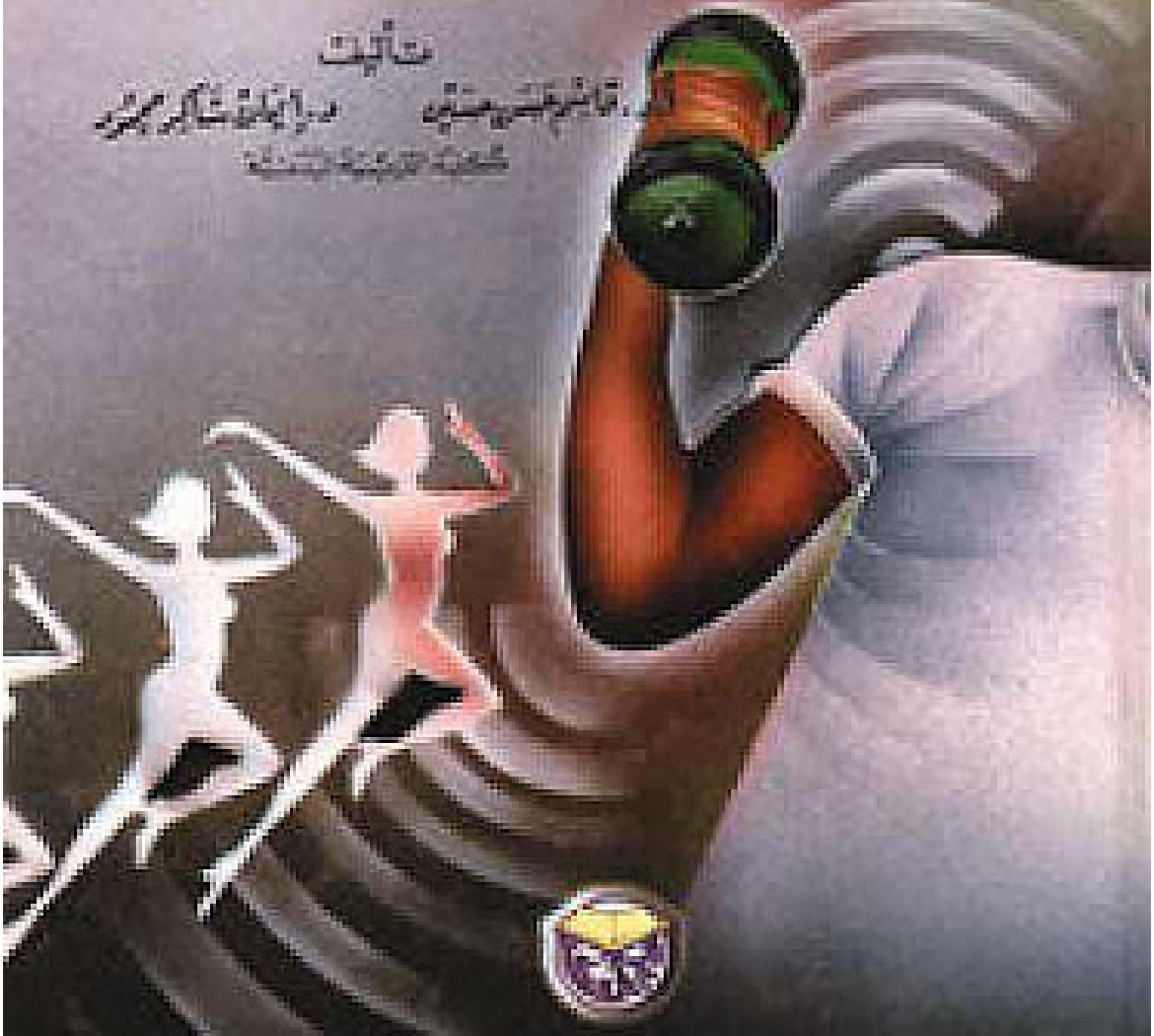
مبادئ الأسس الميكانيكية

للحركات الرياضية



تأليف

د. قاسم حسن حسين د. إيمان شاكر عبيد

مبادئ الأسس الميكانيكية للحركات الرياضية

تأليف
أ.د. قاسم حسن حسين د. إيمان شاكر محمود
كلية التربية البدنية

دار الفكر
للطباعة والنشر والتوزيع

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

المحتويات

- المقدمة التمهيدية 11

الباب الأول: علم البيوميكانيك. 17

- **الفصل الأول: ماهية علم البيوميكانيك.** 19
- المدخل إلى علم البايوميكانيك. 25
- علاقة البيوميكانيك بالعلوم الأخرى. 29
- الحركات الأساسية وعلاقته بالنظام الحركي لجسم الإنسان. 31
- واجبات البيوميكانيك. 36
- التحليل الميكانيكي. 41
- **الفصل الثاني: الحركة** 48
- المبادئ الميكانيكية للحركات الرياضية. 48
- نسبية الحركة 53
- النظام الاحداثي. 54
- المستويات التشريحية للحركة والمحاور. 56
- أنواع الحركات. 59

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

- **الفصل الثالث: العمل العضلي** 62
- الحركة والعمل العضلي. 62
- التركيب البنائي والوظيفي للعضلات. 63
- أنواع الانقباض العضلي. 77
- علاقة التمدد (طول العضلة بمقدار الشد) 79
- تأثير الجاذبية الأرضية والقوى الخارجيةعلى العمل العضلي. 80
- المفاصل. 81
- حركات المفاصل بالنسبة للمستويات التشريحية 86
ومدى حركة كل مفصل. 89
- العظام. 95

الباب الثاني:الجاذبيةالأرضيةومركزثقل الجسم. 97

- **الفصل الأول: الجاذبية الأرضية.** 97
- ماهية الجذب الأرضي. 101
- مركز الثقل. 105
- طريقة تحديد مركز الثقل. 113
- التوازن. 115
- أنواع التوازن. 120
- أسس درجة الثبات. 123
- مقاييس درجة الثبات. 126

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الفصل الثاني: الروافع. 126
- ماهية الرافعة. 126
- أنواع الروافع. 132
- الروافع والعمل العضلي لجسم الإنسان. 136
- مزايا طول ذراع الرافعة في الجسم البشري وعيوبه. 146
الباب الثالث: الكينماتيك 153
الفصل الأول: الكينماتيك المستقيم (الخطي) 155
- المسافة والإزاحة. 155
- الكميات القياسية والمتجهة. 157
- السرعة Sp: 158
- السرعة المتجهة V. 161
- تحليل السرع 172
- التعجيل. 174
- السرعة والدقة في الأداء الحركي. 186
- **الفصل الثاني: الكينماتيك الزاوي (الدائري)** 189
- المسافة والإزاحة الزاوية. 189
- السرعة الزاوية. 194
- التعجيل الزاوي. 198
- ميكانيكية الحركة الزاوية. 201

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

- **الفصل الثالث: المقذوفات** 205
- السقوط الحر. 205
- المقذوفات على شكل منحنى. 215

الباب الرابع: الكينتيك. 233

- **الفصل الأول: الكينيتك المستقيم (الخطي).** 235
- القوة. 235
- القوة وقوانين نيوتن. 241
- كمية الحركة والدفع. 252
- التأثير المتبادل للقوى الداخلية والخارجية. 258
- قوة الاحتكاك. 260
- التصادم. 269
- الشغل. 271
- القدرة. 276
- الطاقة. 280
- حفظ كمية الحركة. 285
- **الفصل الثاني: الكينتيك الزاوي (الدائري).** 286
- القوى المزدوجة. 286
- عزم القصور الذاتي. 287
- انتقال كمية الحركة الدورانية. 295

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

- التغير في كمية الحركة (الزاوية) الدورانية. 296
- ضغط كمية الحركة الدورانية. 298
- الطاقة الحركية الزاوية. 300
- القوة الطاردة والمركزية. 301

الباب الخامس: السوائل. 307

الفصل الأول: ميكانيكية السوائل. 309

- الكثافة. 309
- قابلية الضغط وقوى الطفو. 310
- قوى الدفع المائية. 315
- قوى الدفع. 316

الفصل الثاني: الأسس الميكانيكية وتطبيقاتها في رياضة السباحة. 319

الباب السادس: المبادئ الحركية والقواعد الميكانيكية. 332

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

المقدمة التمهيدية

اهتم الباحثون منذ مطلع القرن الحالي بدراسة حركة الإنسان بشكل عام ، واستناداً إلى الأسس العامة لهذه الحركة وفق القوانين الطبيعية بدأ المختصون في مجال التربية الرياضية بدراسة أنواع الحركة وأشكالها والقوى المسببة لها .

ولا شك في أن الحركة هي الوسيلة الوحيدة لإنجاز الفعاليات الرياضية ، ويختلف نوع الحركة من فعالية لأخرى تبعاً لطبيعة الفعالية وشكلها ، وعلى ضوء ما جاء به المختصون فإن هناك الحركة البسيطة والمركبة والحركة التي يؤديها جزء واحد في الجسم ، أو ما يؤدى باشتراك أجزاء متعددة منه ، وبناء على ذلك فإن المسار الحركي للفعالية هو الذي يحدد طبيعة الحركة المؤداة ، ففي بعض الحركات لا تشترك اجزاء معينة من الجسم وباتجاه معين ، وينسحب هذا القول على مختلف فعاليات الرمي في ألعاب القوى (الساحة والميدان) ، وفي الوقت نفسه نجد أن سباحة الصدر تؤدى بشكل مختلف عن سباحة الفراشة ، ويكون الاختلاف متمثلاً في اتجاهات القوى المستخدمة لإتمام الحركه فضلاً عن مقاديرها ، انطلاقاً من مبدأ أن الحركة سواء أكانت في الحياة العامة أم في المجال الرياضي بأنها تأثير متبادل بين القوتين الداخلية والخارجية ، والتي يتطلب الأمر في السباحة سرعة 10 م/ث باتجاه تيار الماء في قوة معينة ، بينما تكون القوة المطلوبة للسباحة بالسرعة نفسها لكن عكس تيار الماء ، يفهم أن نسبية الحركة تتوقف على

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الفعالية التي تؤدى ، أو النشاط الرياضي من حيث القوى العضلية المبذولة ، واتجاه تلك القوى والظروف المحيطة بأداء الفعالية ، والتي تتمثل بالقوى الخارجية المؤثرة فيها ، فنجد أن رمي القرص في ظروف تكون الريح فيها مع اتجاه حركة القرص يتطلب تحديد مسار قوى الرامي باتجاه معين ، ومسار القرص نفسه من حيث الزاوية التي ينطلق بها ، بينما تختلف الزاوية التي ينطلق بها عند رميه عكس اتجاه الريح ، ومثال آخر من لعبة كرة القدم عندما تتم في أرض اعتيادية ، وعندما تتم على أرض زلقة أي يقل فيها الاحتكاك ، كما يحدث أثناء هطول الأمطار ، ففي الحالة الأولى ينبغي التحكم بحركاته وكذلك حركة الكرة بشكل مختلف عما لو كان معامل الاحتكاك قليلاً كما في حالة الأرض الزلقة ، فيجب عليه أن يغير من أوضاع جسمه لأداء الضربة مثلاً أو لاستقبال كره أو عند تغيير اتجاهه بشكل سريع .

لذا تخضع كل حركة في أدائها إلى مجموعة من المتغيرات ، وما أن يتم أداء الحركة وفق هذه المتغيرات بشكل جيد حتى تظهر بشكل جيد أيضاً ، ففي أغلب حركات الجمباز أو السباحة أو ألعاب القوى تتكون من مجموعة متسلسلة من الحركات ، ولكل حركة من حركات أجزاء الجسم أهمية خاصة ، وإذا تمت جميع حركات أجزاء الجسم بتناسق تام وبتوقيت دقيق فإن ذلك يؤدي إلى الأداء الجيد ، وعلى العكس إذا كانت أجزاء الجسم تعمل بشكل غير متناسق ، فإن ذلك يؤدي إلى إظهار الحركة بشكلها الجيد ، وهذا ما نشاهده لدى السباحين الحديثي العهد بالسباحة . إن حركات الذراعين تكون محكمة بقوانين ميكانيكية معينة من حيث العمل العضلي للمجاميع العضلية العامله والقوانين الميكانيكية التي يحدها الاستغلال الجيد أثناء السباحة يجب أن تكون بمسارات حركية تتفق وطبيعة نوع التكتيك الذي يؤدى بما يتلاءم وإمكاناته البدنية ، وفي الوقت نفسه تكون حركة الذراعين جزءاً متسقاً مع الأجزاء الأخرى في الجسم ، وينطبق القول نفسه على حركات الرجلين والجذع والرأس من حيث المحاور التي تتم حولها الحركة ، والتنسيق بين المجاميع العضلية المشتركة في الأداء لتوفير التبادل بين الانقباض والانبساط محققين مبدأ الاقتصاد في الجهد ، لاستمرار العمل لفترة

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أطول مستثمرين القوى الخارجية المؤثرة استثماراً أمثل من حيث العمل العضلي والروافع وتحريكها بالزاوية المعينة ، وبالمدى الحركي الذي يتلاءم وطبيعة الحركة المؤداة .

إن الاهتمام بالتكتيك ومحاولة الوصول إلى الأمثل منه ، ودراسة مسببات الأداء جعل المهتمين يدرسونها من حيث شكلها العام (الخارجي) ، ومن حيث مكان الحركة وزمانها وانسيابيتها (الوصفي- الكينماتيكي) لمقارنته مع أداء آخر ، وهناك من اهتم بمسببات الحركة أي القوى التي تسهم في اجزاء الحركة ، وقد تم وضع القوانين المتعلقة بذلك مثل قوانين نيوتن التي تمدنا بتفسير الظواهر الحركية مستندين على الأسس العلمية ، حيث قاموا بتقسيم الحركة طبقاً للقواعد والأسس الميكانيكية إلى ثلاث تكمن في الفراغ الذي تتم فيه الحركة ، والمستوى المؤثر في الحركة ، وزمان حدوثها ، وصنفوا الحركات من حيث الديناميكية ، وتعني الحركات التي تؤثر فيها القوى الخارجية (مركز الثقل) ، والداخلية (القوى العضلية) ، وارتباطها بأسس الميكانيكا وقوانينها ، أما الحركات الثابتة (الاستاتيكية) التي تعني أن محصلة القوى الخارجية المؤثرة تساوي صفراً حيث إن كل وضع خامد يعني متوازناً تعجيله صفر ، والقوى المؤثرة تساوي صفراً أيضاً عندما يقع مركز الثقل داخل قاعدة الارتكاز في اللحظة التي يخرج منها فإن الجسم يفقد توازنه ، فعندما يقف العداء في البداية المنخفضة متوازناً حتى يتم حركة انطلاقه باتجاه خط النهاية يطلب منه توازن قلق أو درجة ثبات قلقه على أساس ثبات الظروف الخارجية كالريح مثلاً ، وبفضل القوى العضلية (الداخلية) يحافظ العداء على توازنه ، ويحصل على الثبات الكبير والمطلوب في الإعداد ليؤمن إمكانية حركته بعد انطلاقه بمدى واسع وبدقة نتيجة للتوازن القلق ، أي هناك استقرار للجسم يجب أن يكون قليلاً ليحصل على السرعة التزايدية اللازمة لتعجيل حركته ، والحصول على السرعة القصوى من خلال تحويل درجة استقراره القليلة ، والتي تستمر باستمرار ثني جذعه إلى اتجاه الحركة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

بينما في حركات الرمي نجد الرامي يحافظ على توازنه بدفع الحوض إلى الخلف لأن الجذع بحركته إلى الأمام يسحب مركز الثقل إلى الأمام ، والذي يقع على ارتفاع 56٪ تقريباً في طول الجسم يقع هنا خارج أصابع القدم ، مما يؤدي إلى اختلال توازنه وسقوطه إلى الأمام ، لذا يجب أن تقترن حركة الجذع بحركة الحوض لإبقاء مركز الثقل بين قدمي الرامي ، فعند رامي المطرقة يأخذ وضع الجلوس لخلق العزم اللازم حول الحجر الطولي ، ويزداد دورانه بازدياد السرعة التي يكون تأثيرها أكبر نظراً لابتعاد رأس المطرقة عن محور الدوران (لطول نصف قطر الدوران) ، وتتحكم هنا قوتان ميكانيكيتان الأولى الطاردة والثانية المركزية ، لذا كانت أهمية معادلة القوتين لانطلاق المطرقة بزاوية وبارتفاع مناسبين لتحقيق المسافة الأكبر ، وبسرعة عالية حيث إن زيادة 10٪ في سرعة المطرقة تجعل الرامي يحصل على مسافة 40 قدماً زيادة عند هبوط المطرقة في مستوى مختلف عن مستوى انطلاقه ، وهذا نوع من أنواع المقذوفات التي سيتم تناولها مفصلاً .

كما أن للعلاقة المتزنة بين مركز الثقل ، ووضع أجزاء الجسم أهمية في دراسة المحاور والمسطحات ، أو المستويات في الحركات الرياضية ، فعند النهوض يكون الجسم موازياً للمستوى الأمامي ، وعند طيرانه يكون على المستوى الجانبي وحول محوره أيضاً ، كذلك في فعاليات الجمباز عند القلبات الهوائية الخلفية ، بينما في حركات رمي القرص يتم دوران الجسم على محاور مختلفة ومستويات أخرى ونأخذ الرمح مثلاً حيث يتم الدوران حول المحور العميق له ، وهو ضروري لغرس الرمح في نهاية تحليقه ، أما دورانه حول المحور الجانبي فهو ضرورة أيضاً لتثبيت الرمح وعدم تذبذبه في تيارات الهواء ، لذا فإن وصف الحركة للجسم أو الأداة أمر مهم في دراسة الأسس الميكانيكية للحركات الرياضية المختلفة التي يصعب دراستها بدون استخدام الأجهزة التقنية المرئية لتحليل الحركة تحليلاً ميكانيكياً دقيقاً من خلال عمليات التصوير السينمائي لأوضاع

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الجسم ، والتي تمدنا بوساطة طرق البحث العلمي في الوقوف على نواقص الأداء لتقويمها ، لأن الجهاز الحركي للإنسان يمتاز بقدرته على الامتداد ، وبأنه متحرك داخلياً ، لذا فإن استخدام المسارات لجميع أجزاء الجسم ، أو لمركز الثقل يتطلب إلماماً بالتحليل وبالحركات المحللة أصلاً لإيجاد منحنيات خصائصية للسرعة ، والتعجيل والقوة طبقاً لمسارحركتها .

أما قوى التسارع (التعجيل) فهي كميات ميكانيكية متجهة يمكن التعرف عليها من خلال التحليل الميكانيكي الذي يتطلب معرفة القيمة والاتجاه ، ويؤديان دوراً حاسماً في الحصول على نتائج جيدة ، فعند الوثب العالي تسلط قوة فعل معينة إلى الأرض ليحصل على رد فعل معاكس يحلل إلى مركبتين إحداهما عمودية والأخرى أفقية ، وبزاوية نهوض مناسبة و تعد حقيقة مهمة ورئيسية في تحديد مسار المقذوف إلى العارضة ، أي هناك تغلب على القصور الذاتي للجسم بتغير أوضاعه ، وتسليط قوة معينة باتجاه معين ليكتسب التعجيل المناسب باتجاه العارضة .

أما في حركات الدوران والتي نجد أن عزم القصور الذاتي في الأسس الميكانيكية المهمة المؤثرة في سرعة الدورة وتناقصها ، حيث إن انضمام الذراعين إلى الصدر في القلبات الهوائية يزيد من سرعة الدوران بتقريب مراكز ثقل الأعضاء من مركز ثقل الجسم ، كذلك في حركات الدحرجة الأمامية فإن مركز الثقل فوق نقطة التماس ، وأهمية تقريب مراكز أثقال الأعضاء أو الأجزاء من مركز ثقل الجسم لزيادة سرعة الدوران ، والتغلب على التأثير السلبي للجاذبية الأرضية وإكمال أداء الحركة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

كما أن فهم القوانين الميكانيكية يسمح أيضاً بإيجاد حلول جديدة للإعداد ، وكذلك فإنها تعمل على أن تكون الفترة التعليمية قصيرة ، وبالتالي إيجاد مقدرة ممتازة ، من خلال التحليل الميكانيكي يمكن التوصل إلى حالات جديدة وملائمة لتطوير الأداء الفني ، وتحقيق مبدأ الاقتصاد بالجهد ، لذا فالبيوميكانيك جزء من علم التربية الرياضية ، وتطوره جاء تتمة للأبحاث المختلفة في العلوم الأخرى كمحاولة لتقدم المستوى ، والتغلب على القصور العلمي في هذا المجال بخاصة .

لذا نهدي هذا العمل للمهتمين : باحثين ودارسين ومدرسين ومدربين وطلاباً ورياضيين .

وفقنا الله لما فيه خير البشرية .

أ. د. قاسم حسن حسين

دكتورة إيمان شاكر محمود

جامعة الفاتح 1419-1998

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الباب الأول

علم البيوميكانيك

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الفصل الأول

ماهية علم البيوميكانيك Biomechanics

- البيوميكانيك علم دراسة القوانين العامة للحركة والتأثير الميكانيكي المتبادل بين الأجسام .

والحركة هي إزاحة لجسم بالنسبة لجسم آخر في الفراغ والزمن ، والتأثير الميكانيكي هو ذلك التيار المتبادل بين الأجسام الذي يغير أو يحاول تغيير طبيعة الحركة .

والميكانيكا علم من أقدم العلوم ، نشأ وتطور لتلبية المتطلبات العملية في البناء والزراعة والصناعة ، وترك الأشوريون والبابليون والمصريون والفينيقيون آثاراً في ذلك . على أن الحضارات القديمة كانت على إلمام بأسس الميكانيكا . وهو في حقيقته علم تجريبي يتطلب عصور طويلة ، وبذل مجهود كبير حتى تحول إلى صيغة قوانين كانت أساساً لعلم الميكانيكا الحديث .

ثم بدأ ارسطو (384-322 ق .م) عملية تقسيم العلم إلى علوم منفصلة ، يبحث كل علم في فرع معين من فروع المعرفة الإنسانية ، ولقد أطلق على أرسطو اسم الرائد الأول للعلوم المتعلقة بحركة الإنسان ، حيث كانت مؤلفاته «أجزاء الحيونات» تضم مراحل النمو الحركي ، وتتضمن جميعها وصفاً للعمل العضلي مع تحليل هندسي لحركة العضلات ، ويعتبر أرسطو أول من وصف حركة المشي ، حيث وصفها بأنها تحول الحركة الدائرية الناتجة عن عمل المفاصل إلى حركات انتقالية ، وعلى الرغم من هذا التاريخ القديم فقد تعرض أرسطو أيضاً إلى «مركز الثقل» ، وقوانين الحركة والروافع على حركة الأجسام ، وحاول أن يوجد أسباب الحركة ، وكتب عن علاقة سرعة السقوط في الفراغ بوزن الجسم . بعد أرسطو جاء أرخميدس (287-212 ق .م) الذي

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

يعتبر مؤسس علم الميكانيكا بوصفه فرعاً منفصلاً (مستقلاً) ، كما وضع دراسة عن مركز ثقل الأجسام علاوة على اكتشافه لقانون الضغط الهيدروستاتيكي للسوائل على الأجسام المغمورة فيها ، والمعروف بقانون أرخميدس ، وقد حافظت هذه العلوم على محتواها إلى وقتنا الحاضر في تحليل حركات السباحة ، وفي رحلات الفضاء ، ووضع ذلك كله في مؤلفه «أسس قوانين الميكانيكا ومبادئها» .

جاء بعده في القرن الثاني الميلادي العالم والطبيب المشهور (جالين 131-202م) ، وهو روماني في عالم بحركات الطبيعة والتشريح ، وساهم في وضع الطرق التجريبية لدراسة الحركة ، وبرهن على أن الدفع الحركي للإنسان ينتقل من المخ إلى العضلات بواسطة الأعصاب . والأعصاب بدورها تؤثر في عمل العضلات التي تتقلص وتسبب حدوث الحركة في المفاصل . كما اهتم بتشريح الجهاز العضلي وكان عمله مقتصراً على الحيوانات (القرود ، الكلاب . . . الخ) لسيطرة الكنيسة الأوروبية . ومنع عن مزاولة أي عمل على جسم الإنسان . كما اهتم برعاية المصارعين القدماء ، وقد وضعه العلماء على رأس قائمة أول أطباء عرفهم العالم ، فيعتبر أول من فرق في أبحاثه بين الأعصاب الحسية والحركية ، وبين الأعصاب والعضلات المتوترة والمرتخية ، وبذلك وصف ما يعرف بالشدة العضلية .

استمرت العلوم في التقدم إلى أن جاء العالم الفيلسوف (ابن سينا(930-1037م) ، وهو أول من درس الجهاز العضلي ، واستعمل التمارين الرياضية علاجاً طبيعياً واكتشف مصطلح الراحة الإيجابية ، وتوصل إلى أن مزاولة التمارين الرياضية تعد النظام الأفضل للحفاظ على الصحة ، وأعطى تحديداً للتمارين الرياضية وتقسيمها . بعده ظهر كثير من الأفكار والعلوم المختلفة كالفنون والطب مما عزز حركة الإنسان ، وتطور علم الميكانيكا في أوروبا في القرون الوسطى بفضل الفنان الإيطالي المشهور(دافنشي 1452-1519م) ، وكان قبله العلماء العرب أمثال (الخوارزمي 780-850 م)

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

(وثابت بن قرة 836-901م) ، (وابن الهيثم 965-1039م) ،(وأبو الفتح بن يونس 1156-1242م) حيث ساهموا في تطور علم الميكانيكا نتيجة للنهضة والازدهار السائد آنذاك في البلاد العربية في الوقت الذي كانت فيه أوروبا تعاني من التخلف والجهل حيث ترجمت أعمالهم ، وقد ترجموا لليونانيين ، وطورت على أيديهم معظم العلوم المختلفة من علم الفلك والملاحة والرياضيات والفيزياء والعمارة .

كان (دافنشي) قد برع في الميكانيكا في العصور الوسطى كما ذكرنا سابقاً ، وفي الهندسة والتشريح والرسم ، وكان من مؤسسي الفن الإيقاعي ، وقد أعطى اهتماماً في دراسة الأوضاع التحليلية على أساس التشريح والميكانيكا ، وقد عرف أن حركات الإنسان تحددها قوانين الميكانيكا ، وذكر أن علم الميكانيكا هو من العلوم المهمة ، وعلى الرغم من سيطرة الكنيسة فقد ساهم في تطور الميكانيكا . كما درس حركة الطيران ، ووضع طرازاً على أساس مشروع لجهاز الطائرة الشراعية ، كما درس قوة عضلات جسم الإنسان ، وبدأ بالتمعن في حركاته التي لها القدرة على الحركة . بقيت أبحاثه سرية بفعل ضغط الكنيسة لمدة تقارب (100سنة) من موته ، ثم ظهر عالم إيطالي معروف هو (شوفان بوريللي 1608-1679م) الذي حدد موضع مركز الثقل ،ودرس ميكانيكية حركة الأجسام الحية ، وكتب أول كتاب في الميكانيكا «عن حركة الحيوانات» شرح فيه الحركة الإيجابية وأهميتها في انتقال الإنسان ، وأعطى ثلاثة أمثلة (الانتقال بواسطة الارتكاز ، الدفع في السوائل أو الهواء ، الانتقال بالتسلق) .

ثم جاء (البيروني (973-148م) ، وهو أول من قال إن الأرض تدور حول محورها ، وكان لهس أكبر الأثر على أبحاث علماء أوروبا في عصر النهضة . جاء بعده (جاليليو 564-1643م) في تقويم الحركة البشرية ، حيث اعتمد على الرياضيات في حل المشاكل المعملية ، ومن نظرياته «الأجسام الساقطة وأثر الجاذبية عليها» ، ولقد كانت نظرياته هي أساس الكثير من القوانين ذات العلاقة بالأنشطة الرياضية ، وخاصة في مسابقات الرمي والوثب ، ونظرياته كانت الأساس لقوانين (نيوتن 1643-1727م) ،

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

واكتشافه قوانين الميكانيكا الثلاث الشهيرة والمعروفة ، وتعد من أهم الإنجازات العلمية ، ويسمى علم الميكانيكا المبني على هذه القوانين ميكانيكا أو الميكانيكا الكلاسيكية .

وقد ظهر في ألمانيا عالمان في وظائف الأعضاء هما (إدورد وفيبر) اللذان طبقا القوانين الميكانيكية حول حركة المشي للإنسان ، وقاما عام (1836م) بنشر ما أسمياه (ميكانيكا آلات المشي للإنسان) ، وكانت النظرية الخاصة بهما متعلقة بطريقة دراسة حركة المشي بملاحظة تمرجح الجذع والحركة البندولية ، وحركة المشي بتأثير قوي الجاذبية الأرضية ، وتبديل الأرجل ، وعلاقة الارتكاز بالجاذبية ، وقد اتضح بعد ذلك على الرغم من جهودهما المتميزة في تحديد الخواص الكمية ، وطرق القياسات إن نظرياتهما تحتوي على بعض الأخطاء وعدم توضيحهما للمفاهيم المعقدة للعمليات الحركية أثناء المشي .

