$

$h_{max} = V_o / (2.g)$ معادلة (١٢)

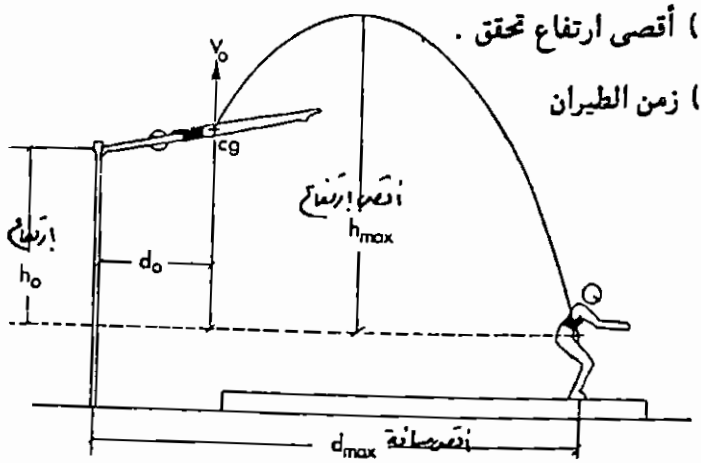
$T_{total} = (2.V_o)/g$ معادلة (١٣)

مثال للسقوط الحر : Free Fall Example ...

إن مهارات الهبوط من علي جهاز العقلة والتى تكون أعلى من ٢,٥ م وذلك من مركز ثقل الجسم إلى سطح الأرض وبسرعة عمودية ابتدائية قيمتها ٦م/ث .

أوجد : (أ) أقصى ارتفاع تحقق .

(ب) زمن الطيران



شكل (٢٣) هبوط لاعبى الجمباز من جهاز العقلة

الحل :

أ ـ $h_{max} = 2.5m + (6m/sec)^2 / (2 \cdot 9.8\ m/Sec^2)$.

$= 2.5\ m + 36/19.6m = 2.5m + 1.8m$

$= 4.3m\ (= 14.2\ Feet)$

أقصى ارتفاع = ٢,٥ م + $\frac{(٦\ متر / ث)^{٢}}{٢ \times ٩,٨\ م / ث^{٢}}$ = ٢,٥ + $\frac{٣٦}{١٩,٦}$

= ٢,٥ + ١,٨ = ٤,٣ م أو ١٤,٢ قدم

ب ـ $T_{total} = 6m/sec./9.8\ m/sec^2 +$

$$\sqrt{2*2.5\ m/Sec/\ 9.8\ m/sec^2 + \frac{(6\ m/sec^1)^2}{(9.8m/sec^2)^2}}$$

$$= .61sec + .89\ sec = 1.5\ sec.$$

الزمن الكلى = $\sqrt{\frac{(٦\ م/ث)}{٩,٨\ م/ث^٢} + \frac{(٢ \times ٢,٥\ م/ث)}{٩,٨\ م/ث^٢} + \frac{(٦\ م \times /ث)^٢}{(٩,٨\ م/ث^٢)^٢}}$

= ٦١, ثانية + ٨٩, ثانية = ١,٥ ثانية

توازن القوة الدافعة الإبتدائية إلى الأعلى مع قوة الجاذبية الساحبة إلى أسفل هى التى تتحكم فى الزمن الذى تستغرقه عملية الإرتفاع أو الصعود .

عندما تتساوى قوة الجاذبية مع القوة الدافعة إلى أعلى يقف الجسم عن الإرتفاع ويبدأ الهبوط وفى هذه اللحظة تكون السرعة تساوى صفر ولكن التسارع يكون ثابت على ٨ ر ٩ م / ث .

حركة قذف الأجسام

Projectile Motion ...

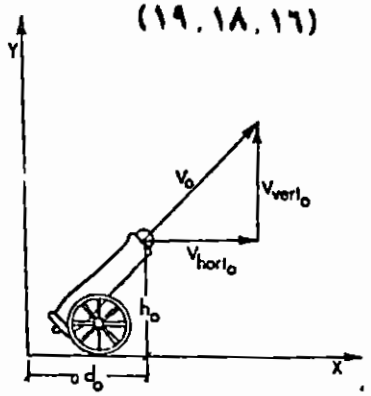
فى النص السابق قمنا بتحليل السقوط الحر فى الوضع العمودى للمهارة فقط حتى فى مثال هبوط لاعب الجمباز من جهاز العقلة . فإن الحركة ليست فقط فى الاتجاه العمودى . فالاتجاه الأفقى أيضا المرتبط بالمهارة ، والذى له تأثيره علي مسار مركز الثقل .