أما إدخال التصوير لحركة الإنسان فقد طور علم البيوميكاتيك العالم الفرنسي شول ماري (1830-1904) باختراعه التصوير المتتابع ، واكتشف طريقة جديدة لقياس السرعة في أداء الحركات (خرونو فو توجراف) ، وقد صور (ماري) حركة حصان وحركة المشي والقفز والركض عند الإنسان يأخذ 12 كادراً لتحليلها في فترات زمنية متساوية ، واخترع بذلة خامة ذات لون أسود يلبسها في المختبر ذات نقاط ساطعة ، ويغطى الرأس أيضاً لقياس حركة نقاط الجسم أثناء الحركة وتسلسلها .

وفي مطلع القرن التاسع عشر عمل العالمان (وليام براون واتوفيشر) على تطوير حركة الإنسان بكونها حركة متشابهة ودقيقة يمكن معالجتها بالطرق الميكانيكية . وقد اكتشفا طريقة جديدة لتحديد مركز ثقل الجسم باستخدام الجثث ، كما قاما باستخدام قانون الديناميكا في احتساب السرعة والتعجيل وتحديدهما مستخدمين أجهزة تصويرية دقيقة ؛ حيث استخدما أربع كاميرات متنقلة لتصوير حركة المشي من جهاته الأربعة ، معتمدين على حركة نقاط الجسم 14 نقطة بارتداء بدلة خاصة مربوط

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

عليها سلك أثناء وصول القوة الكهربائية إليه ، يضيء 26 مرة في الثانية الواحدة ، أما النقاط فهي (الرأس ، الجذع ، والقسم العلوي الذي يضم الكتف والمرفق والكف ، لذراع اليمين واليسار ، ثم القسم السفلي الذي يضم الفخذ والركبة وقدمي الرجلين اليمنى واليسرى) وأن لكل نقطة مركزاً .

وفي القرنين الثامن والتاسع عشر كان من الطبيعي تطوير علم الميكانيكا ، وأن تتفرع منه علوم مثل نظريات المرونة وميكانيكا الغازات ، وذلك من أجل حل الكثير من المشاكل العامة والعملية . حيث كان للتصوير أثره العملي ، كما تبين لنا في منتصف القرن الثامن عشر ، مثل «الالكترجومينوميتر» ، والذي يسمى أحياناً «باكون» ، والذي صمم من (جولينيك كاربوفيش) واستخدم لقياس زوايا المفاصل ، وكان ذا دقة أكثر في التصوير العادي . كما ظهر جهاز «الالكتروجوفينوميتر» والذي صممه «هـ . بيير» في ألمانيا (1910-1912م) في رسالة بحث ، لكنه لم ينتشر إلا في 1925 بواسطة (أ . د ادريان) . واستخدم بعد ذلك جهاز «الالكترونيك ستروبسكوب» وأصبح في الاستطاعة تتبع الحركة والتقاط الصور من البداية ويصل فيها التردد إلى $\frac{1}{\text{مليون}}$ من الثانية .

وصدر كتاب بعنوان (الميكانيكا الحيوية للتمارين الرياضية كوسيلة تربوية عام 1939م) من قبل الأستاذ (ى . أ كويتكوفا) في الاتحاد السوفيتي (آنذاك) ، والذي شغل في معهد التربية البدنية مركز أستاذ في الميكانيكا الحيوية في المجال الرياضي عام 1931م . وكثرت الأعمال في المختبرات لتحليل وضعية حركة الجسم ، وأصدر كتاباً 1938م في ديناميكية التشريح ، وكان للكتاب علاقة بالبيوميكانيك والتشريح والفسيولوجيا ، وساهم (باڤلوف) في اكتشاف العمليات الفسيولوجية للنشاط الحركي للإنسان . ووضع الكثير من الدراسات بحثت في عمليات الإعاقة التي تحدث في الجهاز العصبي المركزي ، ورد الفعل للحركات الإرادية واللاإرادية .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

وواصل العالم السوفيتي (ف .أ بيرنشتاين) أبحاث (براون وفيتشر) في دراسة التوجيه الحركي ودور التدريب الرياضي ، وقد استعمل طريقة مغايرة في دراسة الكتلة والقصور الذاتي لأجزاء الجسم مستخدماً الإحداثيات المكانية للصورة السينمائية . كما طور التصوير المتتبع دائرياً ، وبسط تقييم المقادير المقيسة وإمكانية استخدامها ، وبرهن أن الحركة الكينماتيكية ذات الجوانب المتعددة لها علاقة بنظام الشد العضلي ، ولا يمكن توجيه الحركات دون تصحيح الأخطاء ، وإعطاء الحلول لتحديد الاختلاف بين الحركات الحقيقية للإنسان والخطة المتبعة للتنبؤ من خلالها .

لقد تطور علم الباوميكانيك عما كان عليه سابقاً في بداية القرن التاسع عشر ، واصبحت له اتجاهات مختلفة وواسعة ، وأصبحت الخاصية الموجهة له تهتم بدراسته من الناحيتين العامة والخاصة ، فالعامة تعني اهتمامه بدراسة القوانين العامة لأنظمة جسم الإنسان وحركاته في ميادين الحياة كحركة العامل ،و أوضاع الجلوس الصحيحة ، والقوام الصحيح للمرأة في المشي أو الجلوس ، وطريقة حمل الحقائب أو الأحمال الثقيلة ، وحركة الطبيب وجلوسه أثناء العمليات ، أو حركة رجال الفضاء ، أو ميكانيكية الرقص لحركات الباليه ، أو حركة الجندي ووضع البندقية ، أو الطائرة وحركة الطيار في داخلها ، ووصفها كلها على العموم للحصول على الأكثر إنتاجاً واقتصاداً في الجهد ، أما الخاصة فتعني حركة الإنسان أثناء الفعل الحركي للرياضي للحصول على الهدف المبيت بأسس علمية للوصول إلى النموذج في الحركة والمستوى العالي .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

المدخل إلى علم البيوميكانيك

تمكنت جميع العلوم المختلفة في الوقت الحاضر من إعطاء توضيحات مهمة عن أسباب حدوث بعض الظواهر المحيطة بنا والتي تحدث في الطبيعة بأشكال مختلفة ، فنجد أن طيران المركبات وتصميم الآلات والمكائن وغيرها تعتمد على القوانين العلمية التي اهتمت بدراسة الحركة دراسة علمية وافية بعد فهم أشكال القوى المؤثرة الواجب استخدامها لإدارة الآلة ،لكن الاختلاف بين دراسة طبيعة حركة الآلة التي تكون محكومة بقوانين ميكانيكية ثابتة ،ودراسة طبيعة حركة الجسم (الإنسان) الذي يكون محكوماً في بعض جوانب حركته بقوانين ميكانيكية ثابتة أيضاً ،لكن الاختلاف يكمن هنا في أن الجسم البشري هو كائن عضوي تدخل في حركته كثير من الاعتبارات المتمثلة بدور العلوم المختلفة التي ترتبط ارتباطاً مباشراً أو تؤثر تأثيراً فاعلاً في الحركة ،فعند الوثب إلى الأمام لا يمكن الارتقاء بالمستوى وتحسين الأداء ما لم تكن هناك معرفة تامة بماهية المجموعة العضلية التي تعمل بشكل مباشر أثناء الأداء ، وإلا أصبح التدريب عشوائياً ،وتجربة خاضعة للخطأ مما يكلف وقتاً وجهداً يعود بمردود عكسي على اللاعب نفسه .

وإذا ما أجرينا مقارنة بسيطة للأرقام القياسية في الوقت الحاضر فإننا نجد تطوراً ملموساً في كافة المستويات ،هذا التطور جاء نتيجة الأبحاث المستمرة للحركة ،وظهور الآلات التقنية ودراسة الحركة دراسة وافية من حيث زمانها ،إضافة إلى القوى المسببة في حدوث هذه الحركة .لذا ومما سبق دراسته نجد أن علم البيوميكانيك قديم قدم الحركة منذ كانت الحركة غير مقننة ،بمعنى لا يتوفر فيها جانب الاقتصاد بالجهد للتغلب على المقاومة المعينة بمسار حركي وعمل عضلي بعد ما نكون قد وصلنا إلى التوجيه الحركي الأفضل .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

وعلم البيوميكانيك هو علم يبحث في حركة جسم الإنسان أو الحيوان أو بعض أجزائه بطريقة موضوعية ملموسة سواء على مستوى سطح الأرض ،أو في الماء ، أو الفضاء بهدف تحديد التكتيك المثالي للحركة . ومصطلح البيوميكانيك يتكون من مقطعين أو كلمتين يونانيتين الأولى (Bio) أي الجانب العضوي ، الذي له التأثير المباشر في الحركة (الحياة) ، أما الاسم الثاني (Mechanic) فيعني الجانب الميكانيكي ، أي القوانين الميكانيكية الثابتة التي تحد من الحركة ، وتعني (الآلة) ، وكما نعرف فإنه من أقدم العلوم التي نشأت وتطورت لتلبية المتطلبات العلمية ، وتدل آثاره القديمة على أن الحضارات كانت على إلمام بأسس الميكانيكا .

أما مصطلح البيوميكانيك فقد مر بمراحل تطور كثيرة سارت جنباً إلى جنب مع تطور المادة نفسها ، فعندما بدأت الأنشطة في التربية البدنية التي تخضع للتحليل الحركي من زاوية الميكانيكا البحتة ، وكان الاسم الشائع «التحليل الميكانيكي» ، ثم تطورت المعالجة العلمية للتحليل الحركي ، أطلق عليه «علم الحركة» الذي استعمل ، وما زال ، لوصف المحتوى العلمي المتعلق بتكوين وظيفة الجهاز العضلي- العظمي للإنسان ، وانتشرت بعد ذلك دراسة الأسس الميكانيكية وتطبيقها على حركة الإنسان ضمن نطاق علم الحركة ، لذا بدأ التفكير في اختيار اسم جديد يطلق على العلم الجديد ويعبر عن أهدافه ومحتواه ، واقترحت اسماء كثيرة منها Anthropomechanic, Kinathropology, Biodynamic, Bio Kinetics وغيرها .

وفي عام 1960 عقد أول مؤتمر دولي في ألمانيا الديمقراطية للمهتمين والمشتغلين بالبيوميكانيك بغرض تبادل الآراء (الخبرات) حول الموضوعات الرئيسية وطرق البحث في البيوميكانيك ، وقد تم التعرض إلى النواحي الفلسفية والمادية ومحاولات توحيد الأهداف التي تستمر على أساسها دراسة هذه المادة العلمية ، ولقد خرج المؤتمر

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

بتوصيات هامة خاصة بالتدريس والبحوث في مادة البيوميكانيك ، ومن هذه التوصيات أن يستمر تدريس مادة البيوميكانيك لتحقيق أهدافها ، وأن تعرض المواد التي تساهم في تحقيق أهداف التربية البدنية ، وأن تكون مادة البيوميكانيك الحجر الأساسي في مناهج إعداد مدرسي التربية البدنية . وأصبح هذا المصطلح شائع الاستخدام منذ السبعينات على أنه مجال الدراسة الذي يختص بالتحليل الميكانيكي لحركات الأجسام الحية ، والتي عرفها (هارتز Hatz) بأنه دراسة كل من تركيب الأجهزة البيولوجية ووظيفتها من خلال نظريات الميكانيكا . ويستخدم في هذا المجال أدوات ميكانيكية تقليدية, وتتم الاستعانة بالقوانين والمبادئ الفيزيائية التي تخص أفعال القوى في ضوء الخصائص التشريحية والوظيفية للأجسام الحية .

ظهرت تعاريف مختلفة عن ماهية البيوميكانيك منها :

- دراسة الحركة الرياضية وبالتالي الوصول بالأداء إلى الأفضل من خلال إيجاد التكتيك الأمثل .

- علم دراسة القوانين العامة للحركة الميكانيكية والتأثير الميكانيكي المتبادل على الأجسام الحية .

- هو العلم الذي يدرس القوى الداخلية والخارجية المؤثرة على جسم الإنسان والآثار الناتجة عن هذه القوى .

- يعني تطبيق القوانين والمعلومات الميكانيكية على سير الحركات الرياضية تحت شروط بيولوجية معينة (تشريحية ، فسيولوجية ، نفسية) لأجهزة جسم الإنسان ، فهو يبحث المشاكل (الميكانيكية - البيولوجية) للحركات الرياضية .

- علم يستعين بالقوانين والمبادئ الفيزيائية التي تختص بأفعال القوى في ضوء الخصائص التشريحية والوظيفية للأجسام الحية .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

- هو العلم الذي يدرس الأنظمة الحركية الحية في الطبيعة .

- هو العلم الذي يهتم بحركة الإنسان وتحليلها تحليلاً نوعياً وكمياً لزيادة كفاءة الحركة الإنسانية .

وقد تم تقسيم علم البيوميكانيك إلى فرعين رئيسيين هما :

- الاستاتيكا .

- الديناميكا .

فالاستاتيكا فرع من علم البيوميكانيك ، يهتم بدراسة الأنظمة التي تكون ثابتة الحركة ، أي بمعنى أنها تعنى بالأجسام ذات الحالة الثابتة ، أو ذات السرعة الثابتة .

الديناميكا فرع من علم البيوميكانيك ، تهتم بدراسة الأجسام المتحركة بتعجيل تزايدي أو تناقصي أو الاثنين معاً . وتقسم الديناميكا إلى قسمين أيضاً هما :

- الكينماتيكا .

- الكيناتيكا .

فالكينماتيك تعنى بدراسة حركة الأجسام بالنسبة للزمن سواء كانت الحركة خطية أم دائرية ، لذا تهتم بالجانب المظهري أو الشكلي للحركة مثل المسافة ، الزمن ، السرعة ، الزاوية ، ورسم مساراتها الحركية ، وتوضيح طريقة الأداء التي يقوم بها الجسم .

أما الكيناتيكا فتعنى بدراسة أسباب الحركة والقوى المصاحبة سواء أكانت ناتجة عنها أو محدثة لها ، وتبحث في مسببات الحركة ونتائج الانقباض العضلي وعلاقته بمثالية الأداء .

وفي حقيقة الأمر فإن حدوث الحركة يأتي نتيجة لعمل متبادل بين العمل الداخلي المتمثل بالقوة العضلية للفرد ، والقوى الخارجية المؤثرة من مقاومة الهواء

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

والاحتكاك وحجم أو شكل أو وزن . . . الخ من العوامل المساعدة أو المعيقة ، والتي تعمل معاً في إنتاج الحركة ، لذا فإن البحث في أحد الفرعين عن وضع جسم الواثب العالي وطريقة أدائه دون دراسة القوى الناتجة يعد عملاً بحثياً غير دقيق ، وبعيد عن الموضوعية ، لذا فإن كلا الفرعين يصبان في الميكانيكا أو علم البيوميكانيك الذي يقع تحت مظلة علم الحركة (Kinesilogy) الذي يهتم بالجانب التشريحي والميكانيكي والفسيولوجي لحركة الجسم البشري ، أي عند دراسة تكتيك البداية في 100 متر في ألعاب الساحة والميدان يعتمد على دراسة القياسات الانثروبومترية للراكض بوضع جسمه وأطرافه عند الانطلاق ثم رد فعله يعد عملاً دقيقاً للمتغيرات في ضوء الدراسة .

علاقة البيوميكانيك بالعلوم الأخرى

تطور علم البيوميكانيك في الوقت الحاضر بفعل التطور الكبير للمعرفة والتقدم في صناعة الأجهزة المختلفة ذات العلاقة بتحديد الخصائص والمتغيرات المؤثرة في حركة الرياضي ، ولمعرفة دقائقها التي قد تخفى عن العين المجردة في ملاحظتها لتثبتها ، وما الأرقام القياسية والمستويات العالية في الأداء والتي وصلت إلى درجة متقدمة جاءت نتيجة لدراسة الحركة دراسة وافية من حيث زمانها ومكانها والقوى المسببة في حدوثها والمؤثرة على مسارها الحركي . وإن أهم ما يحتاج إليه العاملون في التربية الرياضية هو دراسة حركة الرياضي ، وتحليلها لمعرفة دقائقها ، وضم النواحي الديناميكية ومكوناتها وقيمها مع دراسة المسار الحركي الهندسي والزماني للوقوف على العوامل المؤثرة على التوازن في الجسم مثلاً عن طريق القوانين التي تطور نظريات التربية الرياضية كأساس للتقويم ، حيث نجد أن البيوميكانيك يعتمد على :-

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

- علم التشريح بصفته علماً يهتم ببناء جسم الإنسان وتكوينه (عظام ، مفاصل ، عضلات ، أنسجة ،أوتار) واعتماد العمل العضلي في الجسم على نظام الروافع في حركاته المختلفة ، فلا بد من معرفة مدغم العضلة كنقطة لتأثير القوة أو المدى الحركي للمفاصل وأنواعه وحركاتها ، مثل حركة الساق والقدم عند الثني أو المد في حركات رفس الكرة وتأثير الثني فيهما على حركات مفصل الورك كمحور للحركة يتميز بأنه من المفاصل ذات الثلاثة محاور ، أي تسمح حركته بالثني والمد والمد الزائد ، فضلاً عن التبعيد والتقريب وحركات التدوير ، لذا فإن الجهاز الحركي هو المعني بشؤون حركة أجزاء الجسم بمختلف أنواعه ، وإن جسم الإنسان يحكمه تكوينه وتركيبه من الناحية التشريحية ، لذا نجد أن دراسة الحركات المسموحة لكل مفصل طبقاً لطبيعته من الأمور المهمة الواجب فهمها فهماً عميقاً .

- الفسيولوجيا : هو علم يهتم بدراسة وظائف جسم الإنسان وأنسجته لأن جسم الإنسان يعمل وحدة واحدة متكاملة ، أي أن هناك بين عمل الجهازين العصبي المركزي والعضلي ، وتطور علم البيوميكانيك يهتم بتطور النظريات المختلفة لفسيولوجية الجهاز العصبي- العضلي .

- الرياضيات والفيزياء : من خلالهما يمكن إيجاد الحلول الكثيرة المتعلقة بقياس جسم الإنسان والدقة في وضع النتائج بإيجاد العلاقة والأسباب التي تؤدي إلى حدوث الحركة من خلال قوانين التعجيل والقصور الذاتي والمقذوفات والاحتكاك والجذب الأرضي وعلم الموائع التي جميعها اهتمت بدراسة النقاط المادية لجسم الإنسان سواء فيزيائية الموائع ذات العلاقة بطوفان الجسم ، أو قوانين الإزاحة ، وسرعة سقوط الأجسام قد ساهمت في الحصول على نتائج ذات نتائج موضوعية ساهمت في تقدم علم البايوميكانيك وتطوره .

- علم النفس : حيث نجد أن العلماء السيكلوجيين دأبوا في دراسة حركة الإنسان لأنها صور مختلفة عن سلوكه الذي يعبر بطريقة غير مباشرة عن نفسية الكائن الحي ،

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

وجميع المعلومات التي حصل عليها من تفسيرات للتركيب السيكولوجي في عملية التعلم هي نتيجة لملاحظة حركة الإنسان في المواقف التعليمية المختلفة .

- كما أن للبيوميكانيك علاقة بنظريات التربية الرياضية لأنه علم تربوي يهتم بإيجاد الحلول ووضع الطرق والنتائج الملائمة والمطابقة لحركات الإنسان للوصول إلى التكنيك الجيد .

- ومن هنا علينا أن نذكر النواحي الأساسية الآتية :-

1- إن أي حركة رياضية مهما كانت دقيقة لها متطلبات بيولوجية وتشريحية وفسيولوجية بدون تمازجها لا تؤدي الغرض الأساسي وهو الحركة الكاملة .

2- لكل حركة رياضية أساس في إنتاج العمليات السيكولوجية المرئية .

3- إن أي حركة هي نتاج لاستعمال الإنسان للقوانين الميكانيكا المختلفة .

4- إن مصدر أي حركة ناتجة عن الجهاز العصبي المركزي وعن طريق الأعصاب يتم تحريك العضلات .

الحركات الأساسية وعلاقتها بالنظام الحركي لجسم الإنسان

جسم الإنسان نظام ديناميكي معقد فهو البناء العظمي والمجال الحركي للمفاصل بالاتجاهات الحركية المختلفة والمتعددة ، فهو المعني بشؤون حركة أجزاء الجسم بمختلف أنواعها ، وإن كل جزء من هذه الأجزاء يسمح بحركات خاصة تتفق وطبيعة المفصل الذي تتم فيه الحركة ضمن الحركات الأساسية التي صنفت طبقاً للأبجدية في اللغة الإنجليزية كالآتي :-

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

1- التبعيد Abduction :

هي حركة جزء الجسم بعيداً عن الخط الأوسط للجسم، مثل تبعيد الطرف السفلي إلى الاتجاه الجانبي وتمكين مشاهدته من الأمام والخلف .

2- التقريب Adduction :

يتحرك جزء الجسم باتجاه المحور الأوسط للجسم كتقريب الطرف السفلي من الخط الأوسط ، ويمكن مشاهدتها من الأمام والخلف وهي عكس التبعيد .

3- الدورانية Cercumduction :

يأخذ الجزء المتحرك مساراً مخروطي الشكل ، قمة المخروط هي المفصل وقاعدة المخروط نهاية الطرف المتحرك ، وهي خليط من أربع حركات أساسية : القبض والبسط والتقريب والتبعيد ، تحدث في مفصلي الفخذ والكتف .

4- الخفض Depression :

وهي حركة لأسفل تتم في حزام الكتف ، وهذه الحركة يمكن ملاحظتها على أحد الجانبين أو من الأمام أو الخلف .

5- التقريب المائل Diagonal adduction :

وهي حركة طرف المفصل على مستوى مائل يمر بالمحور الأصلي للجسم وللداخل مثل حركة الرمي من أعلى الكتف .

6- قبض القدم Dorsiflection :

وهي حركة مميزة لمفصل القدم ، تتم بتحريك السطح العلوي في اتجاه الساق مثل السيطرة على الكره بأسفل القدم .

7- الرفع Elevation :

وهي حركة حزام الكتف وعكسها حركة الخفض .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

8- البسط (المد) Extension :

وهي الحركة التي يتم فيها إبعاد العظام المتحركة بعضها عن بعض ، كحركة السير من فوق الكتف بإبعاد عظمي الساعد والعضد في كامل امتدادهما .

9- التضاد أو التعارض Opposition :

وهي حركة تخص أصابع الإبهام ، وتعنى بتحريك راحة اليد للمس أي اصبع من الأصابع الأربعة كمسك المضرب .

10- الكب Pronation :

وهي حركة تدوير اليد أو اليد والساعد من مفصل المرفق إلى الداخل ، وتتم الحركة حول المحور الأصلي للساعد بحيث تواجه ظهر اليد إلى الأعلى عند الرفع .

11- الدوران Rotation :

وهي حركة الدوران وإن الجزء المتحرك يرسم دائرة أثناء حركته مثل حركة دوران لوح الكتف خلال مرحلة الشد في سباحة الظهر .

12- البطح Supination :

وهي حركة خاصة برسغ اليد أي تدويره من مفصل المرفق لتدوير اليد والساعد إلى الخارج كما في الإرسال من الأسفل في الكرة الطائرة .

أما النظام الحركي فهو يعني الكل المكون لأجزاء الجسم بشكل متكامل ، أو اتحاد الأجزاء المختلفة في المنظومة المسؤولة عن الحركة والتي تعمل لتوليد السرعة وليس القوة .

جسم الإنسان كما أوضحنا يتكون من الأعضاء (الأجزاء) ومجاله الحركي كبير ، وإن القابلية الحركية لها علاقة بمجال حركة المفاصل الأساسية وعدد الأجزاء المشاركة في الحركة ، وفي كل مفصل تكون هناك احتمالات الحركة المتعلقة بالاتجاهات التي يتحرك فيها المفصل ، فمفصل الكتف يمكن أن يدور في ثلاثة اتجاهات ، بينما مفصل الرسغ أو الإبهام له اتجاهات للحركة ، بينما الأصابع لها اتجاه واحد للحركة . ولأجل بحث الحركات الرياضية لا بد من ملاحظة الشروط التالية :-

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

- كثرة الأعضاء (الأجزاء) .

- الإمكانيات الحركية الذاتية للعضو .

- إمكانية تثبيت العضو منفرداً .

لذلك تأتي إمكانية حركية كثيرة ، لكن التوافق بين الأعضاء يشكل صعوبة في سلسلةالكينماتيك* ، ومن أجل أن يقوم العضو الأخير في السلسلة بعمل حركي صحيح طبقاً للهدف المبيت كان لا بد من ترك جميع الحركات المصاحبة والإضافية عن طريق تنظيم عمليات التوافق في الدماغ ، وهذه نقطة مهمة لعلاقة علم الحركة بالبيوميكانيك .

بالنسبة لعلم العضلات في السلسلة الكينماتيكية لا بد من ذكر الملاحظات التالية :-

إن عمل العضلات المعينة (يمكن أن تكون عضلات لمفصل واحد أو أكثر) تتمكن في سلسلة كينماتيكية أن تؤدي حركات مختلفة كثيرة مع العلم بأن التقلص في العضلات هو نفسه في جميع الحالات وهذا متعلق بالنقاط التالية :-

- الاتصال بالمحيط (تعلق أو استناد) .

- الوزن النسبي لأعضاء الجسم المختلفة .

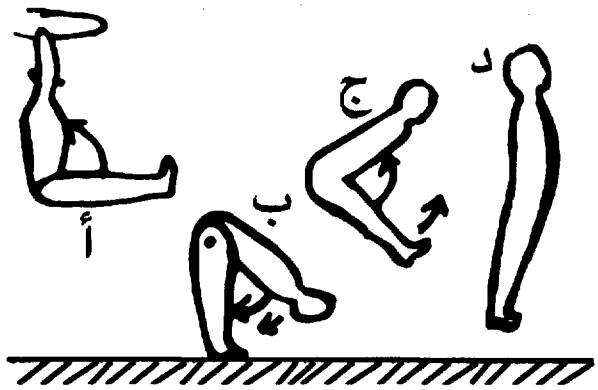
- تأثير العضلات المقابلة والعضلات الأخرى .

يوضح الشكل رقم (1) تقلص عضلات ثني الجذع والحركات التي يمكن أن تتم عن طريق هذا التقلص هي :-

---

(*) وهي سلسلة الأعضاء المتحركة والمرتبطة بالمفاصل الواحدة بالأخرى فتعمل بسلسلة مغلقة (كالوقوف) أو مفتوحة (عندما ينتهي العضو الأخير في الفراغ (كاليد) لاحظ الشكل (2) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل (1)
التأثيرات المتعددة لتقليص عضلة وعلاقة ذلك
بشروط القوى الخارجية والداخلية

شكل (2)
يوضح السلسلة الحركية (دونسكوي) (أ) المفتوحة (ب) المغلقة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

1- رفع الرجلين عندما يتعلق الرياضي .

2- ثني الجذع أماماً في الوقوف (استناداً) .

3- تقارب الجذع والرجلين من بعضهما . عندما يكون الرياضي في الهواء دون استناد .

4- شد مفصل الورك ، وفي الوقت نفسه تعمل عضلات مد الجذع بالشد .

من هذه التأثيرات المختلفة توجد في جميع المفاصل ، إضافة لذلك فإن تقلص إحدى العضلات في مفصل ما يؤثر على حركة مفصل آخر بصورة غير مباشرة على الرغم من أن هذا المفصل غير موضوع في الحركة (الحركات المصاحبة) . فعند تقلص عضلات ثني الجذع يؤدي إلى ثني في مفصل الركبة والقدم ، وإن القضاء على هذه الحركة المصاحبة يتم بالتدريج خلال عمليات التعلم الحركي عن طريق عمل عضلات أخرى . وإن التدريب على تنظيم عمل العضلات والعضلات المضادة لها من أجل أن يكون للحركة شكل جيد وتكون انسيابية في الوقت نفسه .

ونجد في حركة المصارعة (مثل خطف رجل الخصم) يتم بتحديد الزاوية التي سيصنعها في منطقة القوة لسحب الرجل كلها أو خطفها والتي لا تأتي إلا من خلال التدريب والتكرار الموجه لإعطاء الحركة فاعلية أكثر ، ولتوجيه حركة المصارع بشكل دقيق ، والتي لا تتم إلا من خلال تفاعله أيضاً مع المحيط .

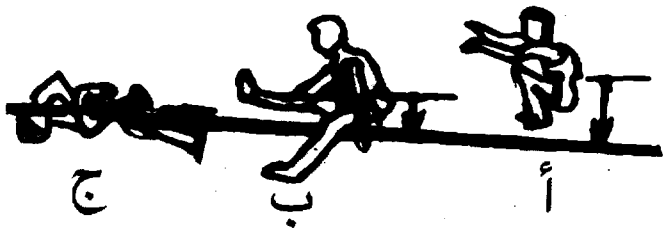
واجبات البيوميكانيك

إن الواجبات العامة للبيوميكانيك تنحصر فيما يلي :-

تحليل ، توضيح ، تعليل ، تحسين وتطوير التكنيك .

فعند ملاحظتنا لتكنيك الوثب العالي في ثلاثة أنواع للوقوف على أيهم يعد اقتصادياً في الجهد المبذول ، ويمكن اختيار التكنيك الأصح بينهم والموضح في الشكل رقم (3) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (3)
المستويات المختلفة لمركز ثقل الجسم في أنواع
متعددة من تكنيك الوثب العالي

يظهر لنا بأن مركز ثقل الجسم قد دفع إلى ارتفاعات مختلفة فوق العارضة علما تساوي القدرة المستخدمة للوثب في الأنواع الثلاث . ويعتبر في (جـ) التكنيك الأصعب عند تعليمه ، لكن اتقانه يأتي بنتائج جيدة .

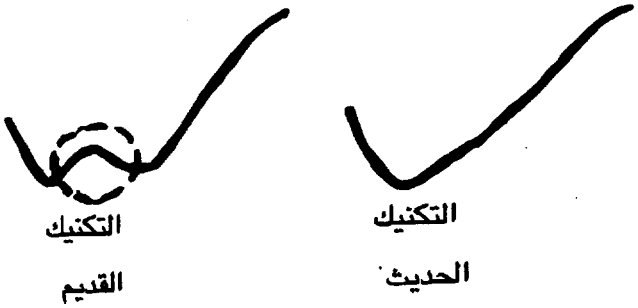
إن اختلاف الارتفاعات لمركز ثقل الجسم في الأنواع الثلاث عند تحليل الحركات يوضح اختيار التكنيك الصحيح ويعلله ، ويقدم نصائح لتحسين التكنيك وتطويره .

أما الواجبات الخاصة للبيوميكانيك فيمكن تحديدها :-

أ- ببحث قوانين الحركة وشروطها .

ب- بحث لاختيار التكنيك المجدي في الأنشطة المختلفة ، ففي رمي الثقل مثلاً نجد أن المسار الحركي للثقل في التكنيك الحديث والموضح في الشكل رقم (4) ، وابتداء من نقطة بداية إطلاقه يظهر مساره انسيابياً وبتعجيل تزايدي ، أما القديم فنجده متعرجاً أي هناك تغيرات في اتجاه سير الرمي والذي يحتاج إلى قوة إضافية لذا فالحديث هو الأجدى .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (4)
خط بياني لمسار الثقل في التكنيك الحديث والقديم

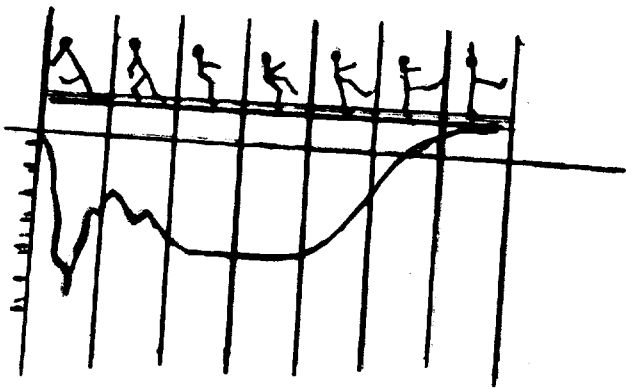
ج- جمع المعلومات المتعددة حول قوانين التكنيك الرياضي من أجل جمعها تحت القوانين البيوميكانيكية للحركات الرياضية المختلفة كزاوية الارتكاز أو زاوية الطيران . .الخ .

د- تطوير طرق غير معقدة واكتشافها لبحث الحركات الرياضية ، فمثلاً نجد في الشكل رقم (5) مقدار قوة القدم الناهضة لواثب العالي والتي يكون اقصاها في لحظة ضرب الأرض ، ثم ثقل عند اعتدال الجسم ، بعدها تزداد عندما يبدأ بمد الرجل الناهضة إلى زاوية معينة ، ثم تقل القوة كلما ازدادت تلك الزاوية إلى أن تصل إلى الصفر عند ترك القدم للأرض .

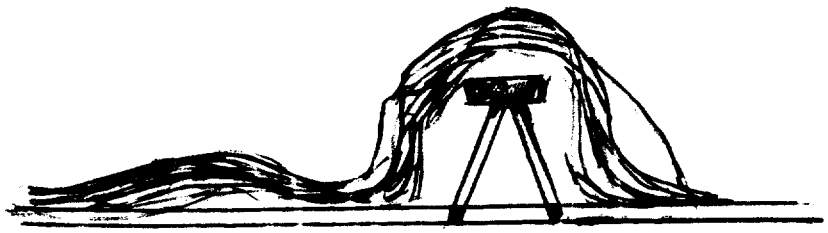
أما الشكل رقم (6) فيوضح كيفية دراسة حركات الرياضيين من خلال مسار أقدامهم في عملية القفز على الحصان . فإذا ما وصفنا حركات أقسام الجسم المختلفة فسنكون قادرين على إعطاء وصف كامل للحركة ، وتحليلها بشكل علمي وموضوعي .

يمكن استخدام الطريقة نفسها للوقوف على مدى تقارب مستويات مجموعة معينة من الرياضيين وتجانسها ، ونستطيع أن نستنتج بأن هذه المجموعة قد قاموا بالحركة بشكل متشابه أو متجانس .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (5)
خط بياني لقوة النهوض في الوثب العالي

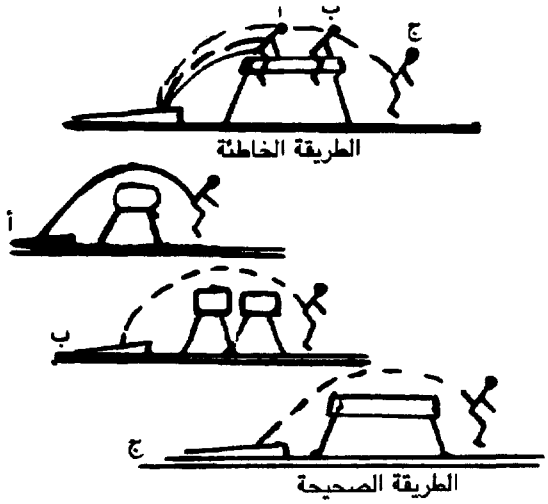


شكل رقم (6)
مجموعة خطوط بيانية لحركة القدم لمجموعة من رياضيي القفز على الحصان

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

هـ- تحليل التمارين الخاصة في التدريب للتأكد من أنها تنسجم في سير حركاتها مع أقسام حركات تكنيك اللعبة المراد التدريب عليها مثل تدريب واثب العالي بوزن إضافي ، أو الرمي بوزن أثقل .

و- تحليل التمارين التحضيرية التي تستعمل لتعلم التكنيك المعقد ، حيث يجب أن ينسجم وسير حركات التمارين التحضيرية ، وكذلك القوة المستخدمة مع الهدف المراد تعليمه فمثل من التمارين التحضيرية القفز على الصندوق (خاطئة) فتحاً تبدأ بالجلوس على الصندوق ، لكن التدرج في المسافة ثم استخدام اجهزة أصغر كحصان واحد ثم حصانين ، وتتم الحركة باجتياز الجهاز ، ثم تزداد مسافة القفز الموضحة في الشكل رقم (7) تعد طريقة صحيحة للتعليم .



شكل رقم (7)
تمارين تحضيرية للقفز على الحصان بطريقة صحيحة

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

كما أن استعمال القوة غير المناسبة في فعاليات القوة والسرعة كالرمي أو الملاكمة أو دفع الثقل ببطء تعد خاطئة ، وعلى هذا الأساس كانت أهمية القيام بالواجب بالشكل الصحيح الذي يعتمد على الجهاز الحركي للإنسان .

التحليل الميكانيكي

إن التحليل الميكانيكي لحركة الإنسان هو أحد طرق البحث في مجال البيوميكانيك ويبحث في تأثير القوى الداخلية والخارجية على النظام الحركي .

يفهم التحليل على أنه دراسة أجزاء الحركة ومعرفة تأثير المتغيرات الوصفيةوالمسببة للارتقاء بمستوى أداء الحركة الذي يحقق الهدف منها . كما يفهم بأنه مجموعة متفاعلة مختارة طبقاً لما تحدده أهداف الدراسة وواجباتها في طرق البحث الميكانيكي الموجهة ليس فقط دراسة العناصر المكونة للحركة بل دراسة الحركة وحدة واحدة متكاملة أيضاً ، حيث إن فاعلية أداء الرياضي تتعلق بدرجة اكتمال التكتيك المستخدم . وإن دراسة الخصائص الكينماتيكية والكينيتيكية تسمح بالتعليل والحكم على مستوى اتقان الأداء ، ويذكر (برهام) أن التحليل يتطلب التحليل إلى المركبات الأولية من زمن ومسافة وقوة . بينما (ويليامز وسبرين) يؤكدان أن هناك بعض النواحي الأساسية الواجب دراستها في التحليل الميكانيكي للإنسان تتعلق بالزمن والكتلة والقوة والمسافة ومركز الثقل . لكن (عادل عبد البصير) يرى أنه قبل بداية التحليل لا بد من تحديد الهدف والغرض الأساسي للتحليل ، فإذا ما كان لوصف شكل الحركة في مسابقة ما والتركيب الكينماتيكي لها وجب أن يشمل طرقاً تنتج إمكانية تعيين الخصائص الكينماتيكية ، ثم إيجاد العلاقات الارتباطية بينها والذي يحقق من خلال الوحدة الكلية المتكاملة .

وهنا لا بد من توضيح كلمة تحليل Analysis تعني مفتاحاً لتعريف سلوك حركة الإنسان أو مسارها أي عملية تجزئة الكل إلى أجزاء لكي تتم دراسة طبيعة تلك الأجزاء

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

والعلاقة بينها من خلال معرفة دقائق مسار الحركة ، ومدى العلاقة بين المتغيرات التي تؤثر في ذلك المسار ، أي تحويل الظواهر المدروسة إلى أرقام ودرجات .

يقسم التحليل الميكانيكي إلى :-

- التحليل الكينماتيكي (الظاهري) .

-التحليل الكينيتيكي (السببي) .

فالتحليل الكينماتيكي يعني الناحية الظاهرية من خلال وصفها ، أي وصف الأجزاء التي تم تجزئتها كل على حده ، والوصف هو أولى خطوات التحليل في القياس الكمي ، فكثير من البحوث تناولت الوصف ، وفتحت الطريق أمام بحوث دراسة الكم الذي يعني تحديد كمية محتويات أجزاء الحركة ، وخضوعها للقياس والحساب (كالبعد ، المسافة ، السرعة ، الزاوية) ، على كل حال ينقسم التحليل الكينماتيكي إلى نوعين :-

1- التحليل الكمي .

2- التحليل الكيفي .

فالتحليل الكمي : يتعامل هذا النوع مع قياس الكمية أو النسبة المئوية للمكونات المستخدمة للشيء الكلي ، بمعنى تعيين المقادير الكمية ، وتحديدها لمتغيرات الحركة التي تمثل المعلومات الموضوعية عن الخصائص الواقعية لحركة الرياضي ، وعن توافقاتها وعن تعاقب تغيير أوضاع الجسم . تمثل المحددات الكمية للمتغيرات الإزاحة ، الزوايا ، السرعة والتعجيل .

يعتمد التحليل الكمي على وسائل متقدمة في جميع معلوماته مثل آلات التصوير ذات السرعة المرتفعة ، والعقول الالكترونية وغيرها لقياس البيانات وتسجيلها خلال الأداء المهاري ، ويتم استخدام هذه المعلومات لمختلف أجهزة القياس والتسجيل ، على أن يؤخذ بالاعتبار معالجة أكثر هذه التغيرات أهمية بالنسبة للأداء المهاري .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

لذا فعند اجراء بحوث في مجال البيوميكانيك يعتمد الباحث في التوصل إلى معلومات ، ومحاولة إظهار ما هو كامن ، وإيجاد العلاقات التي تربط بين المتغيرات للوصول إلى الحقائق التي تطور الأداء بمسار صحيح ، فعند استخدام الرياضي لأكثر من قوة فإن المدرب يؤكد على أهمية أن تكون القوى المستخدمة في اتجاه واحد كحركة الذراعين والرجلين في الركض حيث كانت أهمية حركة الرجل إلى الأمام ولا تنحرف إلى الجانب لأن الانحراف يؤدي إلى تحليل مركبة القوة الرئيسية إلى مركبتين ، إحداهما افقية والأخرى عمودية دون الإقلال في محصلة القوة النهائية ، ويتم ذلك بتسجيل الحركة ثم تجزئتها إلى جزئيات أصغر للحصول على معلومات وقيم كمية دقيقة تساهم في التقويم وإيجاد نقاط الضعف ، ومحاولة معالجتها .

أما التحليل الكيفي فيعتمد على تقدير الفروق والاختلافات وتمييزها وفي استيعاب النتائج وإدراكها وتعميقها تمهيداً للوصول إلى الاستنتاجات الواقعية ، إضافة إلى بحث الأسباب غير المباشرة وإيجادها للانحرافات والأخطاء عن النماذج المنطقية لهذا الأداء .

إن كلا النوعين يمثلان حقيقة تستدعي الربط في البحث العلمي لمجال البيوميكانيك والمجال التربوي وإن كلاهما سواء الوصف بالكلام فقط (الكيفي) ، وقياس المقادير الدقيقة ذات القيم العددية يساهمان وبشكل فعال في الوقوف على نتائج الحركة في جسم الرياضي ذي النظام الحركي المعقد والمتغير باستمرار ، وإن خلاصة ما تم ذكره هو أن التحليل الميكانيكي يتم بالخطوات التالية :-

1- تسجيل الحركة كاملاً (بعد تحديد الهدف) .

2- إعادة عرضها للوقوف على نقاط الضعف .

3- مقارنة الأداء المسجل مع ما تم تطويره كيفياً .

4- يمكن رسم الصور وقياس زوايا الأجزاء وسرعتها . . . الخ ، من الجانب الكمي .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

5- ربط المتغيرات المقيسة ومعالجتها احصائياً .

6- إلغاء الجانب الذاتي في التقويم .

7- تفسير النتائج بالأدلة والبراهين .

أهمية التحليل الحركي في المجال الرياضي :

إن تحليل الإنجاز الحركي وتقويمه يكون الهيكل الرئيسي للعلوم الرياضية المختلفة ، حيث يساعد العاملان في مجال التربية الرياضية على :-

1- اختيار نظريات جديدة .

2- اختيار الحركات الصحيحة والملائمة للظروف المحيطة بالإنجاز .

3- مد العاملين في المجال الرياضي بالحقائق الثابتة التي تدعم قراراتهم بخصوص التكنيك الصحيح ، أي ترجمة الحقائق العلمية المرتبطة واقتراح الحلول المناسبة .

4- المعرفة التامة بالمهارات المراد تعليمها ، أو التدريب عليها من الناحية العملية مما يتطلب الإلمام بالمبادئ الأساسية للتشريح والفسيولوجيا والميكانيكا والعلوم الأخرى .

إن المعلومات التكنيكية عن أي نشاط حركي تعني كيفية الأداء في ضوء مجموعة من المعلومات التي تساعد على تحديد الإجراءات الحركية المطلوبة لإنجاز الأداء بأعلى كفاءة ممكنة وبأقل جهد . أما المعلومات العلمية فهي تعني الأسس المرتبطة بنشاط الجسم .

وهنا لا بد من الإشارة إلى أن القدرة على التحليل تعتمد على الفكر التحليلي الذي يجب أن يكون الصفة المميزة لدارسي علم الحركة باتباع خطوات التحليل الحركي الذي أصلاً يستخدم طريقتين :-

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

1- الطريقة الاستدلالية .

2- الطريقة الاستقرائية .

هاتان الطريقتان توصل الباحث إلى حل المشاكل التي تتعلق بالإنجاز على المستوى العالي أو التعلم الحركي ، وكلا الطريقتين تعتمد أساساً على المنهج العلمي في البحث ، أما الاستدلالية فتعني أن يبدأ المدرب بإنجاز معين يشخص أجزاءه بعدها يقوم تلك الأجزاء بمقارنتها بمعيار معين كأن يقارن الإنجاز بإنجاز حركي متطور .

أما الاستقرائية فتعني أن يبدأ بتحديد إنجاز معين يعتبر (الهدف) المطلوب للوصول إليه أو تحقيقه ، ثم يبدأ المدرب باستخدام وسائل مختلفة كزيادة الوزن أو إدخال تمارين بالأثقال ، بعدها يقوم بالتعرف من خلال الاختبارات والقياسات بمدى صلاحية هذه التمارين من الاقتراب من الهدف .

إن كلا الطريقتين تعتمد على الخلفية الواسعة للأسس الفيزيائية وعلوم التدريب الرياضي والصفات البدنية للرياضي . . . الخ ، لكن ما يمكن قوله هو أن أسس التحليل الحركي أداة فعالة ، بيد أن المدرب أو المدرس لا يمكنه الاستفادة منها إلى الحد الأقصى إلا من قبل المدرب وإلمامه بما يتفق والفعالية وفنونها ، ويستخدم ثلاثة أنواع في المجال الرياضي للحصول على المعلومات الناتجة عن التحليل هي :-

1- التحليل بدون استخدام التسجيل المرئي .

2- التحليل باستخدام التصوير السينمائي- الفيديو .

3- التحليل باستخدام التصوير المركب .

1- التحليل بدون استخدام التسجيل المرئي :

لا تستخدم أي من وسائل التسجيل المرئية سواء (السينما- الفيديو) ، وهذا يتطلب نظاماً خاصاً للملاحظة والتحليل لأي حركة من حركات الجسم .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

يتطلب استخدام هذا الأسلوب في تحليل المهارة أو الفعالية ، وتتطلب هنا تكرار الملاحظة الدقيقة قبل الدخول في أي توجيهات عملية من ناحية مراعاة اختلاف الأداء في كل محاولة وحتى للاعب الواحد ، حيث إن ملاحظة الأداء لمرة واحدة لا يعطي نواقص الأداء . وقد يرتبط الخطأ بنقص في إحدى الصفات البدنية أو عامل الخوف .

يستخدم هذا النوع في تعليم المهارات وابتكار الخطوات التعليمية التي تناسب كل مهارة ، وكل فرد في الوقت نفسه في ضوء الإمكانيات المتوفرة والأدوات المساعدة .

إن عمل المدرب أو المدرس في تشخيص الأخطاء يعد أمراً جوهرياً يعتمد على الملاحظة الدقيقة المتكررة للأداء وعلى العموم تستخدم هذه الطريقة في مجال التدريب .

2- استخدام التصوير (سينما- ڤيديو) :

يساعد هذا النوع على إعادة عرض ما يتم ملاحظته أثناء أداء المهارة . حيث إن التسجيل يتيح الفرصة لتكرار الملاحظة في أي وقت دون معاناة اللاعب إلى جانب التعرف على التفاصيل الدقيقة للأداء خاصة عند استخدام العرض ببطء ، ويحصل المدرب على فكرة واسعة عن طبيعة الأداء وأخطاء اللاعبين ، كما يتسنى للاعبين ملاحظة أدائهم ، وما يحدث من تغيرات في هذا الأداء .

يتم تحليل صورة- صورة وتسجيل مقدار تغيير حركة المفاصل خلال قياس زواياه .

3- استخدام التصوير السينمائي المركب :

مع التطور السريع الذي اجتاح معظم الأنشطة الرياضية من حيث مكوناتها أصبح من الصعب متابعة كل ما يحدث ، وأظهرت المنافسات أهمية دراسة المكونات بأسلوب أكثر تفصيلاً للتعرف على الخصائص الدقيقة ، ووضع أساليب التنمية المناسبة بهدف الوصول إلى مثالية الأداء .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

حيث تتم دراسة المسارات الحركية للحركة من حيث المتغيرات الميكانيكية المؤثرة ، وتطبيق القوانين لحساب المتغيرات مما يمكننا من التعرف على أوجه القصور بالأداء بطريقة موضوعية وعلمية .

تساعدنا مقارنة الأداء بالمنحنيات للخصائص المراد دراستها ، واقتراح أسلوب بالأداء بهدف الوصول إلى الحدود القصوى .

إن الطريقتين السابقتين تحتاج إلى تجهيزات الإضاءة والأدوات والأفلام وكادر متخصص في تكنولوجيا التصوير مع استماره خاصة بالقياسات الواجب تسجيلها كترتيب اللاعبين والمحاولات وبيانات أخرى يستعان بها في التحليل .

إن مستلزمات نجاح الطريقتين يحتاج إلى آلة تصوير تعمل بالزمبرك أو بمصدر كهربائي ثابت أو متردد ، لذا فإن الأفضل استخدام ساعة كبيرة ذات مؤشر متحرك كل ($\frac{1}{1}$ ثانية) يوضع في مجال التصوير والتي تساعد إلى جانب حساب الزمن على التأكد من عدد الصور بالثانية وفق تردد آلة التصوير . توضع آلة التصوير عمودياً على المستوى المراد تصويره بحيث يظهر بحجم مناسب وبزاوية مناسبة لتلافي أخطاء انحراف اللاعب من المحور البؤري للعدسة عند تحركه .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الفصل الثاني
الحركة

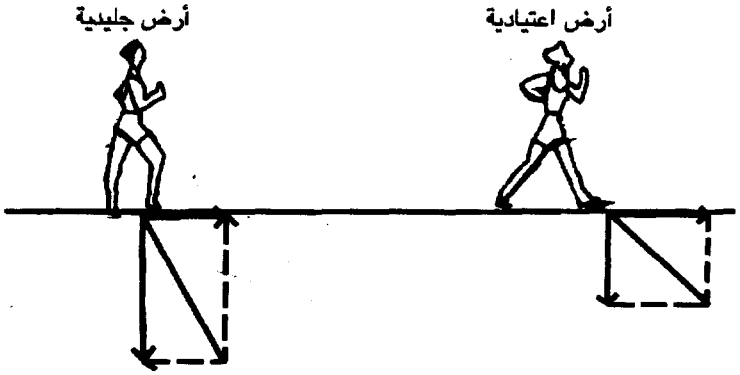
المبادئ الميكانيكية للحركة الرياضية

إن الحركة من وجهة نظر الميكانيك تتم عندما يغير الجسم مكانه خلال فترة زمنية ، أو شرح هذا التغير في المكان والزمان ، ووصفه يتم بقياس المسافة والزمن وما ينتج عنهما ، السرعة والتعجيل اللتان يمكن قياسهما .

والحركة "Kinesis" تعني محاولة للتغلب على القصور الذاتي من خلال قوة ذاتية وقوة خارجية لينتقل الجسم من مكان إلى آخر أو جزء منه بسرعة معينة ، فدوران الجسم حول العقلة يتم باستخدام سرعة ما تحدث نتيجة لانقباض مجموعة عضلية تتغلب على مقاومات مختلفة تنتج عنها حركة الجسم حول العقلة بحركة دائرية . حركة الركض تأتي من ناتج القوة العضلية التي يتغلب فيها على مقاومات مختلفة خلال فترة زمنية يقطع فيها مسافة معينة ، وكلما ازدادت القوة الناتجة أمكن التغلب على القصور الذاتي لذلك الجسم فتنتج الحركة ، لذا فهي الوسيلة الوحيدة لإنجاز النشاط الحركي ، ويختلف طبقاً لمتطلبات الحركة ، ففي حركة سباحة الصدر تؤدى حركات بأجزاء مختلفة من الجسم في سباحة الفراشة بأجزاء مختلفة من الجسم ، كما أن اتجاه تيار الماء يتطلب أيضاً قوة ، وعند رمي الرمح بوجود ريح تؤثر في فعالية رمي الرمح مثلاً معاكسة تختلف فيما لو كانت الريح مع اتجاه الرمي الذي يتطلب مسار قوة باتجاه معين ، وفي كرة القدم عند ضرب الكرة في أرض ترابية تختلف عن أرض رملية مما يتطلب من اللاعب التحكم في حركاته مع الكرة بشكل مختلف عن أرض زلقة ، مغيراً اللاعب في طبيعة

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أوضاع جسمه أثناء الضربة أو عند استقباله الكرة . وعند المشي على ارض اعتيادية تختلف الحركة عنها في أرض جليدية حيث تستخدم خطوات قصيرة في الأخيرة (لاحظ الشكل رقم 8) .



شكل رقم (8)
يوضح طول الخطوة في المشي على أرض اعتيادية وأخرى جليدية

مما تقدم يظهر لنا أن الحركة تخضع إلى متغيرات ميكانيكية ، وإذا تم الأداء وفق هذه التغيرات فإنه يظهر بشكل جيد ، في أغلب الفعاليات التي تتكون من سلسلة مترابطة في الحركات المترابطة وبتوقيت دقيق ، كالقفز على الحصان في الجمباز نجد أن حركة اللاعب هنا تتحكم بها أهمية الربط الصحيح بين الاقتراب والقفز بالقفاز ، ثم الطيران لأداء الوقوف على اليدين كلها محكومة بقوانين ميكانيكية ثابتة ، وبأوضاع مناسبة محققاً مبدأ الاقتصاد بالجهد من خلال عمل الروافع العظمية بزوايا شد مناسبة تمكن

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

لاعب الجمباز من التغلب على مقاومة الجذب الأرضي ، وقصوره الذاتي بسرعة زاوية مناسبة عند القفز إلى الحصان .

ومن البداية المنخفضة في الركض لا يمكن للاعب التغيير من حالته ما لم يسلط قوة تغيير حالته إلى الانطلاق وتعجيل حركته خلال زمن معين ، فكلما ازدادت القوة المبذولة ازداد التعجيل الذي يعتمد أساساً على معدل تغيير سرعة الراكض خلال زمن معين ، بينما لاعب الجمباز على العقلة تعتمد سرعته على مقدار بعده عن محور الدوران .

مما تقدم نجد أن الحركة تتم وفق نظام حسابي محدد يمكن قياسه ومعرفته من ثلاث كميات ميكانيكية هي :-

1- الزمن : وهو الفترة التي يستغرقها الجسم في حركته ، وهي كمية قياسية قابلة للقياس .

2- الفراغ : هو المسافة أو الحجم المشغول من قبل الجسم والمسافة أو الزاوية التي يقطعها الجسم .

3- المادة : هي كل شيء يشغل حيزاً في الفراغ .

- الزمن والحركة :

إن الحركة لأي جسم أو جزء منه للانتقال من مكان إلى آخر أو لقطع إزاحة معينة فإن ذلك لا يتم في اللحظة نفسها وإنما بعد مرور فترة زمنية وإن كانت قصيرة جداً ، ولكن يمكن التعبير عنها بوحدات خاصة بالزمن ، فالوحدة الخاصة لقياس الفترات الزمنية هي الثانية أو الدقيقة أو الساعة .

الزمن ويعد معياراً للتفاضل بين حركة الأجسام من حيث السرعة أو قطع إزاحة معينة ، فالسبيل لمعرفة أي الأجسام أسرع في ركض 100 متر أو في 400 متر هو

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

استخدام وحدات الزمن ، فيقال إن العداء (س) أسرع من (ص) ، لكن التفاضل بينهما هو في أيهما قطع المسافة بأقل زمن ممكن ، والزمن في أغلب فعاليات الساحة والميدان هو الهدف المبيت في الركض وفي التجذيف والدراجات والسباحة بأنواعها .

- الحركة والفراغ :

إن حركة أي جسم هو انتقاله في الفراغ ليشغل حيزاً جديداً بغية أداء عمل معين ، وعملية الانتقال من نقطة إلى أخرى يعبر عنها بالمسافة التي تقاس بوحدات الأطوال (متر ، قدم ، . . . الخ) ، والمسافة التي يقطعها واثب الثلاثية أفقياً تقاس بوحدات الأطوال ، وهي الهدف المبيت من الفعالية ، وكذلك ارتفاع قافز الزانة أيضاً ، لكن المسافة التي يقطعها لاعب الجمباز على العقلة تقاس بوحدات الزاوية ، أي عندما يتحرك الجسم حول محور معين وتسمى مسافة زاوية .