والحقيقة المثيرة للاهتمام هو أن التحليل يجب أن يأخذ بعين الاعتبار كلا المحورين (متضمنا سرعتها معا) .

إن الكرات ذات الحركة البندولية إنما تتحرك افقيا وعموديا في نفس الوقت .

والسرعة المتجهة فى لحظة الانطلاق قد تخزن فى مكونين مستقلين والمرجع

الشكلى المستخدم لتآزر كلا النظامين للاتجاهين العمودى والأفقى هما محوراً النظام ،
انظر شكل ((٢٤)) وأيضا انظر أشكال (١٦، ١٨، ١٩)

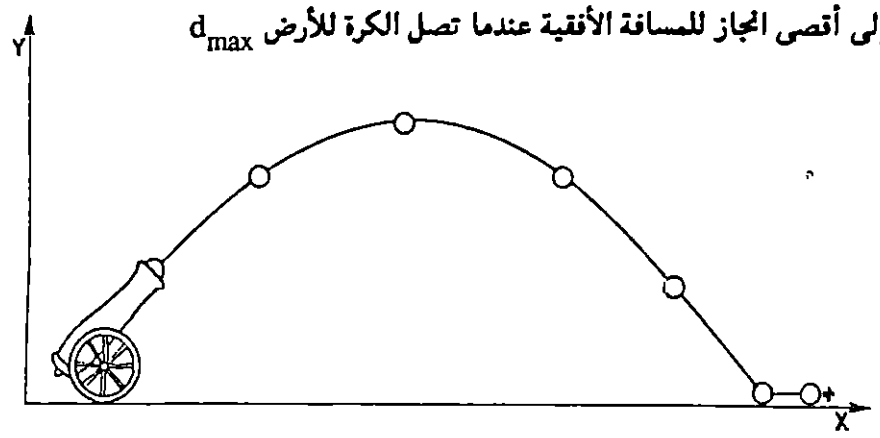


شكل (٢٤) رسم تخطيطى لحركة القذف

السرعة فى أى وقت فى الاتجاه الرأسى	V_{vert}
السرعة الرأسية منذ دفعه من نوهة المدفع	V_{vert_o}
السرعة عند أى لحظة فى الاتجاه الأفقى	V_{vert}
السرعة الافقية مندفعة من فوهـة المدفع	V_{hort_o}
محصلة السرعة عند أى لحظة	V
محصلة السرعة مندفعة من فـوهة المدفع	V_o
ارتفاع مركز الثقل من فوهة المدفع	h_o
الارتفاع لمركز الثقل فى اى لحظة	h
المسافة فى الاتجاه الافقى لمركز الثقل من المدفع	d

من تحليل الأداء فى الجزء الأخير يمكن أن يتبين أنه :

إذا كانت V_{vert_o} مستخدمة لحساب h_{max} ولحساب T_{total} فإن مسار انتقال مركز الثقل سيكون على شكل منحنى ويمكن تسميته Parabola (منحنى/قوس) انظر شكل (٢٥ أ) ومرفق (ب) . وتكون العناصر الجديدة الوحيدة للاسترشاد بها هى (d) ، مسافة مركز الثقل من فوهة المدفع من الزمن (t) فى الاتجاه الأفقى ، وإلى أقصى انجاز للمسافة الأفقية عندما تصل الكرة للأرض d_{max}



شكل (٢٥) مسار الكرة المقذوفة

لاحظ أنه كلما كانت السرعات فى كل اتجاه مستقلة فإن أقصى مسافة d_{max} تحدث خلال الزمن الكلى T_{total} !

إذا كان أساس النظام لا يكون من خلال مركز الثقل CG فإن $d_o \neq 0$ هى المسافة الافقية من الأساس عند فوهة المدفع وهكذا تكون :-

معادلة (١٤) $$d = v_{hort_o} \cdot t + d_o \text{ and } d_{max} = v_{hort_o} \cdot T_{total} + d_o$$

لاحظ أن : السرعة العمودية V_{vert} سيكون تغيرها ثابتا من السرعة الابتدائية V_{vert_o} ولكن السرعة الأفقية V_{hort} ستبقى ثابتة ومساوية للسرعة الأفقية الابتدائية V_{vert_o} وذلك من خلال مرحلة الطيران ، وبسرعة تتراجع إلى الصفر بمجرد ارتطامها بالأرض .

لا يوجد تغيرا فى السرعة الأفقية V_{hort} خلال مرحلة الطيران حيث أنه لا يوجد فعل قوة فى هذا الاتجاه .