- المادة والحركة :

إن كمية المادة التي يحتويها جسم هي مقياس للكتلة ، والكتلة كمية قياسية ثابتة لا تتأثر بالارتفاع أو الانخفاض عن مستوى سطح البحر ، فالجسم الذي يزن 100 كغم على سطح الأرض يبقى وزنه هو نفسه حتى لو ارتفع 20.000 قدم ، فالكمية تعبر عن مقدار القصور الذاتي للجسم ، أما الوزن فهو كمية متجهة ، أي يعبر عن مقدارها واتجاهها ، ويختلف وزن الجسم من موقع إلى آخر ، ففي القطب الشمالي يختلف الوزن عن وزن الجسم نفسه على خط الإستواء ، كما يختلف الوزن بارتفاعه وانخفاضه عن مستوى سطح البحر (نقطة نسبية) فإن الفرق يتأتى نتيجة اختلاف قوة الجذب الأرضي التي تزداد عند سطح البحر عنه في المرتفعات العالية . لذا فالوزن هو مقدار قوى الجذب الأرضي المؤثرة في ذلك الجسم ، لذا فالعلاقة بين الوزن والكتلة طبقاً لقانون نيوتن الثاني هي :

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الوزن = الكتلة × التعجيل الأرضي

إن العلاقة بين المادة والحركة علاقة كبيرة جداً من حيث إحداث الحركة لا سيما أن مسببات حدوث الحركة هي القوة ، فلتحريك جسم له كتلة معينة يتطلب الأمر مقداراً معيناً من القوة لأن مقدار الحركة يتوقف على كمية المادة التي يحتويها ذلك الجسم الذي ازداد قصوره الذاتي ، ومن ثم يحتاج إلى قوة كبيرة لتحريكه أو التغلب على القصور الذاتي . أما وحدات القياس فلها نظامان هما النظام الانكليزي والنظام المتري . والموضحة في الجدول رقم (1) :

جدول رقم (1)
يوضح وحدات القوة (الوزن) الكتلة والتعجيل

نظام الوحدات	القوة	الكتلة	التعجيل
النظام	باون	سلاك	قدم/ث^2
الانكليزي	نيوتن	كيلو غرام	متر/ث^2
النظام المتري	داين	غرام	سنتمتر/ث^2

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

نسبية الحركة

تستعمل كلمة الحركة في كثير من مفردات حياتنا اليومية فنقول إن الجسم في حالة حركة عند انتقاله من مكان إلى آخر وباتجاه معين ، ولكي ندرك حدوث الحركة لا بد من الإشارة إلى نظام معين ثابت يمكن من خلاله مقارنة وضع الجسم الجديد مع وضعه القديم ، فعند مشاهدة حركة الأشخاص والمركبات تنتقل بغية هدفه ، وحركته تتم من نقطة بداية حركته أو نسبة لنقطة حركته . ويؤدى الانتقال من نقطة إلى أخرى في فترة زمنية محددة ، لكن لا يمكن التأكد من أن هذا الجسم في حالة حركة فعلاً إلا إذا ما تمت مقارنته بنقطة ثابتة أو جسم ثابت وفق نظام نسبي ثابت ، أو ابتعاد الجسم عن موضعه الأصلي ، يكون الجسم في حالة حركة أي أن الجسم يتحرك في فراغ عند مطلق ، أي أن الحركة نسبية .

فحركة العداء نظراً لانتقاله من مكان إلى آخر من خط البداية بعد قطعه مسافة معينة يمكن توضيحها بالمسافة التي قطعها ، كما أن حركة الثقل من نقطة انطلاقه إلى نقطة هبوطه توضح لنا المسافة الأفقية للإنجاز من نقطة ثابتة يحددها القانون ، وأن السباح لا يمكنه أن يقدر سرعته داخل المسبح إلا من خلال مقارنة سرعته بسرعة سباح آخر ينافسه في المستوى أو يتفوق عليه مما يمكنه من معرفة مقدار سرعته .

أي أن معرفة سرعة أي جسم بالنسبة لجسم آخر تساوي الفرق الاتجاهي بين سرعة الجسمين المقيسة بالنسبة إلى نقطة ثابتة .

وفي المجال الرياضي وبخاصة عند تحليل الصور السينمائية يستخدم المحلل أكثر من نقطة ثابتة لزيادة الدقة ولضمان تحديد مسافة انتقال اللاعب . وعند رمي الرمح فإن سرعة الذراع الرامية يمكن أن تلاحظ نسبة لسرعة الاقتراب ، وأن اليد المصوبة لكرة اليد تقارن سرعتها نسبة لسرعة حركة الجذع .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

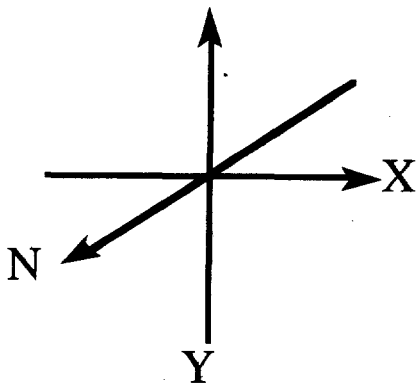
النظام الإحداثي

عندما يتم التعامل مع الحركة بصفتها مقداراً أي عندما تحدث إزاحة لجسم معين لا بد أن يتم تقدير مقدار هذه الإزاحة ، أي التعامل معها تعاملاً كمياً ، عندئذ لا بد من تحديد موقع ثابت تبدأ منه الحركة وإجراء المقارنة بين الموقع الثابت والموقع الجديد للجسم في الفراغ ، يمكننا إدراك مقدار الإزاحة التي يقطعها الجسم ، ويمكن حسابها بإحدى طرائق القياس للمسافة .

يعتمد تحديد الإزاحة التي يقطعها الجسم اثناء أدائه لفعالية الرمي على تحديد نقطة ثابتة ، عندئذ يمكن القول إن إزاحة الجسم أكثر أو أقل من إزاحة الجسم الآخر ، وهنا تبرز أهمية تحديد النظام الإحداثي للحركة كي يتم معرفة مقدار الحركة الحادثة فضلاً عن اتجاهها في الفراغ .

إن مفهوم النظام الإحداثي هو تعيين مجموعة من الثوابت يتحدد على أساسها مقدار حركة الجسم ، هذه الثوابت عبارة عن الإحداثي الأفقي (X) ،والإحداثي العمودي (Y)، ونقطة تلاقي هذين الإحداثيين هو منشأ الحركة أو النظام النسبي الثابت الذي تعزى إليه الحركة ، لاحظ الشكل رقم (9) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (9)
يوضح الاحداثيين الافقي والعمودي ومنشأ الحركة

وتأخذ المتغيرات الميكانيكية التي تحدث على يمين منشأ الحركة وأعلاه تأخذ إشارة موجبة . أما التي تقع على يسار منشأ الحركة وأسفله فتأخذ الإشارة السالبة .

ولما كانت الحركة تحدث في الفراغ فمن الضروري الاستعانة بالإحداثيين المتعامدين ، إما ثنائي الأبعاد أو ثلاثي الأبعاد (Z, Y, X) . وهناك أهمية رصد مسار الحركة وتحديد نوعية الفعل الحركي المنجز من منظومة حسابية ، فمثلاً مقدار تغيير الزاوية الواقعة بين محور عظمي الفخذ والساق خلال النهوض (الارتقاء) في الوثب

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

العالي من بداية الحركة حتى نهاية المرحلة ينم وبشكل واضح عن مقدار أقصى انثناء لهذه الزاوية .

للأهمية لا بد من استعمال طريقة حساب المثلثات التي تستخدم في تحليل المركبات (القوة ، السرعة) و جمعها (ستوضح لاحقاً) .

المستويات التشريحية للحركة والمحاور

تقسم المستويات الكرتيزية للجسم إلى ثلاثة أبعاد . والمستوى عبارة عن بعدين تحددهما ثلاث نقاط لا تلتقي على استقامة واحدة بأي حال من الأحوال . أي أنه يمكن القول إن المستوى عبارة عن السطح الذي يعرف من الناحية الهندسية بأنه المستوى الفراغي المنتظم ، وقد تنسب حركة الجسم لثلاثة مستويات أو أسطح فراغية متعامدة تلتقي في مركز ثقل الجسم وهي :

1- المستوى السهمي : وهو الذي يقسم الجسم إلى نصفين متساويين متطابقين أحدهما أيمن والآخر أيسر .

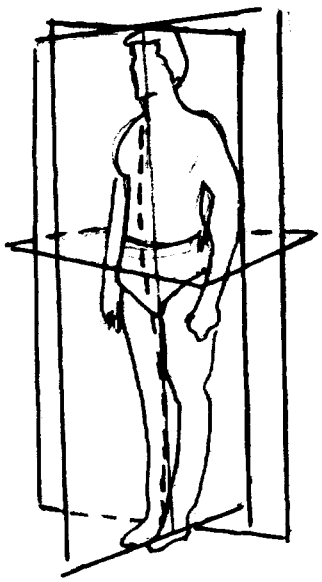
2- المستوى الأمامي : وهو الذي يقسم الجسم إلى نصفين متساويين أو متطابقين أحدهما أمامي والآخر خلفي .

3- المستوى العرضي : وهو الذي يقسم الجسم إلى نصفين متساويين أو متطابقين علوي وسفلي .

وفي حالة الوقوف الاعتيادي في الوضع التشريحي ، تتلاقى جميع هذه المستويات (لاحظ الشكل رقم 10) فعندما يلف الجسم بزاوية 45° جهة اليمين ، فإن هذه

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

المستويات تلف بالقدر نفسه . وإن الجسم عندما يتحرك على مستوى فراغي واحد فإن الأطراف تتحرك أيضاً على مستوى فراغي واحد في بعض الحركات . ففي الدحرجة الأمامية يتحرك الجسم في اتجاه المستوى السهمي ، وخلال المشي تتحرك الذراعان بين الأمام والخلف بمعنى أنها تتحرك في اتجاه المستوى السهمي الذي يمر بكل من الكتفين والفخذين .



شكل رقم (10)

في حركة الغطس وكذلك لاعب الترامبولين تتم في المستوى العرضي . إلا أنه لا يجوز الأخذ في الاعتبار أن العديد من حركات الجسم البشري لا تتم بشكل محدد على مستوى فراغي معين ، لكنها من الممكن أن تنسب لهذه المستويات . وتبقى للمستويات الفراغية الثلاث أهميتها في توصيف حركة الإنسان .

- المحاور التشريحية للحركة :

تتعامد المستويات الثلاث عند التقائها مع بعضها . وينشأ عن التقاء كل مستويين خط وهمي يسمى المحور ، والمحور إما أن يكون نقطة أو خطاً ثابتاً تتم حوله الحركة

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الدورانية ،وتعتبر حركات الجسم البشري حركات دورانية حول محاور المفاصل .

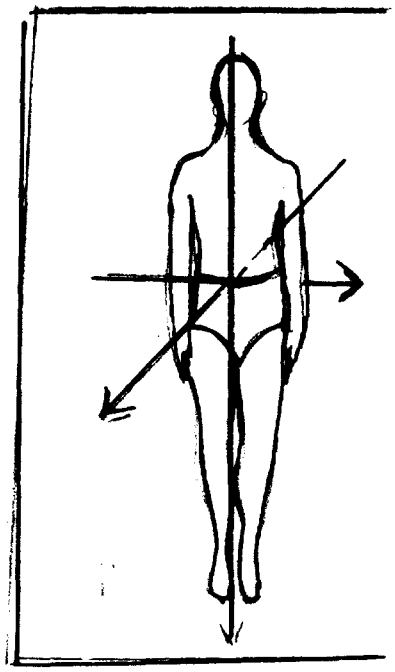
وإذا ما تحرك الجسم أو الجزء حول محور ما فإن حركته تكون في اتجاه المستوى الثالث ،وهذا يعني أن حركة الجسم حول المحور الناشئ عن التقاء المستويين تتم في المستوى العرضي مثلاً .

مما تقدم يتضح أن التقاء المستويات يعني وجود ثلاثة محاور هي :-

1- المحور الذي يدور حوله الجسم باتجاه احد الجانبين .

2- المحور الذي يدور حوله الجسم يميناً ويساراً .

3- المحور الذي يدور حوله الجسم أماماً وخلفاً .



شكل رقم (11)

يوضح المحاور التشريحية للحركة

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

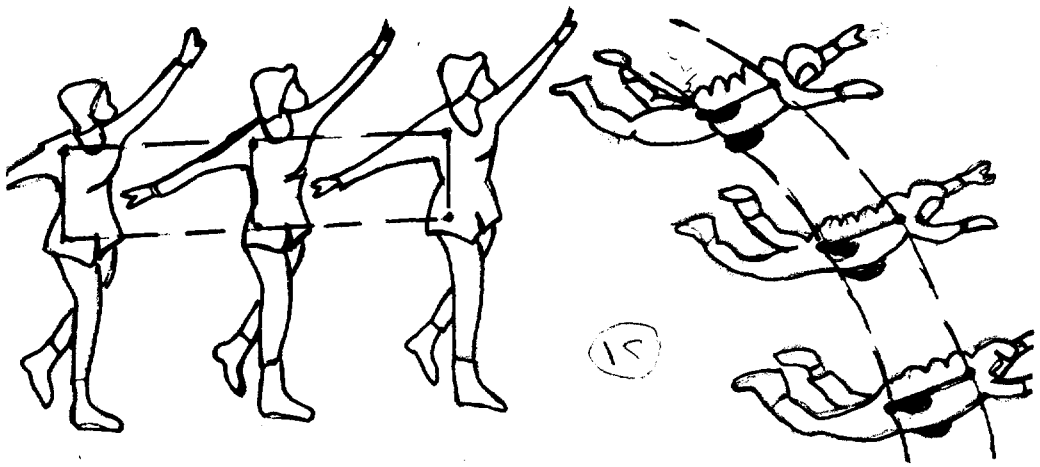
أنواع الحركات

إن الحركات التي يقوم بها الجسم تختلف من موقع لآخر ومن هدف لآخر . ولدراسة هذا الجانب من الناحية الكينماتيكية بوصف الحركة من حيث أشكالها الهندسية وتوقيتها الزمني .

لدراسة الحركة هندسياً يمكن تقسيمها إلى ثلاثة أنواع :-

1- الحركة الانتقالية :

تحدث الحركة عندما تنتقل أجزاء الجسم من مكان لآخر بحيث ترسم خطوطاً أو مسارات متوازية مع بعضها في أي لحظة من لحظات حدوث الحركة وتقطع مسافات متساوية أثناء حدوثها كالتزحلق على الجليد أو المشي أو ركوب الدراجة (لاحظ الشكل رقم 12) .

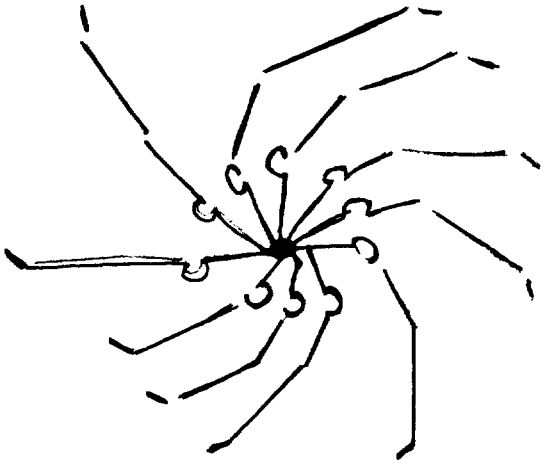


شكل رقم (12)
الحركة الانتقالية (المستقيمة) (المنحنية)

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

2- الحركة الدائرية :

وتحدث في بعض الفعاليات الرياضية أن تكون مسارات أجزاء الجسم عبارة عن دوائر تبعد بمقدار ثابت حول محور للدوان أثناء الحركة ، وقد يكون المحور داخل الجسم أو خارجه ، ففي حالة حركة ثني المرفق فإنها تتم حول محور مفصل المرفق ، وفي الدحرجة الأمامية يكون المحور العرضي هو الذي يخترق الجسم من جانب لآخر ، وعند دوران لاعب العقلة فإن أجزاء الجسم ترسم دوائر متحدة المركز ، وتختلف أنصاف أقطارها باختلاف بعد الجزء عن محور الدوران (لاحظ الشكل رقم 13) .



شكل رقم (13)

الحركة الانتقالية والدائرية

3- الحركة المركبة :

تتكون من مزيج من الحركتين السابقتين ، أي الحركة الانتقالية والحركة الدائرية ، في الوقت نفسه فقد يدور الجسم بكامله حركة دائرية حول نفسه ، وينتقل بحركة انتقالية كما في حركة الأطراف السفلى والذراعين حركة دائرية ، وانتقال الجسم من

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مكان إلى آخر من حركة انتقالية ، وأثناء ركوب الدراجة فإن حركة الأرجل تكون دائرية تؤدي إلى انتقال الراكب والدراجة إلى الأمام حركة انتقالية (لاحظ الشكل رقم 14) .

شكل رقم (14)
يوضح حركة الركبة

أما الحركة زمنياً فتقسم إلى قسمين :

1- الحركات المنتظمة : عندما تبقى السرعة ثابتة .

2- الحركات غير المنتظمة : عندما تتغير السرعة بالزيادة أو بالنقصان .

إن الحركات غير المنتظمة يمكن أن تكون بتعجيل إيجابي ، أي بتزايد السرعة وتعجيل سلبي عندما تتناقص السرعة .

إن التعجيل يمكن أن يكون منتظماً في حالة السقوط الحر ، وقد يكون غير منتظم في بداية ركض العداء مثلاً . إن التقسيم الزمني للحركة يشمل سير الحركة الانتقالي والدائري .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الفصل الثالث
العمل العضلي

الحركة والعمل العضلي

عندما تناولنا تعريف الحركة أو أنواعها من الناحية الهندسية والزمنية اتضح لنا أن الحركة هي عبارة عن تأثير متبادل بين القوى الداخلية للرياضي والخارجية المتمثلة بالظروف المحيطة بالحركة ، كالجاذبية الأرضية ومقاومة الهواء والاحتكاك . . . الخ ، أي أن حركة الجسم تتم بتأثير قوة تغير من حالته سواء من السكون أو الحركة ، ونجد أن هذه القوة ناتجة عن الجهاز الحركي الذي يتكون من العظام التي تعد روافع يستخدمها الإنسان لأداء الحركة ، أما القوة التي يتم بها تحريك الرافعة فتتولد من العضلات في نقطة اندغامها في الجهة المعينة من العظم المتحرك ، حيث تم تقسيم عظام جسم الإنسان إلى روافع ثلاث تبعاً لموقع نقطة اندغام العضلة (سنتناوله في فصل قادم بتفصيل) .

تتوقف القوة الناتجة لأداء حركة معينة على المجاميع العضلية المشتركة في الأداء وعدد العضلات ، فكلما ازدادت القوة المبذولة ازدادت كمية الحركة وبخاصة في الحركات الانتقالية ، بينما في الحركات الدائرية يعتمد على بعد نقطة تأثير القوة عن محورالدوران .

تتوقف نوع الحركة ومقدارها على طبيعة العمل العضلي من نواحٍ عديدة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

1- عدد العضلات أو المجاميع العضلية العاملة في الحركة .

2- التوافق بين عمل المجاميع العضلية بين الألياف العضلية .

3- الزاوية التي تعمل على العضلة (زاوية الشد) .

4- الهدف من الحركة سواء كان ذلك قوة الحركة أو سرعتها .

5- مقدار القوة التي تتمكن العضلة أو المجموعة العضلية من توليدها للارتقاء بمستوى الأداءالحركي .

لذا نجد أن السبيل الوحيد للارتقاء بمستوى الإنجاز وتطوره وتحسينه من خلال معرفة نقاط الضعف التي تتخلله ، والعمل على تجاوزها بإيجاد الحلول الصحيحة الملائمة أن نتفهم ماهية العمل العضلي وبشكل دقيق لنحصل على المعلومات الأساسية المرتبطة بهذا التكوين .

التركيب البنائي والوظيفي للعضلات

-العضلات :

لتحريك الجسم أو أي جزء من أجزائه يتطلب ذلك قوى انقباضية محركة وقوة انقباضية مثبتة للأطراف التي تحدث الحركة ، وهناك كثير من العضلات، خاصة العضلات الثنائية المحاور أو الثلاثية ، ويمكن أن تسبب الحركة في أكثر من محور ، أحياناً يكون غرض الحركة اشتراك هذه العضلات ببعض أو بإحدى وظائفها فقط ، إلا أن العضلة لا يمكن أن تتحكم إرادياً في اختيار الوظيفة المرغوبة دون الوظائف الأخرى . ويأتي دور عضلات أخرى لكي تشارك في الحركة بتقييد الوظائف غير المرغوبة من العضلة المنقبضة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أبسط الحركات تتطلب عملاً تعاونياً من عدد من العضلات تشارك كل منها بدور خاص في إخراج الحركة بشكل متقن ومتوافق .

هذا يعني أن للعضلات أدواراً مختلفة باختلاف الحركة المطلوبة ، هذا يؤدي إلى تصنيف العضلات من حيث مشاركتها في العمل إلى أنواع مختلفة هي :-

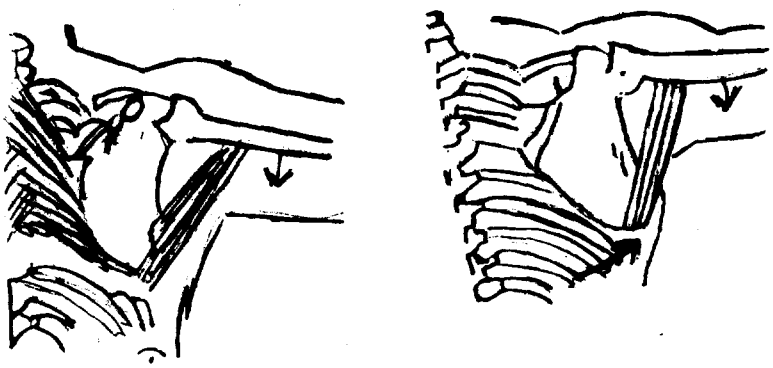
أ- العضلات المحركة الأساسية Prime Movers :

العضلة المحركة هي العضلة التي تكون مسؤولة مسؤولية مباشرة في التأثير على الحركة ، ومعظم حركات الجسم البشري تسببها عضلات محركة عديدة يكون بعض منها على درجة من الأهمية دون بعضها الآخر فتعتبر محركات أساسية ، أما العضلات الأخرى التي تشارك كعضلات محركة بحكم انقباضها تحت ظروف خاصة تعتبر مساعدة ، كما أن هناك نوعاً آخر من العضلات قد يشارك في حالات التغلب على مقاومات عالية تسمى عضلات الطوارئ ، هذا الاختلاف في التصنيف هو اختلاف نسبي تتباين فيه الآراء ، حيث إنه يصعب تحديد المدى الذي يمكن عنده اعتبار هذه العضلة محركة أساسية أو مساعدة ، ويرى بعضهم أن العضلات الأكبر والأقوى والأكثر تأثيراً على حركة المفصل المراد تحريكه هي التي يمكن أن توصف بأنها أساسية .

ب- العضلات المثبتة أو الساندة Stabilizing :

هذه المجموعة من العضلات تحتوي على عضلات يمكن أن تنقبض انقباضاً ثابتاً لتثبيت بعض أجزاء الجسم ضد شد العضلات المنقبضة ، أو ضد الجاذبية ، أو ضد تأثير العزم أو الارتداد في بعض الأنشطة ، وأهم وظيفة تغلب على عمل هذه العضلات هي تثبيت طرف العظمة التي ترتبط بها العضلة المنقبضة ، وساندة عندما يكون الطرف أو الجذع مثبتاً ضد الجاذبية في حين يتحرك الجزء البعيد من الجسم مثل حركة اليد أو القدم أو الرأس في الثني ، توجد هذه العضلات على الجانب المقابل للجانب الذي توجد فيه العضلات المحركة الأساسية . قد تعمل هذه العضلات بالشد الخفيف لتسهيل عمل العضلات الأساسية . ويعتمد مقدار الشد على سرعة الطرف المتحرك .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (15)

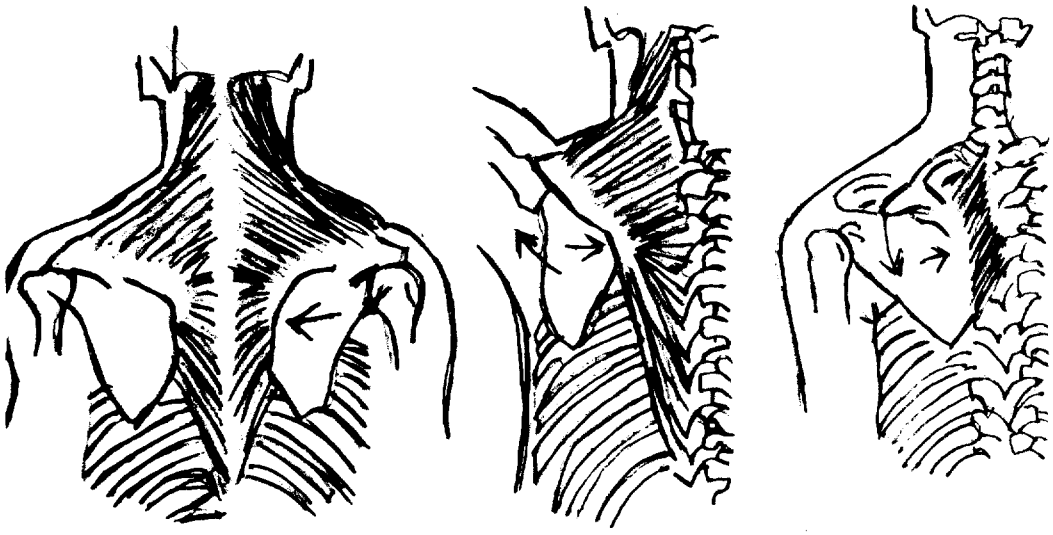
نموذج للعضلة المثبتة أو الساندة

جـ- العضلات المكافئة أو المكافئات Guiding and Synergist :

تعمل هذه العضلات على منع عمل غير مرغوب فيه للعضلات المحركة ، فإذا كان الغرض هو القبض فقط ، في حين أن العضلة المحركة يؤدي انقباضها إلى القبض والتقريب فإن إحدى العضلات المسؤولة عن التبعيد تعمل في هذه الحالة كعضلة مكافئة لإلغاء الجزء الخاص بالتقريب كعمل غير مرغوب فيه .

وتشترك أحياناً عضلتان محركتان في العمل نفسه ، ولكن من الممكن أن تؤديا أعمالاً أخرى متضادة . فالعضلة المدورة لأعلى والمقربة في الوقت نفسه عندما تنقبض بالمشاركة مع عضلة مدورة لأسفل ومقربة فإن العضلتين تشتركان في التقريب في حين تلغي التدويرة كل منها الأخرى .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (16)

نموذج لعمل العضلات المتكافئة

د- العضلات المضادة أو المقابلة Contralateral :

وهي العضلات التي لها تأثير عكسي للعضلات المحركة لوجودها في الجانب العكسي للمفاصل من العضلات المحركة ، فبعضهم يطلق عليها (الجاذبة العكسية أو المقابلة) فقابضات المرفق أمام الذراع ، وتعتبر مضادة للعضلات الباسطة للمفصل نفسه والتي تقع خلف الذراع . دور العضلات المضادة في كبح جماح حركة الطرف المتحرك عند وصوله إلى الحد النهائي لمدى حركة المفصل بانقباضها لحظياً يتناسب مع القوة الانقباضية للعضلات المحركة ، وبالتالي مع سرعة الطرف المتحرك .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

وبمجرد انقباض العضلات المقابلة تبدأ العضلات المحركة بالارتخاء ، وحتى إن لم تبدأ بالارتخاء فإن انقباض المضادة سوف يحمى اربطة المفصل من ناحية ، ويسمح باستكمال العزم اللازم لإتمام الحركة من ناحية أخرى .

أي يمكن القول إن العضلة المضادة أكثر من عمل ، فهي تشترك في الحركة بارتخائها لكي لا تعيق عمل العضلات المحركة ، وفي الوقت نفسه تعمل بالانقباض الفعلي كتوقيف بعد تحقيق غرض الحركة ، وذلك لحماية المفصل من الإصابة .

كما لا بد من الإشارة إلى أن اشتراك أكثر من عضلة واحدة في عمل معين لا يعني أن جميع العضلات تعمل في اتجاه واحد ، أو تشترك جميعها بالمقدار نفسه ، بل تختلف فيما بينها من حيث الأهمية النسبية لمسؤولية القيام بذلك العمل ، فعلى سبيل المثال نجد أن العمل العضلي أثناء ثني مفصل المرفق يؤدي إلى انقباض العضلة ذات الرأسين العضدية مركزياً أي اقتراب نهايتيهما من بعضهما وفي الوقت نفسه تبتعد نهايتا العضلة ذات ثلاثة الرؤوس العضدية عن مركز العضلة ، ففي هذه الحالة يطلق على العضلة ذات الرأسين العضدية عضلة محركة ، أما دور العضلة ذات ثلاثة الرؤوس العضدية فتكون مضادة . يصبح القول بالعكس على عمل العضلتين السابقتين أثناء مد المرفق ، حيث تصبح العضلة ذات الثلاثة رؤوس عضلة محركة بينما تعمل العضلة ذات الرأسين العضدية بشكل مضاد .

ولا بد من الإشارة هنا إلى أن هناك مصطلحين استخدما في تصنيف العمل العضلي سبق أن استخدما من قبل (ماك كونيل) أستاذ التشريح الإيرلندي معتمداً على مسافة الاتصال بين طرفي العضلة بالعظمة العاملة عليها ومحور المفصل هما :

أ- عضلات الجهد السريع : وهي تلك العضلات التي تكون المسافة بين اتصالها

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

بالعظمة المتحركة ، وهذا يعني أن خط شد العضلة يعطي قدراً كبيراً من المكونات التدويرية مثل العضلة العضدية ذات الرأسين .