مثال لحركة قذف الجسم : Projectile Motion Example

فى شكل (٢٣) إذا ترك لاعب الجمباز عارضة جهاز العقلة بسرعة ١م/ث . احسب :

أ ـ اقصى مسافة d_{max}

ب ـ زاوية التحرر من العقلة θ_R بين محصلة مركبة السرعة والمستوى الأفقى ،

جـ ـ السرعة عند التحرر S_R .

أ ـ نفترض أن لاعب الجمباز بطول ١,٧٥ م ولذلك سيكون مسافة مركز ثقله رأسياً عن العارضة ١,٠ م ، وتكون سرعة البداية = ١ م $d_o = 1m$ وذلك عند التحرر من العارضة .

الزمن الكلى T_{total} = ١,٥ ثانية (من شكل ٢٣) .

ولذلك d_{max} = ١ م / ث

١,٥ ثانية + ١ م = ١,٥ م + ١ م = ٢,٥ م .

ب ـ انظر المرفق (أ)

$$\tan \theta_R = 6/1 = 6$$

ولذلك $\theta_R = 80$ degrees (1.4 radians)

جـ ـ $S_R 2 = 1^2 + 6^2 = 37$

ولهذا ، $S_R = \sqrt{36} = 6.1$ m/Sec

إن السؤال عن كيفية اختيار زاوية التحرر من عارضة العقلة لتتضاعف أقصى ارتفاع h_{max} أو أقصى مسافة d_{max} سترتفع طبيعيا .

اذا فكرنا فى اقصى ارتفاع ، فان زاوية التحرر من عارضة العقلة لتتضاعف يجب أن تكون ٩٠ ° ، اذا كانت المسافة الافقية d_{max} تضاعفت ، فانه من المطلوب أن تكون زاوية التحرر من عارضة العقلة عند ٤٥ ° .

وللتأكيدات الخاصة بكلتا الحالتين السابقتين ارجع الى المرفق (جـ) .

اذا كانت زاوية التحرر من عارضة العقلة اقل من زاوية ٤٥ ° ، فان زمن مرحلة الطيران لن تكون فى اقصاها ، والتى تقلل من المسافة الافقية ، واذا كانت هذه الزاوية اكثر من ٤٥ ° فان المسار يكون اكثر ارتفاعا ولأسفل .

لاحظ باهتمام زائد أنه لم توجد قوى خارجية جديدة تؤثر خلال مرحلة الطيران ، فان مسار مركز الثقل يمكن اعتباره كاملا فى لحظة الارتقاء .

لا يوجد أى فعل يستطيع بها اللاعب الاداء وتغيير مسار مركز الثقل عند تواجده فى الهواء .

ولذلك لا يمكن تغيير اقصى ارتفاع h_{max} ، أقصى مسافة d_{max} الزمن الكلى T_{total} فى أثناء مرحلة الطيران .

القانون الثالث لنيوتن

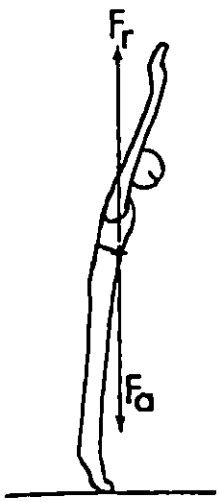
Newton's Third Law

يمكن صياغة هذا القانون كما يلى :

لكل فعل رد فعل مساو له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه ويشترك معه فى خط العمل .

وحيث ان تفاعل اى جسمين مع بعضهما يظهر فى وجود قوتين متساويتين فى المقدار ومتضادتين فى الاتجاه .

انه من الاهمية ملاحظة ان زوجين من القوى يعملان فى اتجاهين مختلفين وعلى اجسام مختلفة . مثل اداء لاعبة الجمباز في اعـدادها للهبوط لمهارة (الملك) Hecht من جهاز العارضتين المختلفتا الارتفاع ، ومثل ارتداد اللاعب لاداء دورتان خلفيتان فى الجمباز الارضى بالارتقاء من الارض ، فان دفع الارض على قدمى اللاعب ستكون خلفا مما يحول اتجاه اللاعب للارتفاع فى الهواء . ان قوة رد فعل الارض ضد اللاعب يشار اليها فى الفصل السادس ، انظر شكل (٣٦) . انه مثيراً للاهتمام ملاحظة ان القوى الداخلية للاعب تساعده بجانب إستخدام قوى رد الفعل الخارجى والتى يكون تأثيرها فى احداث الاتجاه المرغوب لانجاز اداء المهارة بالشكل المطلوب .



شكل (٣٦) قانون نيوتن الثالث . قوة فعل لاعب الجمباز تضاد وتساوى رد فعل قوة الجاذبية الأرضية

الشغل والقدرة والطاقة

Work , Power , and Energy

الشغل (ش) : Work (W)

هو نتيجة قوة تعمل على ازاحة جسم وتساوى حاصل ضرب القوة فى الازاحة وهى كمية غير متجهة .

معادلة (١٥) ش = ق X ح $W = F \cdot \Delta d$

القـــدرة : Power (P)

عبارة عن المعدل الزمنى للشغل المبذول .

معادلة (١٦) القدرة = $\frac{\text{ش}}{\text{ن}}$ $P = W/\Delta t$

الطاقة : . . . Energy

المقدرة على انجاز عمل ما . عند اداء مهارات الجمباز فانه يظهر عدة اشكال مختلفة للطاقة :

(١) الطاقة الحركية (ط . ح) Kinetic Energy (K.E.)

وهى الطاقة الناتجة عن الحركة واذا كانت الحركة خطية فان :ـ

معادلة (١٧) ط . ح = $\frac{1}{2}$ ك ع^2 $K.E. = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

(٢) طاقة الوضع (ط و) Potential Energy P.E.

وهى عبارة عن الطاقة المخزونة والتى ترجع الى الانفصال النسبى بين جسمين . وفى حالة الجمباز تكون طاقة الوضع ناتجة عن الارتفاع فوق الارض فى مجال الجاذبية فان :

معادلة (١٨) ط و = ل X ح X ع . $P.E. = m \cdot g \cdot \Delta h$

حيث (ع) Δh التغير فى الارتفاع الناتج عن تحرك الجسم من موقع لآخر .

تسعى الاجسام بشكل طبيعى الى الوصول للوضع الاقل طاقة ولزيادة الطاقة التى تمتلكها فان الاجسام فعليا تبذل شغلا عليها . وفى حالة طاقة الوضع فان الاجسام تحاول تقليل البعد عن الارض ، ويجب بذل شغل لكى نزيد بعدها عن الارض (ارتفاعها) .

(٣) الطاقة الكيميائية : ..... Chemical Energy وهذه اساسية فى توفير الطاقة للشغل الميكانيكى للعضلات . وهذه الطاقة تنتج عن تكوين وتكسير الروابط بين الذرة والجزيئات للمواد الكيميائية في النظام (دورة ADP - ATP) ووحدات الشغل وفى الطاقة هى (نيوتن - متر) ولها اسم آخر هو جول joules .. (j).

النيوتن هو كجم - م / ث٢ . و (الجول) بذلك كجم - م٢ / ث٢ .

ووحدة القدرة (جول / ث) ، والتى سميت (واط) watt .

وهناك اشكال اخرى للطاقة مثل الطاقة الكهرومغناطيسية لكنها لاتلعب دورا مهما في العمليات التى يؤديها لاعب الجمباز أثناء المهارة ، وكل اشكال الطاقة هذه تقاس بالجول وتتحول الطاقة باستمرار من شكل الى آخر ، وبتكسير الروابط الكيميائية في الطاقة الكيميائية تتحول الى طاقة حركية ، ومثال ذلك المرجحة البندولية لاعلى فان الطاقة الحركية تتحول الى طاقة وضع .

حفظ الطاقـة وكمية الحركـة الخطـية

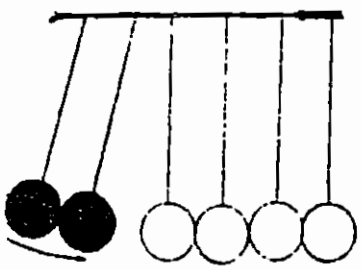
Conservation of Energy and Linear Momentum

عند تحليل مهارات الجمباز فان سرعة اداء اللاعب تكون مصغرة جدا اصغر بكثير من سرعة الضوء (٣ X ١٠ ^{٨} م/ث) . وخلال هذه السرعة البطيئة لمهارات لاعبى الجمباز فان مبدأ حفظ الطاقة يكون قابلا للتصنيف كما يلى :

الطاقة لاتفنى ولاتستحدث من العدم .

قانون حفظ كمية الحركة الخطية : كمية الحركة الخطية فى نطاق معين قد لاتتغير مالم تؤثر قوة خارجية علي هذا النظام .. ولتوضيح المبدأين السابقين نشير الى المثال التالى :

مثال : حفظ الطاقة وكمية الحركة الخطية :



شكل (٢٧) الحركات الاساسية للكرات المعدنية

(حفظ كمية الحركة الخطية ونماذج للطاقة الحركية)

نفترض عددا من الكرات المعدنية المتماثلة والمتساوية في الكتلة معلقتان الى اعلى .