ب- العضلات المحولة : تكون المسافة بين اتصالها بالعظمة المتحركة ومحور المفصل أكبر من مسافة اتصالها بالعظمة الثابتة ، وهذا يعني أن خط شد العضلة يعطي قدراً كبيراً من المكونات التثبيتية مثل العضلة العضدية الكعبرية . يظهر عمل هذا النوع بوضوح في الحركات السريعة ذات التأثير الطردي على المفصل والتي تؤثر على أربطته في اتجاه الخلع .

- تركيب العضلة :

تتكون العضلة من عدة آلاف من الألياف العضلية ، وتغطى كل ليفة عضلية بنسيج رابط وغشاء يدعى (اندويسيوم) يشكل كل 20-10 ليفة عضلية حزمة تدعى الحزم الأولية ، وتغطى هذه الحزم بنسيج رابط يدعى (بريمسيوم) ، وتغطى كل مجموعة من الحزم معاً مكونة ما يدعى (الحزم الثانوية) ، وتشترك مجموعة من الحزم الثانوية معاً مكونة حزماً ثالثية . تغطى العضلة بكاملها بنسيج رابط يدعى (ابيمسيوم) الذي يحمل الحزم كافة وحدة واحدة .

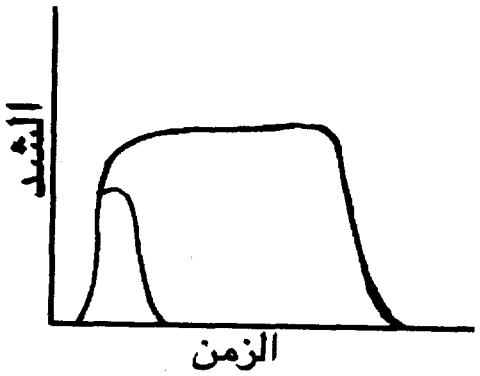
وتسمى الليفة العضلية الخلية العضلية ، وسميت الليفة لأن لها شكلاً خيطياً تتخذه الليفة ، ويظهر الاختلاف في الخلايا العضلية من حيث طول الليفة وقطرها في الأطفال بشكل خاص ، فبعض الألياف تأخذ طول العضلة نفسها ، في حين يكون بعضها أقصر كثيراً ، وقد وجد في بعض العضلات ألياف عضلية طويلة تصل إلى 30 سم كما هو الحال في العضلة الخياطية (Sartoruis) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

تنمو الألياف العضلية تنمو في الطول والقطر منذ ولادة الطفل وحتى سن البلوغ ، حيث يتضاعف قطرها إلى خمسة أضعاف تقريباً ، إلا أن زيادة عدد الألياف مازال غير مؤكد في جسم الإنسان ، فالعدد الذي يولد به الطفل من ألياف عضلية ، وأن العضلة الواحدة تبقى كما هي طول حياته ، لكن هناك بعض البحوث الحديثة أظهرت أن الليفة العضلية تنقسم طولياً تحت تأثير التدريب المرتفع الشدة باستثناء ما يفقده نتيجة الإصابة .

إذن زيادة حجم العضلة نتيجة التدريب يعود إلى زيادة قطر الليفة العضلية إضافة إلى زيادة عدد الألياف ، وهذا العدد يختلف من فرد إلى آخر وله علاقة بعلم الجينات .

معظم الألياف العضلية الهيكلية ذات طبيعة انتفاضية ، حيث إنها تستجيب إلى الإشارة فيحدث الشد أو التوتر ، وتستغرق الإشارة $\frac{1}{100}$ من الثانية حتى تصل إلى قمتها ، ثم تبدأ بالتلاشي . وتصل الإشارة على شكل وابل من النبضات المتتالية ، ومع وصول الإشارة تبدأ الليفة العضلية في الاستجابة حتى تصل أقصى توتر لها . (لاحظ الشكل رقم (17) .

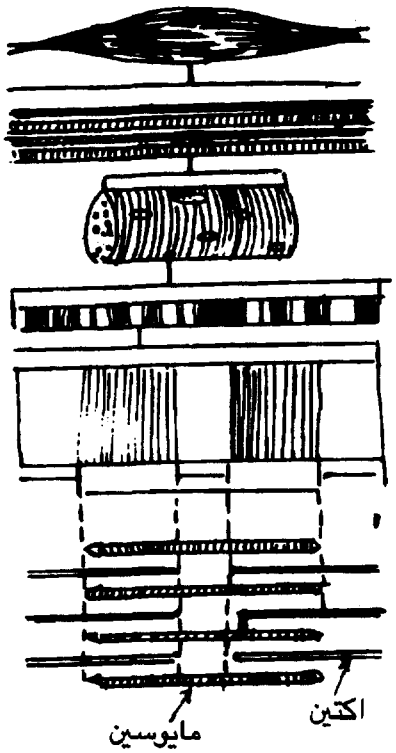


شكل رقم (17)

يوضح مقدار الاستجابة لليفة العضلية

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

تستمر الاستجابة للإثارة حتى تصل إلى مرحلة تعرف (تيتان Tetanus) ،حيث تعطي الليفة أقصى استجابة تحت تأثير الإشارات المتكررة ، ومع استمرار هذه الحالة تظهر حالة التعب على الليفة العضلية فيحدث هبوط أو تلاش في مقدار التوتر أو الشد في الليفة العضلية التي يكون كل من المايوسين والأكتين المسؤولين الأساسيين عن هذه الحالة ، وهما نوعان من البروتين موجودان في الليفة العضلية أو الليفات المرتبة على شكل حزم طويلة داخل الليفة العضلية الواحدة (تقدر بـ 1000 لويفة أو أكثر) لاحظ الشكل رقم (18) لمخطط الألياف العضلية ونسبتها (3 :1) من تركيب العضلة المايوسين واللاكتين .



شكل رقم (18)
يوضح مقطعاً لليفة عضلية مكبراً ومكوناتها

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

فعند امتداد العضلة عن طولها الطبيعي تبتعد خيوط اللاكتين (النحيفة) عن المايوسين (السميكة) ، ويظهر الفرق بين لوني حزم اللاكتين والمايوسين . أما في حالة بقاء العضلة في طولها الطبيعي فهناك تداخل الخيوط تماماً عند الانقباض العضلة . وهناك بعض العوامل المؤثرة في وظيفة العضلة هي :-

1- الوحدة الحركية Motor Unit :

تتكون العضلة في جسم الإنسان من مجموعة من الوحدات الحركية ، وتتكون كل وحدة حركية من مجموعة من الألياف العضلية تتجمع من مجموعات وظيفية لها أحجام مختلفة ، ولكل منها وصلة عصبية لتوصيل التنبيه . ويكون لكل ليفة عضلية نهاية عصبية واحدة . ويمكن أن تتوزع الوحدة الحركية على عدة سنتمترات ، وتتداخل مع ألياف الوحدات الحركية الأخرى ، وهناك استثناء نادر في أن هناك اختلافاً في مكونات الوحدة الحركية باختلاف العضلات ، واختلاف موضع الوحدة داخل العضلة .

فالوحدة الحركية قد تحتوي (100-1200 ليفة عضلية) ، وذلك باختلاف العضلات ونوع العمل الذي تؤديه ، فالحركات التي تحتاج إلى تحكم دقيق كحركات الأصابع وعضلات العين تنتج غالباً من وحدات حركية قليلة الألياف العضلية . أما الحركات التي تتميز بالقوة كالحركات التي تنتجها العضلة ذات أربعة الرؤوس الفخذية فتحتاج إلى عدد كبير من الوحدات الحركية .

ولما كان الجهاز العصبي المركزي يتحكم في الانقباض لتحقيق سهولة الانقباض وسلامته وانسيابيته ، فالنيوترون الذي ينبه الوحدة الحركية ذات الألياف البطيئة عادة يكون أكثر حساسية في نقل الومضات العصبية إلى الوحدات الحركية ، في حين بالنسبة للألياف السريعة الاستثارة ، وعليه فإن الألياف البطيئة تسبق في الانقباض عندما تكون الحركة المطلوبة سريعة ، وبعدها تبدأ الألياف السريعة في الانقباض لتدعيم قوة الانقباض وسرعته . وبذلك يستطيع الجهاز العصبي استثارة عدد أكبر من الوحدات الحركية ، أو تقليل الأعداد المشاركة في الانقباض .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

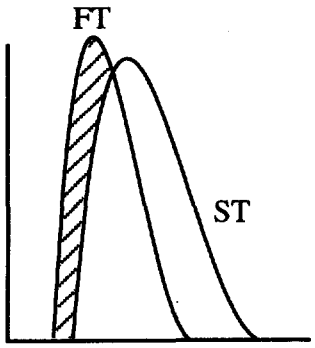
2- أنواع الألياف العضلية :

تتخذ الألياف العضلية عدة أشكال من حيث التركيب الشكلي أو الخلوي الكيميائي وكذلك الخصائص الحركية . ونظراً إلى أن هذه الاختلافات من العلامات المميزة للعضلات في تصنيفها فقد اهتم العاملون في مجال البيوميكانيك بها ، وقد ظهرت تصنيفات محددة للألياف العضلية تعتمد على كيميائية التركيب الخلوي للألياف .

وألياف الوحدة الحركية من الممكن أن تكون أسرع استجابة من ألياف أخرى في الوحدة نفسها ، فتصل إلى أقصى توتر ، أو شد ممكن قبل أن تستجيب باقي ألياف الوحدة . وبناء على هذه الخاصية المميزة للألياف العضلية فقد تم تصنيفها إلى نوعين هما الألياف السريعة الانقباض (FT) ، والألياف البطيئة (ST) . وتحتوي معظم عضلات الجسم على كل من النوعين من الألياف . إلا أن نسب وجود هذه الألياف في كل عضلة يخضع إلى عوامل كثيرة أهمها اختلاف الأفراد ، واختلاف حالاتهم التدريبية على الرغم من أنه لم يتم التأكد حتى الآن من أن للتدريب تأثيراً على تحول الألياف من نوع إلى نوع آخر ، فقد أكد (جولنك Gollnick) أن توزيع أنواع الألياف لكل من اللاعب المدرب على القوة واللاعب المدرب على التحمل يبقى في حدود النسبة نفسها التي تم الحصول عليها من شخص عادي غير مدرب ، بينما في بحوث أخرى وجدوا معتمدين على عينات من العضلات أن أبطال العالم في السباقات التي تحتاج إلى القوة ، والسرعة والقدرة تغلب نسبة الألياف السريعة على عضلاتهم ، والعكس في السباقات التي تحتاج إلى درجة عالية من التحمل .

إن الفرق بين (FT) و(ST) والموضح في الشكل البياني رقم (19) يمكن توضيحه إلى أن الأولى تحتاج إلى نصف الوقت الذي تستغرقه الثانية للوصول إلى أقصى توتر ثم العودةللارتخاء .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (19)

إن الفرق بينهما يعود أساساً إلى تركيز مركب (ATP) في الألياف السريعة ، إضافة إلى أن الألياف السريعة تزيد من مساحة مقطعها عن البطيئة ، ولهذا السبب إضافة للأسباب الأخرى فإن هذه الألياف تعطي شداً أو توتراً أعلى من البطيئة ، ولكنها أيضاً تتأثر بالتعب بشكل أسرع ، لكنها (أي السريعة) تتميز بالقدرة على عمل انقباضات ذات طاقة عالية ولفترات محددة ، ويغلب عليها ألياف العضلات التي تتطلب انقباضاً لحظياً سريعاً كعضلات جفون العين .

تنقسم الألياف السريعة (FT) إلى نوعين رئيسيين أحدهما يعادل الألياف البطيئة (ST) في سرعة ظهور التعب ، وقد اعتمدت البحوث العديدة على الخصائص السابقة وصنفتها إلى ثلاثة أنواع :-

1- الألياف البطيئة ، نموذج (1) .

2- الألياف السريعة ، نموذج (2أ) .

3- الألياف السريعة ، نموذج (2ب) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

هناك تصنيف آخر :

1- الألياف البطيئة التأكسد (So) .

2- الألياف السريعة :

أ- السريعة التأكسد الجليكوجيني (FoG) .

ب- السريعة الجليكوجين (FG) .

ولعدم الخوض في هذه التصنيفات التي اعتمد بعضها على سرعة ظهور التعب في هذه الأنواع نكتفي بالقول إن الألياف العضلية البطيئة والسريعة يظهر التعب فيها بمعدل أعلى . كما أن العديد من العضلات الهيكلية تحتوي على كلا النوعين بنسب متفاوتة بين عضلة إلى أخرى ومن فرد لآخر ، فعلى سبيل المثال نجد أن العضلة النعلية (Soles) والتي تعمل على ضبط القوام تحتوي على ألياف (ST) بالدرجة الأولى . ومن ناحية أخرى نجد أن ذات أربعة الرؤوس الفخذية تحتوي على عدد أكبر من الألياف السريعة ، وبشكل عام يلاحظ أن عضلات الرجال تحتوي على ألياف بطيئة بنسبة أكبر من السيدات ، وهناك بحوث أخرى تؤكد أن ليس هناك فرق بين الجنسين . وتمثل هذه الألياف السريعة أهمية كبيرة في العديد من الأنشطة الرياضية كالعدو والوثب ، بينما لاعبو الدرجات والمسافات الطويلة والسباحة الطويلة والماراثون يحتاجون إلى ألياف بطيئة ، ولا يظهر فيها التعب بسرعة .

3- البناء الليفي Fiber architicture :

من العوامل الأخرى التي تؤثر في وظيفة العضلة البناء الليفي ، أو ترتيب الألياف للعضلة ، أي طريقة اتصال الألياف داخل العضلة . فهناك اختلافات كبيرة بين عضلات الجسم الواحد من حيث هذا العامل الرئيسي ، هذا البناء يؤثر في مقدار ما يمكن أن تنتجه العضلة وبالتالي المدى الذي يمكن أن تحرك فيه الطرف الذي تعمل عليه .

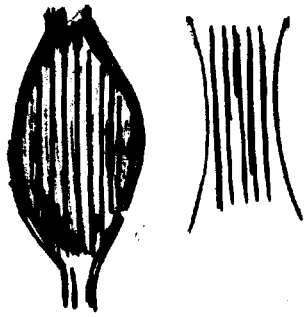
https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

والنوعان هما :-

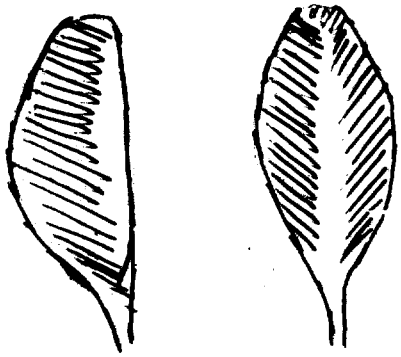
- البناء المتوازي Parallel .

- البناء الريشي Pennate .

ففي البناء المتوازي تتخذ الألياف المسار الموازي لمحور العضلة . شكل رقم (20) يمثل العضلة الخياطية وذات الرأسين العضدية



شكل رقم (20)
يوضح البناء للألياف المتوازية



شكل رقم (21)
يوضح الألياف ذات البناء الريشي

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أما البناء الريشي ففيه تتخذ الألياف مساراً غير متوازٍ . فكل ليفة في هذا البناء قد تتصل بوتر أو أكثر من الأوتار داخل العضلة في شكل رقم (21) مثل (العضلة المستقيمة الفخذية (Rectus Femoris) و(الدالية Deltoid) .

من هذين البنائين ، تتضح أهمية مناقشة بعض العوامل البيوميكانيكية المصاحبة لكل بناء والناتجة عنه . فعندما يحدث التوتر أو الشد في الألياف المتوازية فإن أي تقصير في العضلة يكون سببه الأول تقصيراً في أليافها ، أما عندما يحدث الشيء نفسه في الألياف الريشية البناء فإن الدوران حول أماكن اتصالها سوف يزيد من زاوية الاتصال بالوتر ، وكما هو موضح في أنه كلما زادت الزاوية قلت القوة الناتجة عند الوتر أو الأوتار التي تتصل بها الألياف لتحريك الجزء الذي تتصل به العضلة ، وبمجرد أن تصل زاوية اتصال الليفة العضلية بالوتر إلى 60° نجد أن القوة الناتجة تقل إلى النصف .

وعلى الرغم من ذلك فإن العضلات الريشية غالباً ما تنتج قوى أكبر من العضلات المتوازية البناء والمساوية لها في الحجم وذلك لأن عدد الوحدات الحركية الموجودة بالنسبة لوحدة الحجوم تكون أكبر .

إن تقصير العضلة المتوازية البناء بنسبة أكبر من العضلة الريشية البناء يساعد في زيادة المدى الحركي للطرف المتحرك . لذا نلاحظ أن عضلات الاطراف بشكل خاص يغلب عليها النوع المتوازي الألياف لحاجة الأطراف إلى حركات ذات مدى واسع .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أنوع الانقباض العضلي

(Types of muscle contration)

قسم (فن Fenn 1945) الانقباض العضلي إلى ثلاثة أنواع وفقاً للتغير في طول العضلة ، وعلى الرغم من أن كلمة الانقباض تعني التقصير ، إلا أن معنى الانقباض لا يقف عند هذا الحد من العمل العضلي ، فالتوتر الذي يحدث في الألياف العضلية يطلق عليه معنى الانقباض ، لذا فإن الانقباض في العمل العضلي يشمل صوراً متعددة منها تقصير العضلة ، أو بقاؤها على طولها ، أو تمددها نفسه .

1- الانقباض العضلي المتحرك (بالتقصير) Isotonic Contraction :

يحدث هذا النوع من الانقباض عندما تتوتر العضلة بشكل كاف للتغلب على مقاومة ما ، ويتحرك أحد أطرافها تجاه الطرف الآخر ، ففي حالة وجود الذراع جانباً تعمل عضلات الكتف المبعدة بالتقصير للتغلب على مقاومة الذراع .

فعندما يكون ناتج العزم العضلي كافياً لتحريك الطرف تبدأ العضلة في التقصير ، حيث يتم شد العظام المتصلة بها بحيث تتغير زاوية المفصل الذي تمر عليه العضلة . والليفة العضلية الواحدة قادرة على أن يصل طولها عند الانقباض بهذا الأسلوب إلى نصف طولها الطبيعي ، وهذا النوع من الانقباض يدخل في معظم حركات الجسم العادية والرياضية .

هذا النوع يتم عندما يكون العزم العضلي كافياً لتحريك الطرف فتبدأ العضلة بالتقصير ، حيث يتم شد العظام المتصلة به بحيث تتغير زاوية المفصل الذي تمر عليه العضلة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

2- الانقباض بالتطويل (الانقباض اللامتراكز) Eccentric Contraction :

عندما تستطيل عضلة ببطء مثلما يحدث عندما تكون القوة الخارجية أكبر من القوة الانقباضية المبذولة . فإن هذا الانقباض يسمى الانقباض اللامركزي ، ومصطلح الإطالة مصطلح خاطئ على الرغم من شيوع استخدامه ، فالعضلة لا تطول في حقيقة الأمر ، لكنها تعود إلى وضعها الأصلي ، وعمل العضلات في هذ الحالة (كالفرامل) التي تقاوم الجاذبية الأرضية ، فعضلات الكتف البعيدة تكون في حالة انقباض لامركزي عند خفض الذراع من الوضع جانباً إلى الوضع أسفل (العمل السلبي) ، أي ابتعاد المنشأ عن المدغم كما في حالة إرجاع الحديد إلى الأرض في رفع الأثقال فيزداد عزم المقاومة على عزم العمل العضلي فالعضلة تطول .

3- الانقباض الثابت Isometric Contraction :

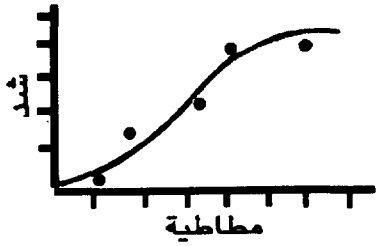
ويسمى الانقباض الايزومتري (أي المطول الثابت) وفيه تتوتر العضلة دون أي تغيير في طولها عند تعادل العزم المضاد الذي تنتجه العضلات ، أي أن العزم يتساوى عنده أي أن محصلة العزوم تساوي صفراً فتزداد مساحة مقطع العضلة المنقبضة ، ويلجأ لاعبو كمال الأجسام إلى إبراز عضلاتهم في أوضاع تكون العضلات منقبضة ايزومترياً . وتستخدم تدريبات تعتمد على الانقباض الثابت في إحدى العضلات لتقوية العضلة المقابلة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

علاقة التمدد (طول العضلة) بمقدار الشد

هناك علاقة مناسبة يمكن أن تعطى عنده العضلة بانقباضها إلى أقصى شد .

1- طول الألياف العضلية والتي تختلف باختلاف العضلات ،لكن القاعدة العامة لهذه الظاهرة هي أن الطول يكون له تأثير في قيم القوة الناتجة ، فإن الألياف الطويلة تنتج قوة أكبر من القصيرة ، ونجد أن طول الليفة في حالة الراحة أقصر قليلاً ، فالشد يكون أقل حيث إن الأكبر طولاً هو الأكثر شداً . أي لتحقيق أقصى قوة انقباضية يجب أن يكون طول العضلة أقرب ما يكون للطول الطبيعي في حالة الراحة مع أهمية زاوية الشد كعامل مؤثر في قيم القوة ، ويوضح الشكل البياني رقم (22) أن زيادة التمدد يعني أن شد الألياف العضلية يزداد ، وأن الزيادة لا تكون مستقيمة وإنما مائلة .



شكل رقم (22)

يوضح علاقة الشد العضلي بالتمدد

ففي البداية تكون زيادة الشد قليلة ، ثم يزداد في الوسط وبعدها تقل زيادة الشد ، وإذا ما وصلت العضلة إلى طولها الكلي قل الشد ، وعند استمرار التمدد فإن العضلة تقطع .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

إن (هوخ موث Hochmuth) يعطي الأرقام التالية لعلاقة التمدد بالشد . إن قيمة الشد العضلي للإنسان في حالة أخذ مقطع فسيولوجي لمجموعة من الألياف العضلية بمساحة 1 سم^2 تتراوح 4-17 كغم/سم^2 وإذا ازدادت هذه الكمية فإنها تعني قطع العضلة .

إن التمدد العضوي هو 14٪ من طول العضلة قياساً لأقصى شد .

تأثير الجاذبية الأرضية والقوى الخارجية على العمل العضلي

من الضروري تحقيق الفهم الكامل لتأثير القوى الخارجية على ناتج العمل العضلي ، على أن يؤخذ في الاعتبار اتجاه الحركة وسرعتها عند التعريف بطبيعة الاستخدام العضلي في الحركات ، فمن الممكن أن تنقبض العضلات لتزويد القوة المحركة أو المقاومة المحركة والتحكم فيها ، كما يمكن أن تكون في حالة ارتخاء تام أثناء هذه الحركة ، فعند رفع كتاب عن منضدة منخفضة هي نفسها التي تعمل لوضعه ، إلا أن الاختلاف يكون في طريقة الاستخدام ، ففي حالة رفع أي ثقل تمثل القوى الانقباضية المصدر الأساسي للقوة المحركة في حين تعمل الجاذبية كمقاومة للحركة . وهنا تنقبض العضلات لامركزياً أو انقباضاً بالتقصير . أما في حالة وضع الثقل فتكون الجاذبية هي مصدر الحركة ، وهنا يلعب الانقباض بالتطويل دور المقاومة للتحكم في حركة الثقل تحت تأثير الجاذبية .

فعند ثني الركبتين في وضع الجثو ، وعودة الجسم بعد ذلك لوضع الوقوف ، ففي ثني الركبتين تعمل العضلات الباسطة للركبة انقباضاً بالتطويل ، ويبدأ توتر هذه العضلات بالقدر الذي يجعلها قادرة على تحمل وزن الجسم في حركته لأسفل والتحكم في هذه

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الحركة . أما عندما ينعكس الحال فإن توتر العضلات يزيد إلى القدر الذي يسمح بحركة الجسم لأعلى تحت تأثير قوة الانقباض اللامركزي (بالتقصير) في العضلات السابقة نفسها .

وفي حالات الاستخدام العضلي لحركات تؤدى في اتجاهات أفقية ، فإن عمل العضلات في هذه الحالة لا يتأثر بشكل مباشر بفعل الجاذبية ، كما أن هناك حالات تتم فيها الحركة بدون أي نوع من المشاركة العضلية ، ويترك الجزء المتحرك تحت تأثير الجاذبية فقط كسقوط الذراع إلى أسفل من الوضع أماماً أو جانباً .

المفاصل

يتكون الجهاز العظمي الهيكلي من عدة وصلات (عظام) تختلف من حيث طريقة اتصالها باختلاف موضعها .

والحركة في مفاصل الجسم تحدث نتيجة للشد الذي يحدث في العضلات العاملة عليه ، وهنا تعمل المفاصل روافع ميكانيكية لها الخواص المميزة نفسها للروافع الميكانيكية في الحياة العادية . فمحور المفصل هو نقطة ارتكاز الرافعة ، والشد العضلي هو القوة المحركة ، أما وزن الجزء المتحرك فهو المقاومة أو القوة المقاومة للحركة (سيتم شرحه لاحقاً) .

ولكل مفصل من مفاصل الجسم خصائصه المميزة سواء كان ذلك بالنسبة لقابلية المفصل للحركة (Mobility) ، أو اتزان وثبات المفصل (Stability) ، وتتأثر كل من هاتين الخاصيتين بعدة عوامل من أهمها أربطة المفصل ، وشكل التمفصل بين العظام ، أو شكل أسطح التمفصل ، وعودة العضلات العاملة عليه وقوتها .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أجريت عدة تقسيمات للمفاصل ، وقد أدى التعدد في التقسيم إلى حدوث نوع من سوء الفهم لأهداف التقسيم . إلا أنه يجدر أن نشير إلى أن الأساس المنطقي في التقسيم يجب أن يعتمد على الناحية التركيبية للمفصل والتي هي المقام الأول .

وينطلق هذا التقسيم من طبيعة الأسطح المتمفصلة ، فإما أن يكون هناك تجويف مفصلي (Articular Cavity) أو لا يكون ، ثم يأتي في المرتبة الثانية طبيعة الأنسجة المحيطة وشكل التمفصل وعدد العضلات .

انطلاقاً مما تقدم يمكن تقسيم المفاصل إلى نوعين رئيسيين هما :

1- مفاصل حرة الحركة Diarthdial .

2- مفاصل عديمة الحركة Synarthrodial .

ويضيف بعض العلماء نوعاً ثالثاً يطلق عليه مفاصل محدودة الحركة Amphiarthrodial ، إلا أننا سوف ندرجه مع النوع الثاني .

1- مفاصل حرة الحركة :

تسمى الزلالية ، حيث تتميز بوجود غشاء يعرف بالغشاء السنيوفي وهو غشاء زلق يفرز سائلاً يسهل حركة المفصل ، كما يتميز بوجود تجويف مفصلي ومحفظة قوية من الأربطة تسمى المحفظة الليفية إضافة إلى تقوية أسطح العظام عند التمفصل . يغطيها غضروف زجاجي ، ويوجد بينهما قرص غضروفي لتسهيل الحركة في معظم الأحيان . كما توجد أربطة داخلية قوية إضافة إلى الأربطة الخارجية في بعض المفاصل .

والمفاصل الحرة سبعة أنواع يمكن توضيحها فيما يلي :-

1- المفاصل الانزلاقية :

تتكون من سطحين مستويين من العظام المتقابلة ، لذا فهي محدودة الحركة مثل عظام رسغ اليد وعظام مشط القدم ، والمفاصل بين فقرات العمود الفقري .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

2- المفاصل الرزية :

يسمح هذا النوع بالحركة على مستوى فراغي واحد ، لذا فإنه يسمى المفصل الأحادي المحور ، مثل مفصل المرفق الذي يسمح بحركة الثني والمد فقط التي تحدث حول المحور العرضي والمستوى السهمي . حيث يكون أحد أطراف عظامها محدباً نسبياً والطرف الآخر مقعراً قليلاً .

3- المفاصل الارتكازية :

وهي مفاصل أحادية المحور إلا أنها تتميز بإمكانية لف إحدى العظام حول العظمة الأخرى . ومحور اللف هو المحور الطولي للعظمة ، ومن امثلتها المفصل الزندي الكعبري والجمجمة مع الفقرة الصنفية الأولى .

4- المفاصل اللقمية :

وهي مفاصل ذات تركيب كروي حقي ، وتتشابه إلى حد كبير مع المفاصل ذات المقطع الناقص من حيث شكل التمفصل ، فهي بيضوية الأسطح ، وتسمح بالقبض والبسط ، فهي مفاصل ثنائية المحور . من أمثلتها المفصل المشطي السلامي لأصابع اليد ، فهي تسمح بالقبض والبسط والتقريب والتبعيد .

5- المفاصل ذات القطع الناقص :

وهي مفاصل ثنائية المحور ،وتتكون نهاية عظمتيها من (كرة وحق) ، تكون الكرة بيضوية الشكل يقابلها حفرة على الجانب الآخر من المفصل ، هذا النوع يسمح بالحركة في مستويين فراغيين (جانبي- آمامي خلفي) ، أي القبض والبسط والتقريب والتبعيد .