بمجرد سقوط الكرتان فسيكتسبان طاقة حركية K . E . (ط ح) ، وكمية حركة خطية (P) (كت) .

ان التحليل لتبيان عدد الكرات التى ستزاح من الجهة البعيدة للجهاز بعد عملية التصادم هو كما يلى :

افترض ان سرعة كل كرة من الكرتين قبل لحظة التصادم مباشرة (V_b) (ع ب) وبذلك تكون كمية الحركة الخطية قبل لحظة التصادم (Pb) (كت) = $2\ mv_b$ (٢ ك ع ب) (حيث توجد كرتان كل منهما كتلته (m) (ك) .

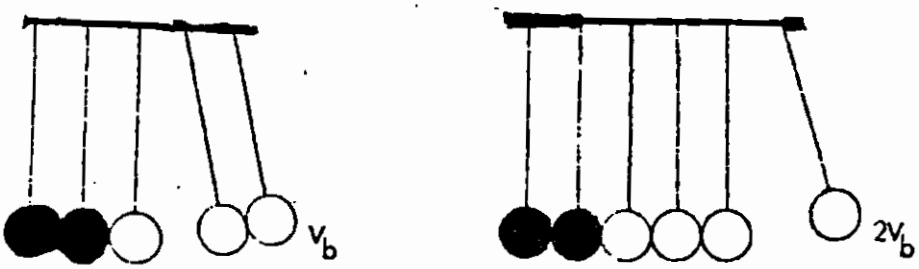
وبواسطة تطبيق قانون حفظ كمية الحركة الخطية $Pa = b$ ؈

(كتب = كت أ) حيث Pa (كت أ) هى كمية حركة خطية بعد التصادم .

$pa = 2mv_b$ كت أ = ٢ ك ع ب أيضا

هناك احتمالين عند حساب قانون حفظ كمية الحركة الخطية ، نجد عدد وسرعة الكرات المزاحة من الجهة الاخرى هما :

أ - كرة واحدة كتلتها (m) (ك) قد تنزاح بسرعة مضاعفة (v_b) (ع ب) . انظر شكل (٣ - ١٤ أ) .



شكل (٣ - ١٤) حفظ كمية الحركة الخطية تسمح بكرتين فقط بالحركة .

(أ) كرة واحدة تتحرك بسرعة متجهة (طبقا لقانون حفظ الطاقة) .

ب - كرتان كل منهما كتلته (m) قد تنزاح بسرعة متساوية للمقدار (V_b)

(ع ب) - انظر شكل (٧٨ ب) .

ولمعرفة اصح الاحتمالين نلجأ الى قانون حفظ الطاقة .

طاقة الحركة قبل التصادم ، وواضح ان احدى الاحتمالين هو الذى يحدث الطاقة الحركية قبل لحظة التصادم ($K. E_b$)

يساوى $mv^2_b = 1/2\ (2m)\ V_b^2$

(حيث ان كرتين تسقطان ولايوجد اى شكل من الطاقة مستحدثة) .

ان هذا يعنى ان الطاقة الحركية بعد عملية التصادم

$K.E\ a = mv^2_b$

اذا حدثت الظاهرة (أ) فان $V_a = 2V_b$

وتكون :

$K.E.a = 1/2\ m\ (2v_b)^2 = 2mv^2_b\ K.E._b$

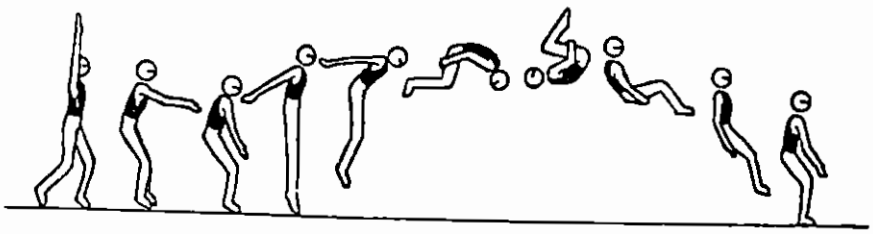
اذا حدث هذا فى الظاهرة (أ) فان قانون حفظ الطاقة يكون لا مبرر له ولذلك فان هذه الظاهرة (أ) لا يمكن حدوثها .