وكقاعدة أساسية فإن المفصل ثنائي المحور ويؤدي الحركة الدورانية بدرجات تختلف وطبيعة اتصال عظامه .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

6- المفاصل السرجية :

وهي المفاصل الوحيدة في الجسم التي يمكن أن نعتبرها ثلاثية المحور مثل أصبع الإبهام ، يسمح المفصل بالقبض والبسط والتقريب والتبعيد وقدر محدود من التدوير .

7- مفاصل الكره والحق :

يتكون طرف إحدى الجهاز العظمي من كرة تتحرك داخل حفرة عميقة تسمى الحق ، وللكرة عنق يسهل حركتها داخل الحفرة ، لذا فإن هذه المفاصل من أكثر مفاصل الجسم قابلية للحركة واتساعاً في المدى ومن أمثلتها مفصلا الكتف والفخذ .

أما المفاصل العديمة الحركة فأهم ما يميزها هو عدم وجود تجويف عضلي بين الأسطح المتمفصلة ، وهي ثلاثة أشكال ، فإما أن تكون عبارة عن اتحاد ، أو التئام العظام من خلال نسيج غضروفي . وفي هذه الحالة تسمى مفاصل غضروفية أولية ومن أمثلتها التحام العظم ، وإما أن تكون ارتباطاً قوياً بين عظمتين عن طريق أربطة متوغلة في سطحي التمفصل وحولهما ، أو مفاصل مرتبطة بقرص غضروفي ومجموعة من الأربطة القوية .

- ثبات المفصل وقابليته للحركة :

إن الوظيفة الأساسية للمفصل هي تزويد عظام الجسم بالقابلية الحركية اللازمة . ومع وجود هذه القابلية يتعرض الهيكل لاختلال في قدرته على الثبات . للمفاصل وظيفة ثانوية ترتبط بتزويد الجسم بالثبات حتى تسمح بأداء الحركات المرغوبة فقط ، وتختلف هذه الدرجة من القوة أو الثبات باختلاف نوع المفصل ؛ قدرة المفصل على مقاومة الوضع ، وهناك أربع عوامل مسؤولة عن ذلك ، وهي :-

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

1- أربطة المفصل .

2- الترتيب العضلي حول المفصل .

3- الكبسولة الرباطية .

4- الضغط الجوي .

1- أربطة المفصل :

إن أهم خصائص أربطة المفاصل أنها تتكون من نسيج ليفي قوي مرن بعض الشيء ، وهي تكون على شكل حزم شريطية أو أحبال دائرية المقطع ، وهي تتصل بنهايات العظام المتمفصلة ، وتساعدها على بقائها في هذه العلاقة التي نطلق عليها اسم المفصل ، وتعمل الأربطة على مقاومة الحركات التي يكون المفصل غير مؤهل لها ، فالأربطة الجانبية الإضافية لمفصل الركبة تمنع أي ميل في اتجاه التقريب أو التبعيد ، إلا أن لأربطة المفاصل حدودها في مقاومة الحركات العنيفة والمفاجئة ، لذا فإن تعرض هذه الأربطة لأي شد قد يؤدي إلى إصابتها ، وفي بعض الأحيان تمتد الإصابة لفترات طويلة جداً ، وبالتالي يتأثر ثبات المفصل بشكل ملحوظ .

2- الترتيب العضلي :

تلعب العضلات وأوتارها التي تكسو المفصل دوراً فعالاً في ثبات المفصل خاصة في المفاصل ذات التركيب العظمي المتعلق بحركات الثبات ، ومفصل الكتف نموذج للمفاصل التي تعتمد على دعم العضلات وأربطتها ، فمن عضلات هذا المفصل ، وكلها تعمل في إطار طوق أو حزام يعرف بحزام الكتف ، هذا الحزام له أهمية خاصة في تثبيت رأس عظم العضد في الحفرة العنابية ومنعها من الخلع تحت الظروف العادية . ويعتمد مفصل الركبة على أوتار العضلات في دعم قوته واتزانه .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

3- الكبسولة الرباطية :

تتكون من نسيج ليفي ضام ، يعمل غلافاً لكل عضلة بمفردها ، والأجزاء التي تقع بين العضلات والأجزاء الصغيرة التي تفصل الألياف العضلية خلال العضلة الواحدة ، وطبقاً لموقع العضلات فإن هذا النسيج يختلف من حيث التكوين ، وتتشابه هذه الكبسولة مع الأربطة من حيث مرونتها ، إلا أنها عرضة للشد تحت تأثير الجهد العالي الطويل .

4- الضغط الجوي :

أجريت تجارب كثيرة لدراسة تأثير الضغط الجوي على ثبات المفصل ، وقد ثبت تأثر العضلات ، وكذلك الأربطة بتغيرات الضغط الجوي .

حركات المفاصل بالنسبة للمستويات التشريحية ومدى حركة كل مفصل

يمثل التعريف بحركات المفاصل ، مشكلة من المشكلات التي تعترض المهتمين في مجال البيوميكانيك والتعلم الحركي ، فإن أي حركة من حركات الجسم يجب أن تعرف تعريفاً قاطعاً ودقيقاً بحيث يكون هذا التعريف شاملاً للحركة ومختصراً في الوقت نفسه ، لذا وجدنا وضعها في جدول توضيحي لمفاصل الجسم كافة وحركاتها الأساسية والمستوى التشريحي مع المدى مقيساً بالدرجات .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

جدول رقم (2)
يوضح حركات المفاصل بالنسبة لمستويات الحركة ومدى كل مفصل

المفصل	الحركة	المستوى	الدرجة
القدم	قبض وبسط	أمامي- خلفي	90
أ- بين السلاميات	قبض وبسط	أمامي- خلفي	35-80
ب- المشط السلامي	تقريب وتبعيد	الجانبي	-
	قبض وبسط		
جـ- الكاحل	القلب	مستعرض	-
د- الأصابع	قبض نحو باطن القدم	الأمامي الخلفي	45
	للأعلى نحو القصبة	الأمامي الخلفي	15
الركبة	قبض وبسط	أمامي- خلفي	130-180
	تدوير للخارج	المستعرض	
	تدوير للداخل	المستعرض	
الفخذ	القبض والبسط	الأمامي الخلفي	125
	التقريب والتبعيد	الجانبي	45 للتبعيد
	التدوير للداخل والخارج	المستعرض	
	التقريب والتبعيد المائل	(المستوى المائل*)	
الحوض	دوران أمامي خلفي	الأمامي- خلفي	
	دوران جانبي	الجانبي	
	دوران عرضي	العرضي	
الجزء الصدري القطني من العمود الفقري	القبض والبسط	الأمامي الخلفي	
	الدوران على الجهتين	المستعرض	
	القبض للخارج	الجانبي	
الجزء العنقي من العمود الفقري	القبض والبسط	الأمامي الخلفي	
	الدوران على الجهتين	المستعرض	
	الدوران للخارج على الجهتين	الجانبي	

* المستوى المائل هو مستوى استثنائي يضاف إلى المستويات الثلاث ، ويكون على قدره 45° مع أي مستوى .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

تابع جدول رقم (2)			
المفصل	الحركة	المستوى	الدرجة
حزام الكتف	التقريب والتبعيد	-	
	الرفع والخفض	-	
	الدوران لأعلى وللأسفل	-	
الكتف	القبض والبسط	الأمامي- الخلفي	180°
	التقريب والتبعيد	الجانبي	180°
	التدوير للخارج وللداخل	المستعرض	90°
المرفق	التقريب الأفقي	-	100°
الكعبري الزندي	التبعيد الأفقي	الأمامي الخلفي	150°-180°
رسغ اليد	القبض والبسط	المستعرض	180°
	الكب والبطح	الأمامي الخلفي	90°
اليد	القبض والبسط	الجانبي	25°-60°
السلامي (إبهام- الأصابع)	القبض الكعبري والقبض الزندي	-	
المشط السلامي الأصابع الأربعة	القبض والبسط	الامامي- الخلفي	
للإبهام	القبض والبسط	الأمامي- الخلفي	
	التقريب والتبعيد	الجانبي	
	القبض والبسط	الأمامي- الخلفي	
	التقريب والتبعيد	الجانبي	
	الدوران	المستعرض	
	التقابل	المائل	

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

تطور العظام ونموها

تؤدي عظام الجسم وظيفتين رئيسيتين إحداهما توفير كياناً قوياً يحمي باقي أنسجة الجسم ، ويرعى الوظيفة الأخرى توفير نظام ميكانيكي للحركة التي تنتجها العضلات .

وفي الآونة الأخيرة ظهرت أهمية الدراسة التي تتناول المحافظة على العظام من الأحمال والضغوط التي تتعرض لها بطريقة مختصرة .

- الأحمال الميكانيكية على العظام :

تؤثر القوى في العظام بطرق مختلفة ، فمنها القوى العضلية والقوى الخارجية كالجذب الأرضي والاحتكاك ، ومن أهم الأمور التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار اتجاه القوة المعينة في أحد العظام .

- الضغط والشد واللف أو الزحزحة :

فجسم الإنسان بحكم تكوينه يعمل بقوة ضاغطة على العظام ، وخاصة عظام الطرف السفلي . فكل فقرة من فقرات العمود الفقري عليها أن تتحمل عبء الضغط الناتج عن الوزن أي وزن كل ما يعلوها ، وهذا هو ما يقصد به قوى الضغط أو الانضغاط .

وعكس الانضغاط يكون الشد ، فالشد يتخذ اتجاهاً مضاداً للانضغاط ، وتتعرض له العظام في كثير من الأحيان ؛ فعندما يجلس طفل على أرجوحة فإن وزن الطفل يحدث شداً على الشدادات الساندة للأرجوحة ، وكلما زاد الضغط يحدث الشد في عظام الجسم عند انقباض العضلات .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أما اللف فهو مركب من كل من الضغط والشد ، فهو يتخذ الاتجاه الموازي أو العمودي على السطح ، ويعمل على لف جزء من العظمة بالنسبة للجزء الآخر ، فالقوة التي تعمل على مفصل الركبة موازية للساق هي قوة لف للركبة ، ويظهر ذلك في أداء ثني الركبة ، فكلما زاد الانثناء تأثرت الركبة بقوة أكبر تؤثر بالتالي على أربطة المفاصل ، وأوتار العضلات التي تمنع خروج رأس عظمة الفخذ من مفصلها من عظام الساق .

- الضغط الميكانيكي :

ومن العوامل الأخرى التي يجب الأخذ بها في الاعتبار كيفية توزيع القوى المؤثرة في العظام ، وهذا التوزيع يقصد به ناتج القوة المؤثرة في الجسم ،وبالتالي تأثير هذا الناتج على العظام .

ففي حين يعبر الضغط الواقع على العظام عن توزيعات القوى الخارجية المؤثرة فيها ، فإن الإجهاد Stress يعبر عن توزيعات القوى داخل الجسم عندما يقع تحت تأثير قوة خارجية ، ويمكن قياس الإجهاد بأسلوب مقياس الضغط نفسه ، وهو عبارة عن القوة بالنسبة للحجم .

وإجهاد الضغط ، وإجهاد الشد ، وإجهاد اللف كلها مصطلحات تصف اتجاه الإجهاد ، فيقال إجهاد بالضغط ، أو إجهاد بالشد ، أو إجهاد باللف .

ونظراً لأن الفقرات القطنية تتحمل عبئاً أكبر من الفقرات الصدرية في الوقوف العادي فإنه من المنطقي أن يكون إجهاد الضغط على هذه الفقرات أكبر ، لذا يلاحظ أن هذه الفقرات ذات مساحة أكبر من الفقرات التي تعلوها ، هذه الزيادة في المساحة تقلل من مقدار الضغط الإجهادي الواقع عليها .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

إن إصابة العمود الفقري بالانزلاق الغضروفي في الفقرة الخامسة القطنية لأن غضروف هذه الفقرة يتحمل أكبر مقادير للإجهاد يحدث على العمود الفقري .

فمثلاً سيدة وزنها 625 نيوتن 45٪ من وزن الجسم يؤثر في الغضروف بين الفقرتين الأولى والثانية في حالة الوقوف التشريحي . أما في حالة وجود حمل 222 نيوتن ومساحة سطح الفقرة الثانية 20سم^2 لذا فإن :

$$\text{الضغط} = \frac{\text{القوة}}{}$$

$$= \frac{0.45 \times 625}{\text{20سم}}$$

$$= 14 \text{ نيوتن/سم}^2$$

في حالة حمل ثقل :

$$\text{الضغط} = \frac{222 + 625}{20} = 25.2 \text{ نيوتن/ سم}^2$$

- النسيج العظمي (تركيبه وخصائصه) :

إن النسبة الغالبة من مكونات العظام عبارة عن كربونات الكالسيوم وفوسفات الكالسيوم ومادة الكولاجين والماء ، وتختلف نسبتها باختلاف السن والحالة الصحية للعظام ، وتشكل كربونات الكالسيوم وفوسفات الكالسيوم نسبة 60-70٪ من زون العظمة ، وهذه المواد الأولية تكسب العظمة الصلابة ، وتعتبر المعيار الأول في الحكم على قدرة العظام على تحمل إجهادات الضغوط .

أما الكولاجين فهو مركب بروتيني يضيف قدراً من المرونة ، ويساهم في تحمل إجهادات الشد ، ويوجد عند الأطفال بنسبة اكبر . أما الماء فيشكل 25٪ من الوزن الكلي للعظمة ، وهو يضيف للعظام قوة أكبر .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أما تركيب النسيج العظمي فهو قشري إذا احتوى على 5-30٪ من درجة مسامية ، وإذا بلغ 30-90٪ من المواد غير الأولية في تركيب العظام فيسمى النسيج الإسفنجي . ومعظم عظامنا تتكون من طبقة خارجية لحائية ، وطبقات اسفنجية داخلية ، وإن درجة مسامية العظام تلعب دوراً رئيسياً في قدرة العظام على تحمل الأعباء الميكانيكية التي تتعرض لها . كما أن تركيب العظام يدل إلى حد كبير على ما تتعرض له هذه العظام من أعباء ميكانيكية ، فالتوزيع الدائري في عنق رأس عظم الفخذ مصمم لتحمل الأعباء غير المباشرة .

- أشكال العظم : .

يحتوي الجسم على 206 عظمة تم بناؤها وتشكيلها لتقوم بوظائف محددة من قسمين : الأول في الجهاز الهيكلي ، والثاني في الأطراف . أما أنواع العظام فهنا القصيرة والتي تسمح بحركات انزلاقية محددة ، وتعمل مانعاً للصدمات مثل عظام القص والكاحل .

وهناك العظام العريضة فهي تعمل على حماية أنسجة الجسم ، وتعمل قاعدة واسعة لاتصال عدد كبير من العضلات منها عظام اللوح والقص والضلوع .

العظام غير المنتظمة فهي تتخذ أشكالاً عدة لتحقيق وظائف في الجسم .

أما النوع الأخير فهي العظام الطويلة فهي تشكل الإطار الخارجي للجهاز الهيكلي ، وتتخذ شكلاً اسطوانياً مع وجود نهايات دائرية الشكل تغطيها غضاريف تعمل على حماية العظام من احتكاكها بالعظام الأخرى مثل عظام الساق والفخذ ، وهي قوية وكبيرة لتحمل وزن الجسم ، بينما في الطرف العلوي أقل طولاً ووزناً لتسهيل حركة هذه الأطراف .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

تستمر العظام في نموها وكثير من التغيرات تصاحب هذا النمو ، الذي يحدث نتيجة للنضج حيث تنمو العظام طولياً حتى سن 25 سنة تقريباً ، وتنمو في الحجم أيضاً بزيادة نصف قطرها ، ويحدث بمعدلات عالية قبل سن البلوغ وأثناءه وبعده .

- استجابة العظام للإجهاد :

تتأثر العظام بالأفعال الميكانيكية والإجهادات التي تتعرض لها ، ومن هذه التغيرات :

1- إعادة تشكيل العظمة بعد الإجهادات الميكانيكية وخاصة عند البتر .

2- تضخم العظام : تؤثر الأعمال والتدريبات البدنية على العظام فتتعرض للتضخم ، وهناك اختلاف بين ممارسي الرياضة ، إذ نلاحظ تضخم العظام المستخدمة في نوع معين من الأداء لطرف من الأطراف دون الآخر ، فلاعب التنس المحترف ، ولاعب المبارزة يتميزان بتضخم في منطقة الساعد ، وأكدت الدراسات أن النمو يحدث في العضلات والعظام أيضاً . فنجد لاعبي رفع الأثقال قد حققوا كثافة في العظام ، أي محتويات العظام بشكل يختلف عن الرماة أو العدائين ، ثم نجد لاعبي كرة القدم والسباحين حيث تؤدي التمرينات والتدريبات المنتظمة إلى كثافة العظام .

3- ضمور العظام : في حالة غياب الإجهاد الميكانيكي فإن العظام تضمر عندما لا يستخدم الطرف بشكل طبيعي ، وتصل أحياناً إلى 25٪ من كمية الكالسيوم الموجود في العظمة ، أي فقدانه وترسبه في الدم ثم الكليتين ثم ظهور الحصوة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الباب الثاني

الجاذبية الأرضية

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الفصل الأول
الجاذبية الأرضية

ماهية الجذب الأرضي

يفضل مراجعة موضوع القوة وقوانين نيوتن حتى تتضح أمامنا معنى الجاذبية الأرضية بشكل أفضل ، والتي تعني علمياً مقدار جذب كافة الجزيئات المكونة لجسم ما لجزيئات جسم آخر .

وحيث إن هذه القوة تعتبر قوة من نوع آخر ومن نوع خاص تختلف عن غيرها من أشكال القوى الخارجية الأخرى ، إذ أنها قوة ذات تأثير وعمل ثابت على كافة الأجسام الموجودة على سطح الأرض سواء أكانت هذه الأجسام ثابتة أم متحركة طوال ما كان وجودها داخل نطاق هذه الجاذبية وفقاً لقانون نيوتن الثالث وإن قوة لها مقدار (ق) نفسه ومضادة لها في الاتجاه سوف تؤثر حيث يفترض نيوتن بأنه توجد قوة لها طبيعة القوة الناتجة عن التأثير المتبادل بين كتلتين وفق قانون الجذب :

مقدار قوة الجذب المتبادل بين كتلتين تتناسب تناسباً طردياً وعكسياً مع مربع البعد بين مركزيهما وتعمل على الخط الواصل بينهما :

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

$$\text{ق ر } 1 = V_1 \times \frac{\text{ك}_1 \text{ك}_2}{\text{ر}^2}$$

حيث إن V1 = ثابت الجاذبية (32 قد/ث^2) (9.8 م/ث^2) (980 سم/ث^2)

ك = الكتلة

ر = البعد بين الكتلتين

فإذا ما قورنت الاختلافات الطفيفة بين أوزان الأجسام مهما كبرت بوزن الأرض ينتج عنها قيمة ثابتة لتأثير قوة الجاذبية الأرضية قرب سطح الأرض ، فكلما زادت المسافة بين مركز الأرض وجسم ما قلت قوة الجاذبية الأرضية ، وإن مقدار التعجيل الأرضي يقل كلما ازداد الارتفاع عن سطح الأرض ، وإن وزن أي جسم يقل كلما ارتفع الجسم عن سطح الأرض . فالشخص الذي كتلة (50 كغم) يقل إلى (8 كغم) على القمر تقريباً ، وهذا يعني أن جاذبية القمر أضعف وجذبه أقل . أما المسافة من مركز الأرض إلى مستوى سطحها في القطب تصل إلى (6357 كيلومتراً) وهي أقل من المسافة بين المركز وخط الاستواء ، ويصل إلى (6378 كيلو متراً) ، ويؤدي هذا إلى أن قوة الجذب الأرضي عند خط الاستواء أقل بـ (0.2٪) من القطب (يكون الجذب الأرضي في خط الاستواء 9.77 م/ث^2 وفي القطب 9.83 م/ث^2) ، لأن الأرض تأخذ شكلاً مفلطحاً عند القطبين ، أي أن مسافة السطح إلى مركز الأرض تزداد بمقدار (13 ميلاً) تقريباً إلى خط الاستواء عما هو في منطقة القطبين ، هذا الفرق يبدو صغيراً إذا ما وضعنا حجم الأرض بالاعتبار ، لكن له تأثير مهم على الأنشطة الرياضية التي تتضمن طيران الأجسام أو قذفها كما في مسابقات الوثب والرمي . ونلاحظ أن الأرقام الأولمبية والعالمية تشير إلى أهمية الاختلافات التي تسببت في تقدم الأرقام وتأخرها وارتباطها بموقع إقامة البطولة أو الدورة الأولمبية ، فمثلاً وجد أن الأرقام

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

المسجلة في فعاليات رمي الرمح والقرص والثقل والوثب الطويل والعالي والزانة قد قلت في مدينة هلسنكي الواقعة على (خط عرض 60° شمالاً) عن كولمبس اوهايو الواقعة على (خط عرض 40° شمالاً) ، كذلك مدينة المكسيك التي تقع على خط عرض (20°) قرب خط الاستواء وعلى ارتفاع حوالي ميل عن سطح البحر قد اعتبرت من المواقع الجغرافية المثالية لهذه المسابقات ، حيث سجلت فيها أفضل الأرقام ، وهكذا فإن قوة الجذب الأرضي تقل حوالي 0.3٪ بالمقارنة مع القطب .

وزيادة الارتفاع عن سطح الأرض لا يعمل فقط على إبعاد اللاعب عن مركز الأرض ، بالتالي تنخفض الجاذبية المؤثرة عليه ، وتنخفض مقاومة الهواء ضد حركة اللاعب والأداة ، إذ أن الهواء في هذا الارتفاع يصبح أقل كثافة وبالتالي تقل المقاومة .

فإذا ما عرفنا أن الجاذبية هي نتيجة جذب فيما بين الأرض وكافة الأجسام فوق سطح الأرض ، وحيث إن كل جزيئات هذه الأجسام تشترك في هذا العمل ، فإن هناك قوى متوازية عديدة تنتج عن ذلك ، وعند إضافة هذه القوى لبعضها فإننا نحصل على ما يسمى (المحصلة) هذه القوى واحدة من مركز الأرض إلى مركز كتلة أي جسم على سطحها .

وعلى ذلك فإن قوى الجاذبية تكون دائماً قوى عمودية لأسفل تجاه مركز الأرض ، ويمكن اعتبارها ذات تأثير على مركز كتلة هذه الأجسام مهما كان موقعها ، ولهذا فإن مركز ثقل الجسم سواء أكان إنساناً أو غيره يمكن أن تعبر عن وزن الجسم بكامله وتؤثر قوة الجذب الأرضي على مركز الثقل مباشرة ، فعندما يقف شخص ما على لوحة الميزان فإن قوة الجذب تقوم بشدة للأسفل ، وتقابل هذه الحركة مقاومة من قبل زمبرك الميزان ، وهذه المقاومة أو الفعل هو ما يسجله مؤشر الميزان والمعبر عن وزن الفرد .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

وحيث إن قوى الجاذبية تقوم بالشد عمودياً باتجاه مركز الأرض ، فإن الخط المار من مركز الثقل للأسفل يعرف بخط الثقل .

مما تقدم يمكن التعبير عن العلاقة بين القوة التي تصدرها الأرض (قوة الجذب على الجسم) تسمى الوزن ، وهذه القوة تتناسب طردياً مع الكتلة (كتلة ذلك الجسم) ، لذا فإن الشخص الذي وزنه 980 نيوتن يبلغ مقدار الجذب عليه من الأرض ضعف الشخص الذي وزنه 490 نيوتن ، وأن مقدار وزن ذلك الشخص يقل كلما ارتفع عن سطح الأرض .

كما يلعب وزن الجسم في تأثيره على أداء اللاعب ، فكلما ازداد الوزن يعني أن كتلة اللاعب قد ازدادت ، يجب أن لا تبطئ هذه الزيادة من سرعة حركة ذلك الجسم من خلال تمارين السرعة التي تكافئ تمارين المقاومة (تزيد من وزنهم العضلي*) طبقاً لمتطلبات الفعالية ، من ملاحظتنا نلخص ما تقدم بالنقاط التالية :-

1- مركز ثقل جسم ما يتحرك وكأن جميع أوزان الأجزاء أو كتل تلك الأجزاء قد تجمعت فيه ، وأن تأثير الجذب الأرضي يقع عليه مباشرة .

2- بدون قوى خارجية لا يمكن أن يتحرك مركز ثقل الجسم .

3- إن مجموع سرعة حركات أجزاء الجسم تساوي سرعة حركة مركز الثقل .

4- تؤثر قوة الجذب الأرضي في تأثيرها في جميع الفعاليات والأنشطة الرياضية المختلفة .

5- تلعب قوة الجذب الأرضي تأثيراً إيجابياً في فعاليات التزحلق على الجليد من مكان مرتفع والغطس إلى الماء مثلاً .

---

* الوزن العضلي يعنى أن الشخص البالغ نسبة العضلات إلى الوزن 40-45٪ للرجال والإناث من 35-40٪ وفي دراسة أخرى يشكل الوزن العضلي 50٪ من الوزن الكلي .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مركز الثقل

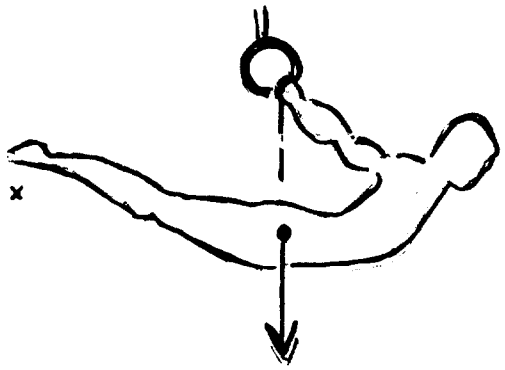
لقد تم وصف مركز الثقل بأنه النقطة التي يتزن حولها جسم ما ، أو هي النقطة التي يمكن أن يتمركز حولها وزن الجسم .

تختلف الأجسام من حيث شكلها ومظهرها الخارجي ، وإن كانت متساوية في الوزن ، وكما نعرف أن الجسم يتكون من عدد كبير جداً من الجزيئات ولتأثير قوة الجذب الأرضي على الأجسام يكون عادة اتجاهه إلى الأسفل أي باتجاه مركز الأرض ، وأن محصلة القوى المؤثرة تساوي وزن الجسم الذي يمر خط عمله بنقطة مركز الثقل ، أو بأن القوة تؤثر على الجسم في نقطة معينة أطلق عليها القوة المركزة .

أما القوى التي تؤثر في كل نقطة أو جزء معين من سطحه فتسمى القوى الموزعة (من الناحية النظرية) ، أما من الناحية الواقعية فإن القوى المحركة ماهي إلا محصلة لبعض مجموعات من القوى الموزعة ، وفي البيوميكانيك قوى الجاذبية الأرضية المؤثرة على جسم تسمى محصلة قوى الجاذبية لجسيمات هذا الجسم دون اعتبار لشكل الجسم وعدم انتظامه ، فكل جسم له نقطة وهمية يتزن حولها الجسم .

فإذا عملت قوة منفردة مساوية لوزن الجسم بشدة عمودياً عند نقطة مركز الثقل فالجسم سوف يستقر متزناً بصرف النظر عن احتمال دورانه حول مركز ثقله لاحظ الشكل (23) .