اذا حدثت الظاهرة (ب) فان : $V_a = V_b$

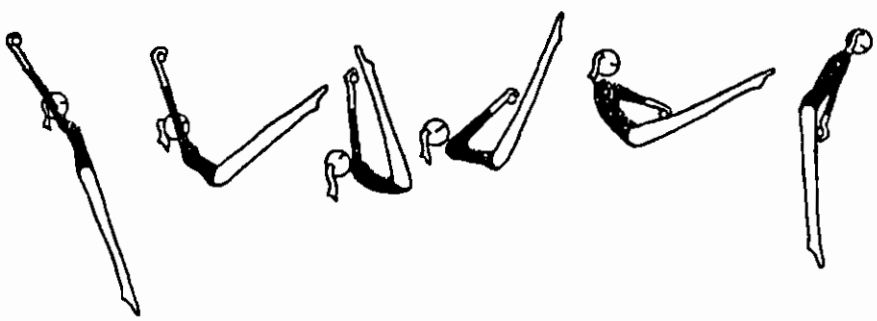
والتى تسمح بتساوى الطاقة الحركية $K.E.a = K.E.b$ فان هذا يكون له ما يبرره طبقا لقانون حفظ الطاقة ، ويجب ان تحدث الظاهرة (ب) ، ولذلك ترتفع كرتان بعد التصادم .

ان هذا المثال ذا أهمية ، وغالبا يحدث مثلها اثناء أداء مهارات الجمباز . أن كمية الحركة الخطية قد يحتفظ به . ولكن هذا لايمنع من انتقالها خلال أداء المهارة . وتوجد مشاهدات على إنتقال كمية الحركة من الأرجل الى الجذع ولكن ذلك الأمر لا يمنع كمية التحرك الخطية ، خلال أداء المهارات ، يوجد انتقال لكمية التحرك من جزء

الي جزء آخر من الجسم . فعلى سبيل المثال : استخدام ارجحة الذراعين عند الارتقاء لأعلى لانهاء الدورة الامامية ، وايضا فرملة الرجلين والتى تساعد في رفع الجسم لأعلى لانهاء الكب على العقلة وجهاز العارضتان المختلفتا الارتفاع ، انظر شكل (٢٩) ، (٣٠) .



شكل (٢٩) الدورة الهوائية اماما بالطريقة الروسية توضح كمية التحرك وقانون حفظ الطاقة بواسطة تحويل كمية التحرك من الذراعين الى كل الجسم



شكل (٣٠) الكب من المرجحة للارتكاز على جهاز العارضتان المختلفتا الارتفاع - توضيح لانتقال كمية التحرك من الرجلين الى الجذع .

توافق القوى

Coordination of Forces

يجب على الرياضى ان يوجه بدقة سلسلة من مفاهيم تطبيقات القوى لانجاح مهارات الجمباز ، وسرعة النشاطات الداخلية تتطلب سيطرة دقيقة على القيم والمتغيرات الداخلية لانجاز افضل للاداء المهارى ، خطأ صغير فى الدقة يمثل الفرق بين الاداء الجيد المثالى والاداء غير الجيد .

قدرة المدرب للمراقبة والتصحيح المناسب للاخطاء يحتاج الى خبرة جيدة وتفهم واضح لميكانيكية المهارة ، وتفهم الرياضى الواضح يمثل حالة من التطور .

فيما يلى بعض الارشادات المفيدة للمدرب .. ؟

(١) عندما تشترك عدة اجزاء من الجسم في انجاز مهارة معينة ، فعلى الاجزاء الكبيرة فى الجسم الاداء قبل بدء فعل الاجزاء الصغيرة ويعتبر هذا هاماً فى انجاز المهارات المتضمنة على القفزات مثل شقلبة اماما متبوعة بدورة هوائية .

(٢) لانجاز اقصى اثر فان المدى للمشاركة من اعضاء الجسم ومفاصله يجب ان تندمج بشكل متكامل للانتاج النهائى للاداء المتقن للمهارة ، بالاضافة الى كمية القوة وزمن الاداء لكل عنصر لما لها من اهمية للنجاح .