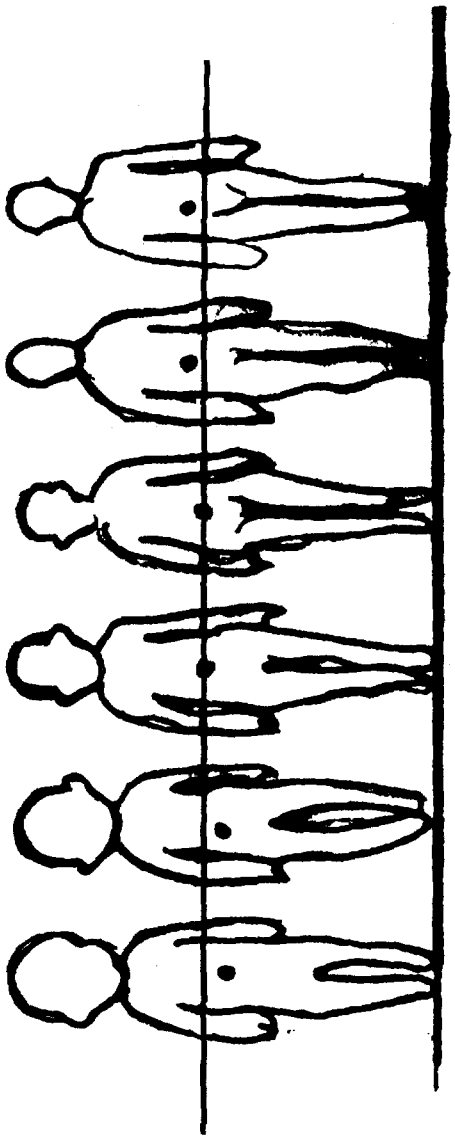
https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (23)
يوضح توازن الجسم في حالة التعلق

أما في جسم الإنسان الذي يتكون من أجزاء عديدة (الرأس ، الرقبة ، الجذع ، الأطراف العليا والسفلى) وأنها تختلف فيما بينها من حيث أوزانها التي تشكل الوزن النهائي للجسم . فلو أخذنا وضع الجسم أثناء الوقوف الاعتيادي فإن هناك عوامل تؤثر على نقطة مركز الثقل ، ولو تتبعنا شكل جسم الإنسان أثناء مرحلة السينية المختلفة نجد أن موضع مركز الثقل يتغير بتقدم السن أي بتغيير المقاييس الجسمية (لاحظ الشكل 24) حتي يبلغ ارتفاعه 56.8٪ من طول الشخص مقيساً من أسفل الكعب ، لكن في أواخر القرن التاسع عشر وجد العالمان (براون وفشر) أن ارتفاع مركز ثقل الجسم (54.8٪) ، ومن الضروري الإشارة إلى نقطة موضع مركز الثقل تختلف باختلاف الجنس ، فالتكوين الجسمي لرجال يؤثر على موضعه حيث يكون أعلى من النساء ، ووجد العالم كروسكي (1912م) أن المسطح العرضي عند الرجال أعلى قليلاً من النساء ، حيث بلغ متوسط الارتفاع (56.8٪) عند الرجل و(55.44٪) عند النساء ، بينما في مصدر علمي آخر وجد بأنه يتراوح من (53٪-56٪) من الطول الكلي للفتاة (54٪-57٪) عند الرجال .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



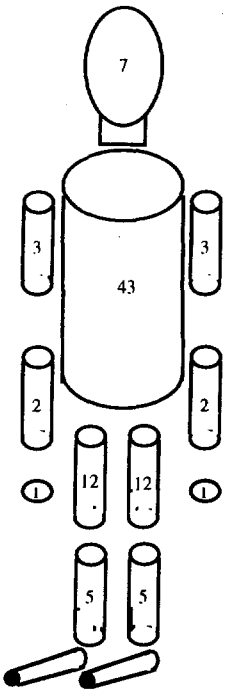
شكل رقم (24) يوضح موقع مركز الثقل بتقدم السن

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

إن طبيعة الاختلاف تكمن في عوامل تؤثر على موضعه والتي يمثلها عرض الكتفين عند الرجال أو عرض الحوض عند النساء .

وأجرى العالم (بالمر) دراسة أخرى استمرت لفترة طويلة من الزمن ، وكانت عينة دراسته 596 ولداً أو 576 بنتاً من يوم ميلادهم حتى بلوغهم سن العشرين وعلى ثماني عشرة جثة فوجد أن ارتفاع مركز الثقل بصرف النظر عن العمر والجنس يساوي :

557٪ من الطول + 1.4 سم (مقيساً من أسفل القدم) .



شكل رقم (25)
اجزاء الجسم وأوزانها النسبية

كما أن لنوع التدريب والفعالية أو اللعبة التي يمارسها اللاعب تأثيرها على مركز الثقل وموضعه فعند لاعب القدم الذي يتميز بضخامة أطرافه السفلى ورافع الأثقال ينخفض لمتطلبات الفعالية التي تتميز بالاتزان الثابت لقرب مركز الثقل من مركز الجذب الأرضي ، بينما لاعب الجمباز الذي يتميز بضخامة أطرافه العليا من جسمه فإن مركز الثقل مرتفع . كما أن أوضاع الجسم وأطرافه تؤثر أيضاً ، فمن الوقوف فتحاً والذراعين جانباً يكون مركز الثقل أوطأ مما لو كانت الذراعان عالياً . ووضع الجسم في البداية المنخفضة يساهم في زيادة سرعة انطلاق العداء عنه البداية من الوقوف . لذا نجد عند

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

جانباً يكون مركز الثقل أوطأ مما لو كانت الذراعان عالياً . ووضع الجسم في البداية المنخفضة يساهم في زيادة سرعة انطلاق العداء عنه البداية من الوقوف . لذا نجد عند دراسة حركة الإنسان يقابلنا نظام معقد من القوى المؤثرة والتي تعمل بخط ثقل إلى الأسفل محصلتها وزن الجسم . وأن أوضاع الجسم التي يتخذها أو تحريك أي جزء من أجزاء الجسم يتسبب في انتقال مركز الثقل ، ومسافة انتقاله تتناسب مع وزن الجزء المتحرك تناسباً طردياً (البداية المنخفضة ينتقل مركز الثقل إلى خارج الجسم) الدحرجة الأمامية .

كما أن الثبات للجسم مهم في أنواع كثيرة من الألعاب الرياضية كالملاكمة والمصارعة والجودو ، لكن هذه الألعاب تحتاج في الوقت نفسه إلى الانطلاق السريع ، والتي لا يمكن أن تتم عندما تكون قاعدة الارتكاز واسعة باتجاه الحركة ، لذلك تؤخذ الوضعيات المناسبة ، وفي الوقت نفسه يكون الجسم متهيأ للحركة السريعة .

طريقة تحديد مركز الثقل

من أجل تحليل دقيق للحركات الرياضية ، كالقفز على الحصان مثلاً أو أثناء الوقوف المتوازن أو أثناء الطيران في الوثب الطويل كان من الضروري معرفة مسار حركة مركز ثقل الجسم كنقطة معبرة عن حركة أجزاء الجسم أو أطرافه كلها ، ولمعرفة ذلك توجد طرق عديدة متنوعة ، لكن لا بد لنا من أن نفرق بين نوعين من الأجسام الصلدة :

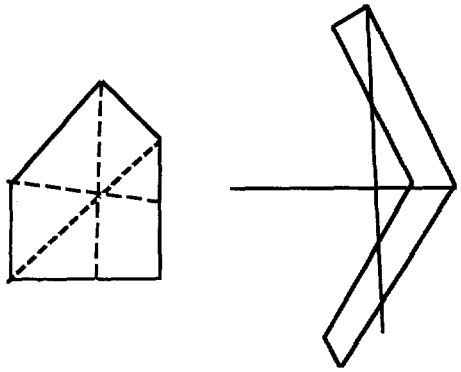
الأول : منتظم الشكل .

ثانياً : غير منتظم الشكل .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

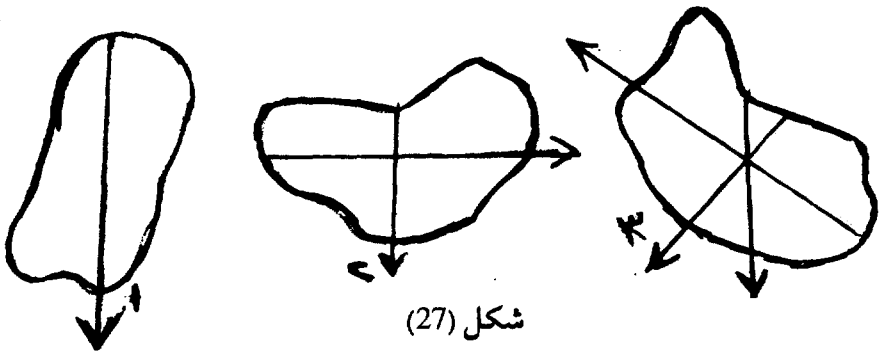
في الجسم الصلد المنتظم نجد أن مركز الثقل يتمركز في وسطها (كما في الشكل رقم 26) أي في مكان تقاطع الخطوط جميعها يكون مركز الثقل .

أما في الأجسام غير المنتظمة فإن تحديد مركز الثقل يتم من خلال تعليق ذلك الجسم من عدة نقاط ولعدد من المرات ، وتؤشر نقطة اتزانه بالخط الرأسي النازل من تلك النقطة باتجاه الجذب الأرضي . نقطة تقاطع هذه الخطوط تمثل مركز الثقل (كما في الشكل 27) .



شكل (26)

يوضح طريقة تحديد مركز ثقل جسم منتظم



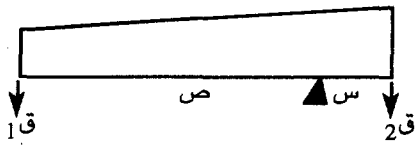
شكل (27)

يوضح طريقة تحديد مركز ثقل جسم غير منتظم

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أما في حالة تحديد مركز ثقل قضيب غير منتظم نجد أن النقطة التي يرتكز عليها تمثل مركز الثقل ، ويتم احتسابها من خلال قانون الروافع (لاحظ الشكل 28)

$ق_1 \times ذ = م \times ذ$



شكل (28)

يوضح طريقة تحديد مركز ثقل جسم غير منتظم

مما تقدم يظهر أن توازن الأجسام يتم من خلال :

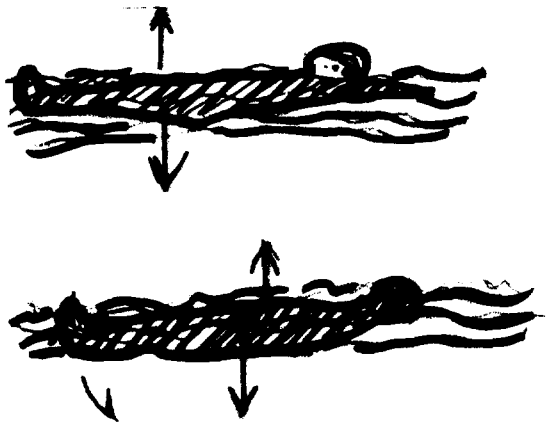
1- محصلة القوى المؤثرة عندما تساوي صفراً ، أي لا تكون هناك قوة محصلة تعطي للجسم حركة خطية في أي اتجاه .

2- محصلة العزم المزدوج يكون أحدهما مع عقرب الساعة ، والثاني عكس عقرب الساعة ، وبالتالي يساوي صفراً .

أما جسم الإنسان والذي تمثله نقطة مركز ثقله ، والتي نجد استخراجها مهماً لتحديد مدى التطابق بين مسارها ، وما ينبغي أن تكون عليه الحركة وفق الأسس والقوانين الميكانيكية التي تحد الحركة ، أي أن المسار الحركي لجسم معين في حالة الطيران ، أو أثناء حركة معينة فنقصد به مسار مركز ثقله ، وعند دراستنا لتأثير قوة معينة في جسم تتم الإشارة إلى أن القوة المؤثرة تؤدي بالجسم إلى أن يتحرك انتقالياً أو دائرياً من خلال معرفة مركز ثقل ذلك الجسم في الحالات التي يقع فيها الجسم تحت تأثير قوتين كما في حالة الطفو على سطح الماء ، حيث تؤثر قوة الجذب الأرضي إلى الأسفل ، بينما رد فعل الماء بعكس الاتجاه أي إلى الأعلى ، ففي هذه الحالة يجب تحديد مركز الثقل عندما

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

لا يمر خط عمل ردفعل الماء بمركز ثقل الجسم والذي يؤدي إلى حركة دائرية أي هبوط الجسم السفلي إلى الأسفل نتيجة اختلاف عزوم القوة ، أما إذا كان خط عمل رد فعل الماء يمر بمركز الثقل فإن الجسم يبقى أفقياً فوق سطح الماء لتساوي عزوم القوى المؤثرة فيه (لاحظ الشكل 29) .



شكل (29)

يوضح طريقة تحديد مركز ثقل جسم غير منتظم

ولتحديد مركز ثقل الجسم وإيجاده أثناء الحركات الرياضية نأخذ في الاعتبار أن جسم الإنسان يختلف عن الأجسام الصلدة التي يسهل إيجاد مركز ثقلها حيث يتكون جسم الإنسان من أجزاء مختلفة في الطول والوزن ، واختلاف أوزانها النوعية لأن الجسم يتكون من عظام وعضلات وشحوم ومواد أخرى ، لذلك نجد كثيراً من الباحثين حاولوا دراسة تحديد نقطة مركز الثقل من وضع الحركة .

1- طريقة لوح الثقل النوعي :

يرجع الفضل في ابتكارها إلى العالمين (رينولدز ولوفت) وتتلخص الطريقة باستعمال لوح طوله (2.5م) بعرض متر واحد . يرتكز اللوح الخشبي على حافتين

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

حادتين كما في الشكل (92) . تتثبت إحدى الحافتين في (أ) على ميزان ، والحافة (ب) على لوح خشبي بحيث يكون اللوح أفقياً تماماً ، وأن وزن اللوحة يكون موزعاً على النقطتين أ ، ب .

تسجل قراءة الميزان ($ق_1$) ثم يستلقي الشخص على اللوحة لتسجل قراءة الميزان ($ق_2$) ، عندئذ يمكن حساب المسافة الأفقية بين الخط النازل من مركز ثقل الجسم ونقطة (ب) التي تمثل أسفل القدمين من خلال المعادلة التالية :

البعد بين أسفل القدمين ومسطح مركز الثقل يساوي :

$$\frac{\text{(القراءة الثانية - القراءة الأولى) المسافة بين الحافتين}}{\text{الوزن}}$$

فلو أخذنا شخصاً وزنه (800 نيوتن) بلغت القراءة الأولى (80 نيوتن) والقراءة الثانية (500 نيوتن) . ما مقدار البعد بين أسفل القدمين ومسطح مركز الثقل ، علماً بأن المسافة بين حافتي اللوح (2 متر) .

$$\text{م} = \frac{2 \times (80 - 500)}{800} = 1.05\text{م}$$

أي أن ارتفاع خط مركز الثقل يقع على بعده 1.05م .

هذه الطريقة تستخدم لتحديد مسطح مركز الثقل .

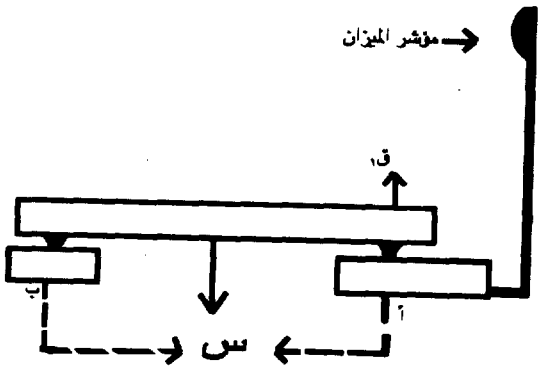
2- طريقة نظرية لتعيين مركز الثقل :

نأخذ الخطوات التالية عندما نريد تعيين مركز ثقل الجسم في مرحلة معينة :

1- نأخذ صورة فوتوغرافية اعتيادية أو صورة تخطيطية للجسم في المرحلة الحركية المعينة والمراد تعيين مركز ثقل الجسم فيها .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

توضع الصورة داخل زاوية قائمة ، وهذه الصورة يجب أن لا تكون صغيرة ((10×10سم على الأقل) والمفاصل واضحة مؤشرة في الغالب . (لاحظ الشكل 30) .



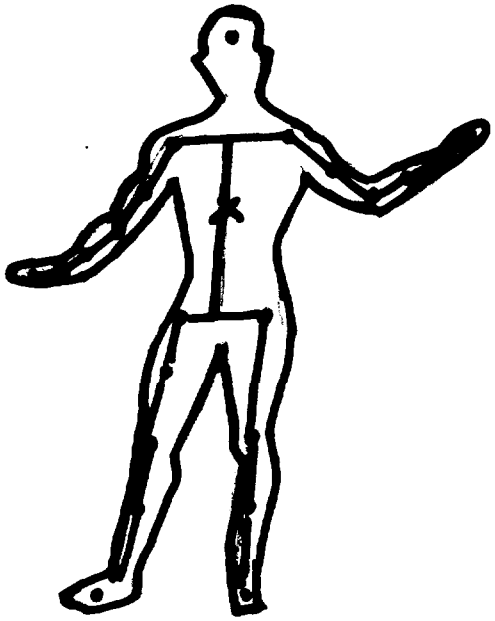
شكل رقم (30)
صورة تحليلية لتعيين مركز ثقل الجسم

2- تعيين مراكز ثقل أعضاء الجسم المختلفة على الصورة ، وهذا يتم بقياس المسافة بين كل مفصلين لأعضاء الجسم المختلفة على الصورة .

نضرب المسافة في رقم الوزن النسبي الموضح في الجدول رقم (3) والتي تم الحصول عليها عن طريق التجربة على أجسام ميتة كثيرة أخذ معدل وسطها بالنسبة المئوية مقيساً لمجموع وزن الجسم .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

جدول رقم (3) يوضح اسماء الأجزاء والوزن	
عضو الجسم	الوزن (٪)
الرأس	٪7
الجذع	٪43
الفخذ	٪12
الساق	٪5
القدم	٪2
العضد	٪3
الساعد	٪2
الكف	٪1



ملاحظة : في حالة الصورة على المستوى الأمامي للجسم تؤخذ لكل من الفخذ الأيمن والأيسر والقدم والساق والعضد والساعد والكف مع ملاحظة استخراج الجذع وتحديد مركزه موضحاً في الشكل رقم 31) .

شكل رقم (31)
يوضح نقاط مراكز ثقل أعضاء الجسم

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

د- على أساس الصورة الموجودة في الزاوية القائمة ، وعلى أساس تحديد مراكز أثقال الأعضاء المختلفة للجسم مع وزنها نعمل الجدول التالي :-

جدول رقم (4)
يوضح أجزاء الجسم وبعده الأفقي والعمودي والوزن النسبي

أجزاء الجسم	الوزن (٪)	مع البعد الأفقي	مع البعد العمودي
الرأس	0.07	(1.63) 23.5	(6.34) 90.5
الجذع	0.43	(24.7) 57.5	(32.4) 75.4
العضد الأيسر	0.03	(1.66) 55.2	(2.49) 83.0
العضد الأيمن	0.03	(1.66) 55.2	(2.49) 83.0
الساعد الأيسر	0.02	(1.52) 76.00	(1.5) 74.9
الساعد الأيمن	0.02	(1.52) 76.00	(1.5) 74.9
الكف اليمني	0.01	(0.89) 89	(0.63) 63
الكف اليسرى	0.01	(0.89) 89	(0.63) 63
الفخذ اليمنى	0.12	(7.4) 61.7	(6.64) 55.3
الفخذاليسرى	0.12	(7.40) 61.7	(6.64) 55.3
الساق اليسرى	0.05	(2.75) 54.9	(1.71) 34.1
الساق اليمنى	0.05	(2.75) 54.9	(1.71) 34.1
القدم اليسرى	0.02	(1.26) 63	(0.32) 15.8
القدم اليمني	0.02	(1.26) 63	(0.32) 15.8
المجموع		57.3	65.3

إن خطي الاتجاه الأفقي والعمودي هماللذان يعينان المسافة بينهما وبين نقاط مراكز أعضاء الجسم المختلفة ، والتي تقاس من الصورة ، إن المسافة يجب أن تضرب بالوزن النسبي للعضو . ثم يجمع الحقلان ويقسمان على رقم 100 .

يتم تحديد البعدين الأفقي والعمودي وتقاطعهما من نقطة تعبر عن مركز الثقل .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

إن هذه الطريقة تحتوي على بعض الأخطاء لأن وزن مركز ثقل أعضاء الجسم المختلفة ومسافته ، أخذ معدلها ولا تنطبق كلياً على كل رياضي ، إضافة إلى حدوث بعض الأخطاء في قياس المسافات في الصورة ، لذا يكون تعيين مركز الثقل تقريبياً .

التوازن

إن التوازن في الحركات الرياضية يمكن معرفته عن طريق العلاقة بين قوى الجاذبية وموضع مركز الثقل .

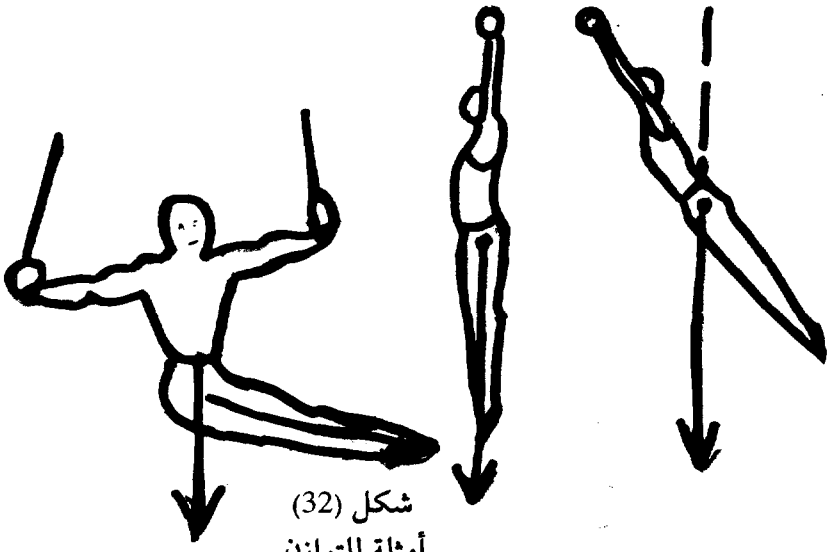
إن التوازن يتم عندما تكون محصلة القوى الخارجية المؤثرة على الجسم تساوي صفراً :

$$ق_1 + ق_2 + \text{الخ} = \text{صفراً}$$

وكل جسم ساكن يكون متوازناً في القوى المؤثرة وتعجيله يساوي صفراً وإن محصلة عزوم القوى المؤثرة على الجسم حول محور ما تساوي صفراً .

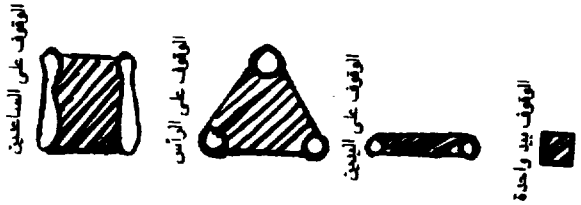
وللتوازن في المجال الرياضي أهميته الكبيرة بحصول الرياضي على أفضل النتائج خاصة في فعاليات الجمباز عند التعلق بالحلق أو بالعقلة (لاحظ الشكل 32) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل (32)
أمثلة للتوازن

إن القوى الخارجية المؤثرة على جسم لاعب الجمباز هنا تعمل أحياناً على ثباته وأحياناً أخرى على إعاقته ، فعندما يقع مركز ثقل الجسم خارج قاعدة الارتكاز فإن الجسم يصبح غير متوازن مثل البداية المنخفضة في الركض والتي تساهم في زيادة سرعة انطلاقه بينما يكون التوازن والثبات مهمين في رفع الأثقال ، وأهمية وقوع مركز الثقل ضمن قاعدة الارتكاز الكبيرة لزيادة ثبات الجسم ، كما في الوقوف على اليدين والرأس بينما يقل التوازن والثبات عند الوقوف بيد واحدة (لاحظ الشكل 33) .



شكل رقم (33)
أمثلة مختلفة لقاعدة الارتكاز

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

وهناك توازن متحرك وهو قليل الحدوث ، والمقصود به حركة الجسم بسرعة خطية وزوايا ثابتة عندما يكون عزم القوة والمقاومة يساوي صفراً .

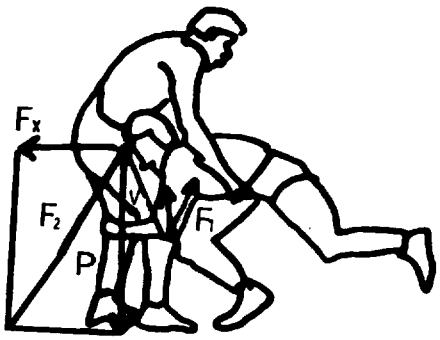
أنواع التوازن

قسم التوازن طبقاً لمقدار القصور الذاتي للجسم إزاء القوى الخارجية المؤثرة والتي تعرف (القوى الخارجية) «هي تلك القوى التي تأتي من الخارج وتؤثر في جسم الإنسان» حيث إن تأثير هذه القوى الخارجية والمضادة لها تسلط على جسم الإنسان والمحيط الذي هو فيه يؤدي إلى تغيير في مسار مركز ثقل الجسم وحتى على وضع مركز الثقل مما يؤثر على درجة ثبات الجسم وتوازنه .

أما أنواع التوازن فقد اتفقت المصادر العلمية على ثلاثة أنواع منه هي :

1- التوازن غير الثابت :

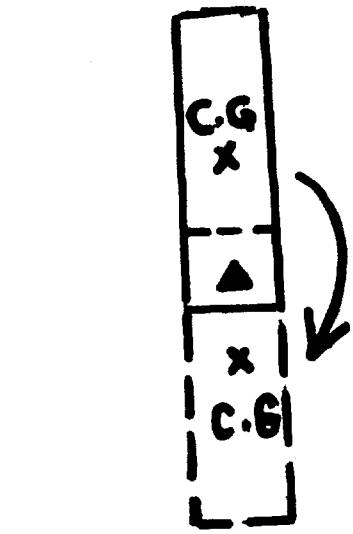
وهو ذلك النوع الذي يقع فيه مركز ثقل الجسم فوق نقطة الارتكاز مثل الوقوف على الساعد والوقوف على الذراعين في الجمباز ، أي أن قوة خارجية تستطيع تغيير حالة الجسم ليستمر بعدها في حركته وتغيير حالة اتزانه الأصلية ، أي أن القوى المؤثرة تأتي نتيجة لوزن



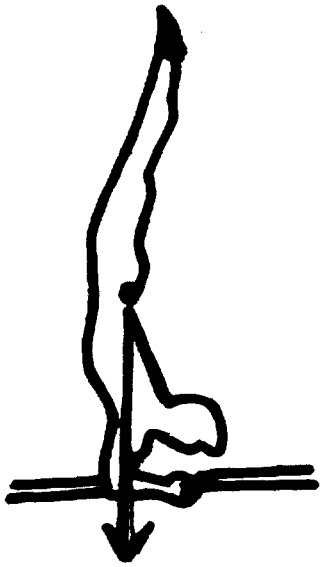
الشكل رقم (35)
يوضح قوة الذراعين وقوة دفع الخصم لإخراجه عن قاعدة التوازن

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الجسم المؤثر فيه (فعل الجاذبية الأرضية) ورد فعل السطح الذي يستند عليه اللاعب ، ولاعب العقلة أثناء دورانه يصل إلى أعلى قمة فيكون مركز ثقله فوق نقطة العقلة (الاستناد) فيكون قلقاً ، وتؤثر فيه القوى فتغير وضعه وبالتالي يسقط مركز الثقل إلى أسفل العقلة . وفي لعبة المصارعة يحاول المصارع إخراج مركز ثقل المصارع الآخر ليجعله قلقاً برفعه عن الأرض . (الشكل رقم 35) بسحب رجلي خصمه نحوه مستنداً على فخذي خصمه باليدين ويدفعه بقوة باستخدام الكتف بالاتجاه المعاكس .

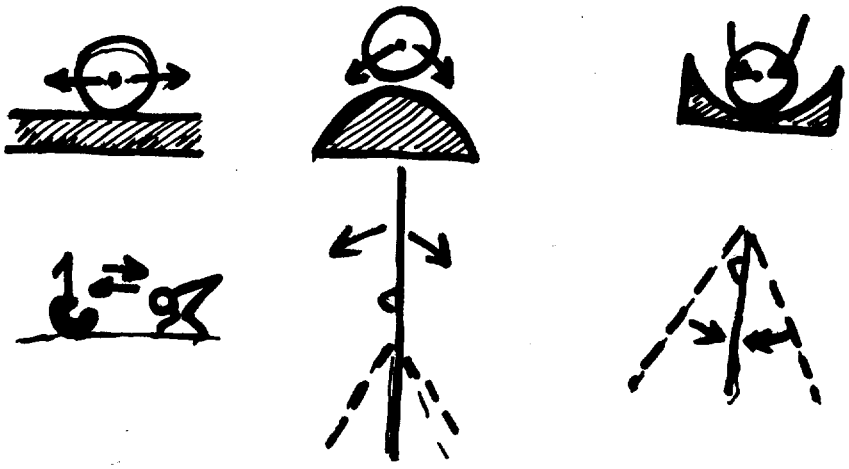


2- التوازن المستمر : عندما يكون مركز الثقل ضمن نقطة الاستناد فإن الجسم يستمر في حركته بما يتناسب وكمية الحركة أو القوة المؤثرة لحين توقفها ، فلاعب الجمباز على العقلة يستمر في حركته بقوة معينة بعد حالة توازنه القلقة (وضح سابقاً) (لاحظ الشكل رقم 35أ) والحالة نفسها في الدحرجة الأمامية والخلفية حيث يقع مركز ثقل اللاعب ضمن قاعدة استناده (اليدين) فيستمر في إكمال حركة الدحرجة بتأثير قوة معين ة لاحظ بعض أشكال الفعاليات في (شكل رقم 36) .