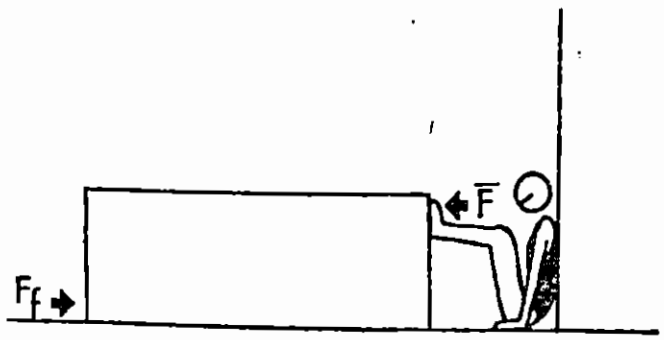
(٣) اتجاه القوى يجب ان يؤدى بدقة . لاعبى الجمباز احيانا ينتج منهم بعض الاخطاء ، مثل حركات اللف المبكرة جدا ، التقوس فى الوقت الخطأ ، أو فى الزاوية الخطأ ، او فى المكان الخطأ ، هذه نماذج للاخطاء اليومية التى يقع

فيها لاعبى الجمباز . تبدو هذه الاخطاء كبيرة ولكن لاتنخدع ، فاحيانا لاعبى الجمباز ذو المستوى العالى بامكانهم الأداء الذى يؤدى الى التصحيحات المناسبة ، غالبا اللاعبون المهرة يرتكبون هذه الاخطاء بشكل ما ، ولكنهم قادرون على اداء انجاز ممتاز . وعلى كل حال فان اصلاح الاخطاء الصغيرة غالبا ما يقود الى سيطرة اقوى وجهد اقل للاعب الجمباز .

الاحـــتكاك والمـرونـة

Friction and Elasticity

الاحتكاك هو القوة الناتجة عن مقاومة حركة سطح لسطح آخر،وتتجه قوة الاحتكاك دائما عكس اتجاه الحركة على السطح .



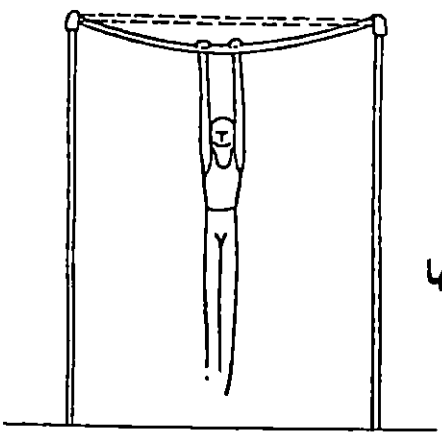
شكل (٣١) قوة الاحتكاك هى مقاومته لقوة الحركة للصندوق على الارض – لاحظ اتجاه الصندوق يكون عكس اتجاه القوة .

ويلعب الاحتكاك غالبا دورا هاما في انجاز مهارات الجمباز للتحرك افقيا مثل الجرى او القفز . فالمتجه الافقى للرياضى مدفوع برد فعل قوة الاحتكاك الذي يعمل علي التقدم الحقيقى للاعب الجمباز .

بدون قوة الاحتكاك الناتجة عن اتصال اللاعب سواء بالقدمين او اليدين مع المرتبة او سطح الجهاز لن تكون هناك حركة افقية ممكنة .

عامل آخر وهو العامل الداخلى للجسم والذى يؤثر في انجاز المهارات هو مرونة اجهزة الجهاز . والمرونة هى خاصة المادة التى تسمح لها بالعودة الى شكلها الطبيعى بعد الضغط . ومن المعروف أن المواد تختلف فى درجة مرونتها .

قاد فهم مهارات الجمباز والتحليل الحركى الى تغيرات عظيمة في مواد بناء اجهزة الجمباز ، بشكل عام ادت هذه التغيرات الى انتاج مرونة اكبر للادوات لتناسب الاداء المهارى للاعبى ذوى المستويات العليا .



شكل (٣٢)
تغييرات الأجهزة الحديثة تتضمن زيادة مرونتها
لتحقيق الأداء الأمثل لكلا الجنسين

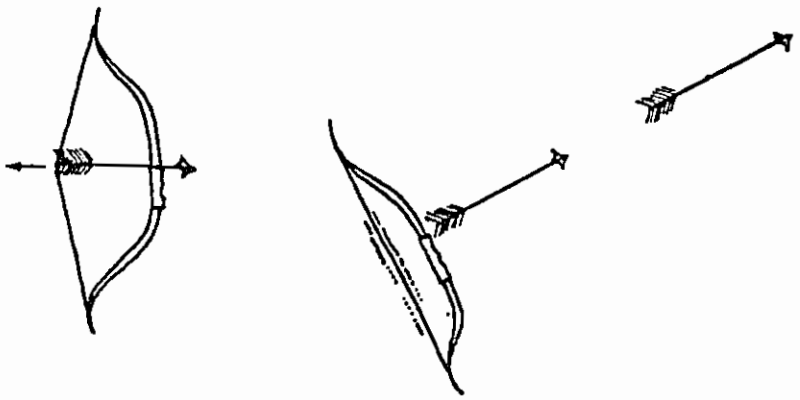
يجب ان تكون المادة تحت الضغط (P_T) وتقاس بالوحدات القوة / وحدة المسافة

معادلة (١٠١٩) بالنيوتن لكل متر مربع (Pressure) $P_T=F/A$

حيث : (ح)(P_T) = الضغط ، (F) القوة المطبقة (A) المسافة

وهذا الضغط يدعى الضغط المرن . عندما تزال القوة تعود المادة الى حالتها الطبيعية ، تطبيق القوة يدعى بالتحميل او التقليص ، والعودة الى الحالة الطبيعية يدعى الاستقرار او السكون ، عندما يزال الحمل تكون الاداة او المرتبة لديها السعة للقيام بعمل لانها يجب ان تعود الى الشكل الطبيعى ، هذه السعة للمادة والتى

تساعد على القيام بعمل ما تسمى بطاقة الجهد ، وحسب قانون بقاء الطاقة تتحول طاقة الاجهاد الى شكل آخر من الطاقة بينما المادة تعيد تخزين طاقتها . وتتغير طاقة الاجهاد هذه الى طاقة حركة او طاقة وضع .علي سبيل المثال عند انطلاق السهم من القوس يحتوى كليهما طاقة حركة وطاقة وضع . خلال فترة السكون يتحرك السهم افقيا محتويا طاقة حركة ،وعموديا متضمنا طاقة وضع ،



شكل (٣٣) تحويل طاقة مرونة الأجهزة (الإجهاد)
من ظاقة وضع الى طاقة حركية

ملخـــص

القانون الاول لنيوتن

كل جسم يبقى على حالته من سكون او حركة منتظمة في خط مستقيم مالم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالته .

القانون الثانى لنيوتن

معدل التغير في كمية الحركة تتناسب تناسبا طرديا مع القوة المؤثرة لهذا التغير ويكون في اتجاه عمل القوة

القانون الثالث لنيوتن

لكل فعل رد فعل مساوى له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه .

قانون حفظ الطاقة : الطاقة لاتفنى ولاتستحدث من العدم .

قانون حفظ كمية التحرك الخطية : Conservation Law of Linear Momentum

كمية التحرك اخطية في نظام معين ثابتة الا اذا اثرت عليها قوة خارجية غير متوازنة على هذا النظام . ويمكن تحويل كمية التحرك الخطية .

التسارع Acceleration = $\frac{\text{التغير فى السرعة}}{\text{الزمـــــن}}$ $a = \Delta v / \Delta t \ (m / sec^2)$

الازاحة Displacement (d) = هى التغير فى الموقع (m)

الطاقة Energy = هى القدرة علي القيام بعمل ما (J)

القوة Force = دفع او سحب

$$F = ma = \frac{\Delta mv}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m \Delta v}{\Delta t} \ (nt)$$

السقوط الحر : Free Fall

$$h_{max} = h_o + V_o^2 / 2g \quad (m)$$

$$T_{tota} = v_o / g + \sqrt{2h_o / g + v_o^2 / g^2} \ (Sec)$$

قانون الجاذبية : Gravitational Law

$$F_{grav} = G \frac{m_1 m_2}{d^2} \ (nt) \text{ with } G = 6.67 \times 10 = \frac{nt \cdot m^2}{Kg2}$$

Impulse $F.t = \Delta\ m.v\ (Kg\ .m/sec)$

Inertia القصور الذاتي (الانتقال) المقاومة للحركة الخطية .

طاقة الحركة : طاقة الاداء $K.E. = 1/2\ m\ v^2 \quad (j)$

كتلة الجسم (m) mass : قياس انتقال القصور الذاتي (Kg) .

كمية التحرك Momentum : قياس الحركة $P = m . v\ (kg . m/sec)$

طاقة الوضع : طاقة الانفصال (في الوضع الرأسي)

$P.E. = m\ g\ \Delta d \ (j) \ (d \text{ vertical})$

القدرة : معدل الشغل المبذول $P = W / \Delta t \quad (watt)$

الضغط : القوة لكل وحدة مساحة $P_T = F / A = F / d^2\ (n / m^2)$

حركة المقذوف : $d_{max} = V_{hort} \cdot T_{total} + d_o$

السرعة المتجهة : معدل التغير في الازاحة بالنسبة للزمن .

$v = \Delta d / \Delta t \quad (m / sec)$

الوزن : قوة الجاذبية على الجسم $W = m. g.$

الشغل : قوة تتحرك باتجاه معين لمسافة $W = F. \Delta d. \quad (j)$