شكل رقم (35 أ)
التوازن الثابت

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

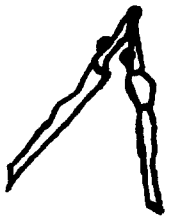


شكل رقم (36)
يوضح أنواع التوازن (جـ المستمر ، ب القلق ، أ المستقر)

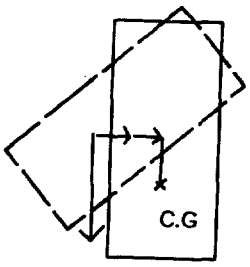
3- التوزان الثابت : عندما يكون مركز الثقل تحت نقطة الاستناد يتحرك الجسم باتجاه تأثير القوة ، ولكن الجسم لا يلبث أن يعود إلى وضعه الأصلي ، فلاعب العقلة عندما يكون مركز ثقله أسفل العقلة وعند التأثير عليه بقوة سواء داخلية أو خارجية بأي اتجاه فلا يلبث أن يعود إلى وضعه بعد استنفاذ القوة المحركة له ، مثل الحركة البندولية على العقلة .

لاحظ الأشكال(37 ، 38 ، 39 ، 40 ، 41) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

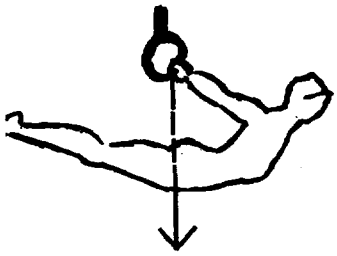


شكل رقم (37)



شكل رقم (38)

شكل رقم (39)



شكل رقم (40)

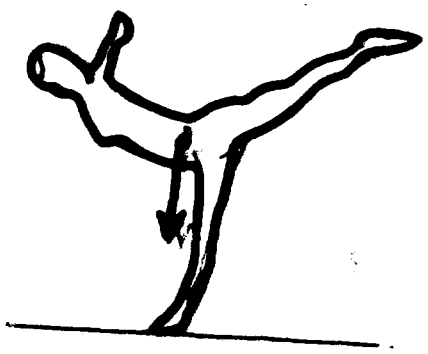
أمثلة على التوازن الثابت

يستفاد من هذا المبدأ في الكثير من الحركات الرياضية وفي الحياة العامة للحصول على الثبات اللازم للتغلب على القوى الخارجية المؤثرة على قصوره الذاتي ، فالجسم المتزن الذي يسقط بتأثير قوة 50 نيوتن هو أقل ثباتاً من الجسم الذي لا تتمكن تلك القوى من التغلب على قصوره الذاتي .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مما تقدم يمكن القول إن الثبات في جميع الحركات الرياضية يبقى ، وهذا يعني أن الجسم يبقى ثابتاً ، عندما يرجع إلى وضعه الأصلي عند تأثير قوة خارجية عليه ، وبما أن جسم الإنسان غير صلد وإنما هو معقد التركيب ، ويتكون من أجزاء متحركة وله قوة كثيرة مؤثرة ، أصبح من الصعب معرفة توازنه ومركز ثقله ، آخذين بعين الاعتبار عمل العضلات عند ملاحظة التوازن . إن الصعوبة في أخذ وضعيات ثابتة معينة للجسم تكمن في دقة التوافق العضلي وكبت الحركات الزائدة مع صلابة أجزاء معينة من الجسم وثباتها مثل حركة الميزان (كما في الشكل 41) .

إن الثبات الكبير للجسم مهم في أنواع كثيرة من الألعاب الرياضية كالملاكمة والمصارعة والجودو ، لكن هذه الألعاب تحتاج في الوقت نفسه إلى انطلاقات سريعة ولا يمكن أن تتم إلا عندما تكون قاعدة الارتكاز كبيرة باتجاه القوة أو الحركة .



شكل رقم (41)

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

ولذلك تؤخذ الوضعيات المناسبة في الوقوف حيث تكون قاعدة الارتكاز كبيرة وفي الوقت نفسه يكون الجسم متهيأ للحركة السريعة ، حيث يفقد المصارع توازنه عندما تكون الزاوية المحصورة بين خطي مركز الثقل قبل المسكة والخط النازل من مركز ثقل المصارع الثاني والتي هدفها أن المصارع المطبق للمسكة له قاعدة ارتكاز أكبر فإن مركز ثقله يكون أو جزء منه يؤدي إلى فقدانه حالة التوازن ، ولا يستطيع إبداء مقاومة (لاحظ الشكل 41) لذا يحاول المصارعون رفع الخصم وكلما ارتفع مركز الثقل أمكنهم أداء المسكة الملائمة مستغلين الجاذبية الأرضية استغلالاً أمثل .

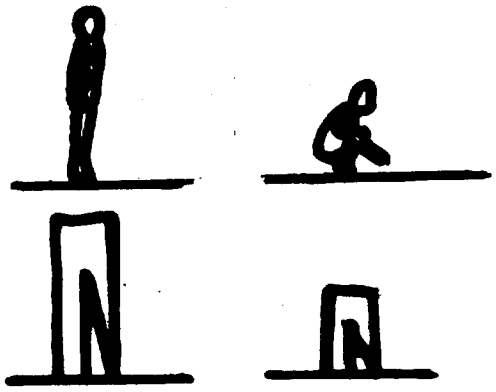
أسس درجة الثبات

عند ركوب الحافلة يحاول الفرد بعد توقفها المفاجئ من تقديم إحدى رجليه أي يوسع قاعدة ارتكازه وللحد من سقوطه ، وعند استلام كرة قوية في كرة اليد يحاول اللاعب تحريك إحدى رجليه خلفاً ليوسع من قاعدة ارتكازه اللازمة للمحافظة على ثباته ، ويحاول رافع الأثقال توسيع قاعدة ارتكازه عند حمل الأثقال ورفعها ، وعند الوقوف على الرأس يستخدم لاعب قاعدة ارتكاز مثلثة الشكل ليزيد من كبر قاعدة ارتكازه ، على ضوء ذلك نجد أهمية ملاحظة الأسس التالية لزيادة درجة ثباته :

1- كلما انخفض مركز الثقل إلى الأرض ازدادت درجة الثبات . فالمصارع يحاول أن يبقى في حالة التوازن قدر المستطاع بخفض مركز ثقله في منطقة توازنه الواقعة بين قدميه ويديه .

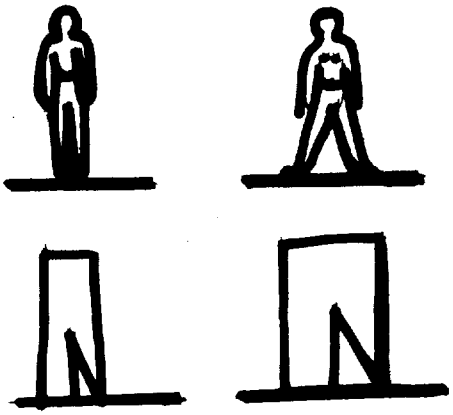
حامي الهدف في كرة القدم يحاول أن يزيد من درجة ثباته بخفض مركز ثقله (لاحظ الشكل رقم 42) ليقلل من زاوية السقوط .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (42)
يوضح علاقة الثبات بارتفاع مركز الثقل

الأساس الثاني : إذا اتسعت قاعدة الارتكاز في اتجاه خط القوة المؤثرة ، فإنه يجنب الجسم فقدان توازنه نتيجة للدفع أو رمي كرة بسرعة بتقديم إحدى القدمين عند تعرضه لقوة الدفع (كما في الشكل 43) .



شكل رقم (43)
علاقة الثبات بقاعدة الارتكاز

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

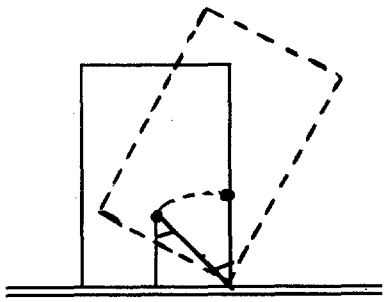
الأساس الثالث : خط الثقل وهو الخط العمودي الذي يمر بمركز ثقل الجسم ويقع مسقطه ضمن قاعدة الارتكاز (كما في تصميم سيارات السباق ذات السرعات العالية) .

الأساس الرابع : كتلة الجسم : وهي أساس وعامل هام في الاحتفاظ ، فلإسقاط مصارع كتلة 100كغم يتطلب قدراً كبيراً من القوة المطلوبة إذا بلغ 60كغم أي أن الجسم الثقيل يكون أثبت من الأقل كتلة .

الأساس الخامس : الاحتكاك ، لهذا العامل أثر ه الكبير على الاتزان وخاصة في أنشطة الانزلاق على الثلج .

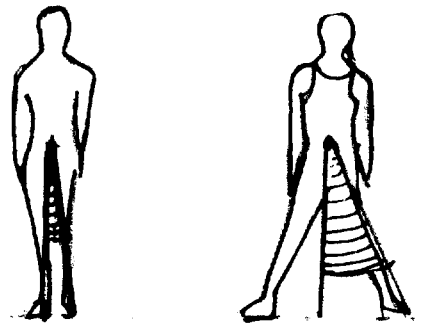
الأساس السادس : الشكل التركيبي لأجزاء الجسم : اختلاف أوضاع الجسم أو بعض اجزائه تعمل على الاحتفاظ بحالة الثبات ، فكلما كان مركز الثقل يقع ضمن قاعدة الاتزان أدى إلى ثبات أكبر .

الأساس السابع : زاوية السقوط ، إن العلاقة بين اتساع مساحة قاعدة الارتكاز وارتفاع مركز ثقل الجسم يحدد الزاوية التي يسقط عندها الجسم ، يطلق عليها زاوية السقوط ، فهناك علاقة طردية بين درجة الثبات ومقدار زاوية السقوط حيث تكون درجة الثبات كبيرة كلما كبرت زاوية السقوط ، لاحظ الشكلين رقم (44 ، 45) .

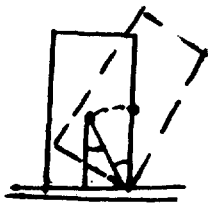


شكل رقم (44)
علاقة الثبات بزاوية السقوط

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (44)
علاقة الثبات بزاوية السقوط



شكل رقم (45)
علاقة الثبات بارتفاع
مركز الثقل عن الأرض

مقاييس درجة الثبات

تتحدد درجة الثبات بثلاثة مقاييس هي :

1- المقياس الهندسي : يمكن الاستدلال على درجة الثبات من خلال زاوية السقوط التي تعرف بظلها ، أي معرفة الخط النازل من مركز ثقل الجسم باتجاه قاعدة الاستناد وبين المسافة الأفقية بين موقع مركز الثقل وحافة السقوط ، حيث إن :

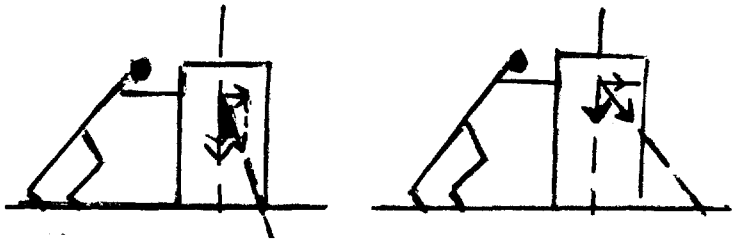
$$\text{ظل الزاوية} = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$$

المقياس الديناميكي : يكون متعلقاً بوزن الجسم ، من خلال مقارنة عزم القوى المؤثرة مع عزم الجسم ووزنه ، ففي حالة توازن الجسم يكون مجموع عزوم القوة المؤثرة فيه تساوي صفراً ، أما إذا كان عزم القوة المؤثرة أكبر من عزم الوزن فذلك يعني اختلال الاتزان والتأثير على ثباته .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

عزم القوة = عزم المقاومة

فعند دفع صندوق مثلاً تقع محصلة قوة دفع الرجل الأفقية وقوة وزن الجسم والمتمثلة بالخط العمودي داخل قاعدة الارتكاز . وإذا اخذنا جسماً أخف نجد أن محصلة القوتين تقع خارج قاعدة الارتكاز بسبب قصر الخط العمودي الذي يمثل وزن الجسم (لاحظ شكل رقم 46) .



شكل رقم (46)
يوضح علاقة الثبات بالوزن
(أ) الوزن الخفيف ، (ب) الأثقل

- مقياس الطاقة : يقصد به الطاقة المصروفة للتغلب على ثبات الجسم ، ويتوقف على مقدار الشغل ، وينبغي تحديد المسافة التي يقطعها مركز ثقل الجسم كي يصل فوق حافة السقوط أو يخرج منها ، ففي اتساع القاعدة وانخفاض مركز الثقل يكون الشغل المبذول أكبر مما لو كانت القاعدة ضيقة ومركز الثقل مرتفعاً .

وبصورة أكثر دقة وشمولية نستطيع توضيح التوازن وطريقة خفضه واسترجاعه ، فلو تصورنا جسماً متماسكاً يقف على قاعدة ذات حجم محدود فإنه يكون متزناً ، ذلك لأن هناك خطاً عمودياً ماراً بمركز رأسه إلى تلك القاعدة الواقف عليها هذا الجسم المتماسك ، حيث إن الوزن يؤثر كمحصلة عبر هذا الخط وله عزم حول حافة تلك القاعدة الواقف عليها والتي تعمل على حفظ الجسم في وضعه الأصلي لو اهتز قليلاً حول الحافة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

وعندما يصبح مركز الثقل مباشرة فوق الحافة فإن إزاحة أخرى ، ولو كانت قليلة جداً ، ستؤثر على وضع الجسم وقلبه إلى وضع جديد (هذا يحدث للأجسام المتماسكة) .

أما في حالة الأجسام غير المتماسكة أي الجسم البشري الذي يقف على سطح خشن فإن هناك عدة نواح تختلف عما سبق ، حيث إنه في الجسم المتماسك لا بد لإزاحته من وجود مثير خارجي قبل أن يتحرك لينقلب . لكن الجسم البشري يقف منتصباً بطبيعة الحال غير متزن ، لذا فهو بحاجة إلى التغييراللاارادي الثابت للضغط على سطحي القدمين ليحفظ توازنهما فإن رد فعل الأرض يكون موزعاً فوق سطح القدم ليضبط خط فعل وزن الجسم حتى لو كان الأخير يتحرك للأمام ليرغم الكعب على الارتفاع .

ويجب أن نعرف أنه في حالة المركبة الأفقية المفقودة لرد فعل الأرض فإن أي نقص ولو بسيط في التطابق الذي يمكن أن يحدث بين خط فعل محصلة القوى الدافعة إلى الأعلى ووزن الجسم يسبب دوران الجسم حول مركز الثقل ، وعند هبوط مركز الثقل عند انزلاق القدم بعيداً نتيجة للدوران .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الفصل الثاني

الروافع

ماهية الروافع

استخدم الإنسان منذ الأزل قواه الذاتية والقوى الخارجية للتغلب على المقاومات وحمل الأشياء ومستلزمات حياته اليومية ، فكان يبذل قدراً كبيراً من القوة للتغلب على مقاومة قليلة ، وما إن أخضعت الحركة إلى الأسس الميكانيكية لمحاولة استغلال قوى الإنسان والقوى الخارجية للاستغلال الأمثل للتغلب على مقاومات كبيرة بقوى قليلة نسبياً ، حتى يتمكن من تحقيق مبدأ الاقتصاد بالجهد ، وكذلك الهدف من استخدام القوة ، فكانت الرافعة التي يمكن تعريفها بصورة عامة :

«بأنها جسم صلب يدور حول نقطة ثابتة تسمى محور الدوران أو محور الارتكاز» .

وإذا ما أثرت قوة على جسم مثبت في أحد أجزائه فإن هذه القوة تحركه حركة دائرية حول المحور ، أو ما يطلق عليه حركة زاوية . وإن تأثير القوة على ذلك الجسم أو الجزء يساهم في التغلب على حالة القصور الذاتي للرافعة التي تتطلب قدراً كافياً من القوة للتغلب على حالة القصور .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

شكل رقم (47)

للرافعة ونقاط تأثير القوة والمقاومة والمحور

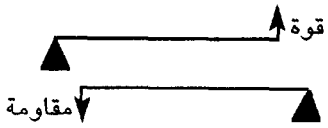
تتكون الرافعة من سلسلة عمل تحتوي على ثلاث نقاط هي :

1- نقطة الارتكاز (محور الارتكاز أو الدوران) .

2- نقطة تأثير القوة .

3- نقطة تأثير المقاومة .

أما المسافة الواقعة بين المحور ونقطة تأثير المقاومة فيطلق عليها ذراع المقاومة ،والمسافة بين المحور ونقطة تأثير القوة تسمى ذراع القوة وهي موضحة في الشكل (48) .



شكل رقم (48)

يوضح الشكل ذراعي القوة والمقاومة

- مبادئ عامة للروافع :

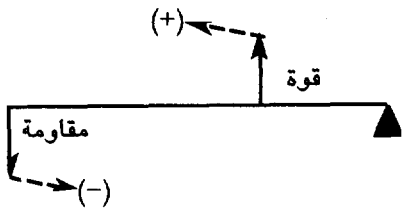
1- إنتاج القوة من حيث المقدار تتم من حاصل ضربها بمقدار ذراع القوة أو ما يسمى عزم القوة .

القوة × ذراعها = عزم القوة

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

فإذا أثرت قوة مقدارها (15 رطلاً) بذراع طوله (5 بوصات) ينتج عنه عزم مقداره (50 بوصة × رطل) أما دورانه فيتم عكس عقرب الساعة ويأخذ الإشارة (+) .

$$50 = 5 \times 10$$



شكل رقم (49)
يوضح عزم القوة والمقاومة

أما المقاومة فتنتج دوراناً مع اتجاه عقرب الساع ويأخذ الإشارة (-) .

فإذا ما وقعت الرافعة تحت تأثير قوتين في اتجاهين أحدهما دورانه موجب.والآخر دورانه سالب فإن محصلتها تساوي صفراً .

مثال : أثرت مقاومة (20 رطلاً) على بعد (5 بوصات) من محور الدوران تقابلها قوة مقدارها (10 رطل) تعمل على بعد (10 بوصات) عن محور الدوران ، ما مقدار عزم القوة والمقاومة؟

(+) العزم = $10 \times 10 = 100$ بوصة/رطل

(-) العزم = $5 \times 20 = 100$ بوصة/رطل

فالمحصلة = صفراً

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

إن أي قوة إضافية سوف تنتج عنها دوران باتجاه القوة الإضافية والميزة الميكانيكية . إن مقدار (10 رطل) تتغلب على مقاومة (20 رطل) أي أقل قوة للتغلب على مقاومة أكبر (ببذل جهد أقل) ،لذا فعندما يقع محور الدوران بينهما فإن الرافعة أو الجسم يتزن عندما تكون القوى تعمل في خط عمل مشترك .

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

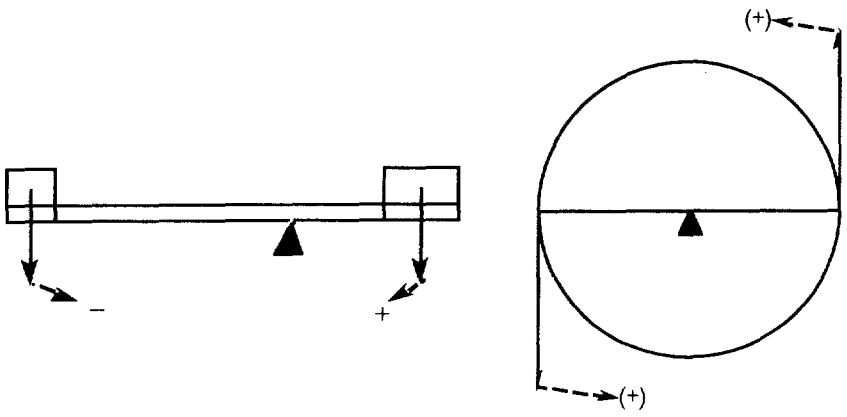
عزم القوة = عزم المقاومة

وتنحصر الميزة الحقيقية للرافعة في النسبة بين إطالة أذرع القوة والمقاومة ، فإذا ما طال ذراع القوة فإن مقدار القوة اللازمة لاتزان الرافعة يقل وكلما طال ذراع المقاومة زاد مقدار القوة اللازمة للتغلب على المقاومة أو لإحداث الدوران .

وعلى ذلك فإن الاستخدام الأمثل للرافعة يتم من خلال استخدام قوة صغيرة للتغلب على مقاومة كبيرة من خلال إطالة ذراع القوة . أما المزايا الأخرى فهي الحصول على السرعة والمدى الحركي وسرعة تغيير الاتجاه وخاصة في حالة تساوي قيم القوة والمقاومة على طرفي الرافعة ونقطة الارتكاز أو محور الدوران يتوسطهما فإن الرافعة هنا تحدث ميزة ميكانيكية هي سرعة تغيير الاتجاه في حالة إذا كانت القوة أو المقاومة في اتجاه واحد فإن الرافعة تدور (كأرجوحة الأطفال) .

أما في حالة تأثير القوتين فإن هناك اختلافاً في المسافة الواقعة بين القوة الأولى والمحور عن الثانية وإن كلا القوتين تعملان باتجاه واحد (للأسفل) فإن الرافعة تلف باتجاهين يساهمان في تحقيق حالة التوازن (لاحظ الشكلين 50 ، 51) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (50 ، 51)

مثال تطبيقي :

أ– ب– م رافعة تعمل عليه المقاومة في (أ) والقوة عند (ب) والمحور هو (م) ، أثرت عليها قوة بحيث أخذت الوضع (بَ) ، وانتقلت المقاومة أيضاً وفي الزمن نفسه إلى (أَ) فتكون الرافعة قد تحركت بمسافة ربع دائرة . نصف قطر الرافعة الأولى (م ب) (لاحظ الشكل 50) ونصف قطر الرافعة الثانية (م أ) .

وبما أن محيط الدائرة = 2 ط نق

ط = النسبة الثابتة

نق = نصف القطر

فتكون النسبة بين $\frac{\text{سرعة القوة}}{\text{سرعة المقاومة}}$

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

هذه النسبة معادلة أو تساوي نسبة المسافة التي قطعتها على محيط الدائرة على الأولى إلى التي قطعتها الثانية ، بما أن الزمن واحد فإن :

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

$$\therefore \frac{\text{سرعة القوة}}{\text{سرعة المقاومة}} = \frac{\frac{1}{4} \times 2 \times \text{نق} \times \text{ط}}{\frac{1}{4} \times 2 \times \text{نق} \times \text{ط}} = \frac{\frac{1}{4} \times 2\text{ط م ب}}{\frac{1}{4} \times 2\text{ط م أ}}$$

$$= \frac{\text{م ب}}{\text{م أ}} = \frac{\text{ذراع القوة}}{\text{ذراع المقاومة}}$$

يتضح لنا أن ذراع المقاومة أكبر من ذراع القوة ، فإن سرعة حركة المقاومة يكون أكبر من سرعة تحريك القوة ، وبذلك تستطيع القوة وبسرعة بسيطة أن تحزك المقاومة بسرعة عالية .

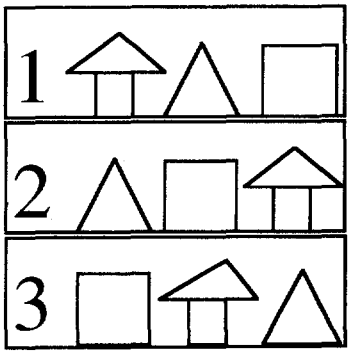
وعليه نجد أن إطالة ذراع مضرب التنس (كذراع للمقاومة) يساهم في زيادة السرعة الضاربة للكرة لحظة لمس المضرب . كذلك الحال في رمي الثقل أو القرص وتأكيد المدرب المستمر على مد الذراع الرامية لزيادة سرعة انطلاق الأداة بإطالة ذراع المقاومة .

مما تقدم نجد أن المبدأ الذي يحدد العلاقة بين القوة المبذولة والمقاومة التي يتم التغلب عليها أو محاولة التغلب عليها لا يعتمد على مقادير القوة فقط بل على طول ذراع القوة أيضاً .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أنواع الروافع

الروافع على ثلاثة أنواع وتقسم طبقاً لموقع محور الارتكاز لكل من القوة والمقاومة (نقطة تأثيرهما) :



شكل رقم (52) لأنواع الرافعات

1- النوع الأول : عندما يقع محور الدوران بين نقطتين هما القوة والمقاومة (لاحظ الشكل 53) .

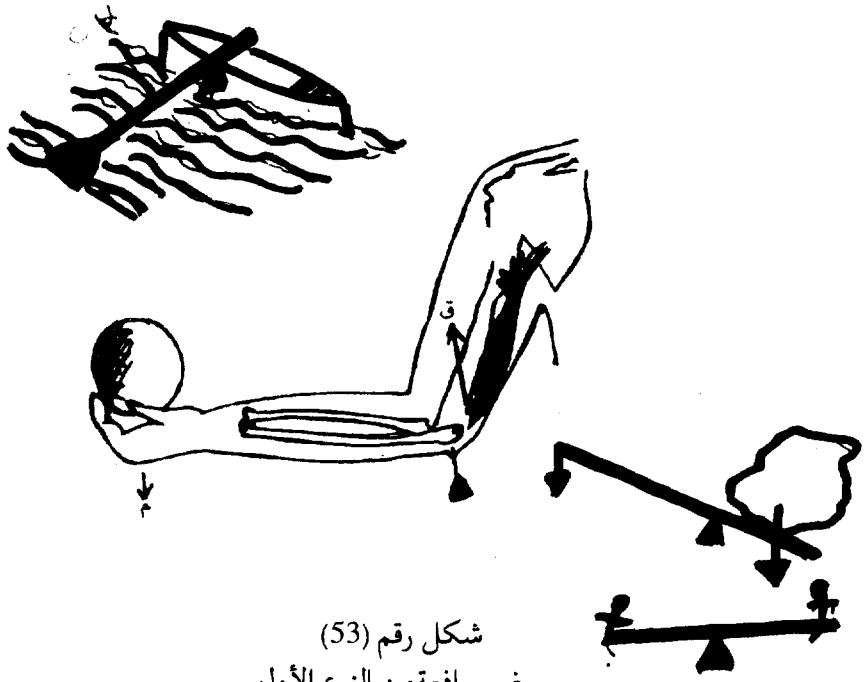
2- النوع الثاني : عندما يقع محور الارتكازعلى إحدى طرفي الرافعة والقوة على الطرف الآخر أما المقاومة فتقع بينهما .

3- النوع الثالث : عندما يقع محور الارتكاز على إحدى طرفي الرافعة والمقاومة على الطرف الآخر أما القوة فتقع بينهما .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

1- النوع الأول :

إن الميزة الميكانيكية لهذا النوع هي ؛ الحصول على حالة الاتزان فيما إذا وقت نقطة الارتكاز بين نقطتي تأثير المقاومة والقوة . قد يطول ذراع المقاومة أو يقصر أو القوة عن محور الارتكاز ؛ فإذا ما طال ذراع القوة فإن الميزة الميكانيكية التي يمكن الحصول عليها هي الاقتصاد بالجهد ، إذا ما طال ذراع المقاومة فنحصل على السرعة الحركية وسرعة تغيير الاتجاه والمدى الحركي .



شكل رقم (53)
يوضح رافعةمن النوع الأول

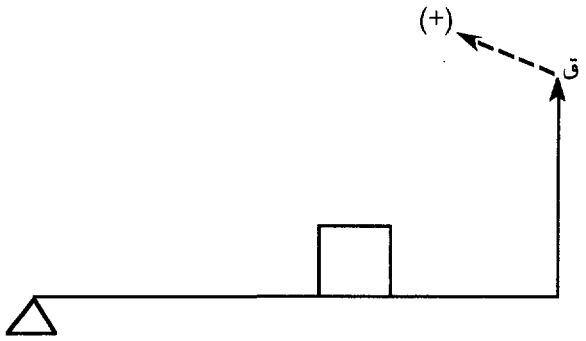
أما في جسم الإنسان فإن وضع الوقوف والرأس معتدلاً يكون الارتكاز (أي ارتكاز الرأس) على العمود الفقري عند الفقرة العنقية الأولى ، والوجه يمثل المقاومة ومدغم عضلات العنق يمدنا بالقوة . فعندما تعمل عضلات العنق الخلفية (المستقيمة الظهرية والعضلة المربعة المنحرفة) بثني الرأس للخلف وللأسفل يرتفع الوجه إلى الأعلى والعضلات الأمامية التي ترفع الوجه إلى الأعلى والعضلات الأمامية التي تقابل

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

العضلات الخلفية صغيرة وهي بجوار محور الارتكاز ، فعملها على أذرع قصيرة ومن الناحية الآلية ضعيف ، ولقد اتفق العلماء على أن الوقوف على أطراف الأصابع يمثل الرافعة من النوع الأول . وعمل العضلة ذات ثلاثة الرؤوس العضدية والعظام التي تعمل خير مثال على ذلك .

2- النوع الثاني :

عندما يقع محور الارتكاز على أحد طرفي الرافعة يكون ذراع القوة الأطول والميزة الميكانيكية تكون لتوليدالقوة اللازمة للتغلب على مقاومة كبيرة ، والوقوف على المشطين والدفع بالمشطين رافعة من النوع الثاني ، حيث يمثل نقطة اندغام العضلة التوأمية في الثلث الوسطي للسطح الخلفي لعظم العقب نقطة تأثير القوة ، بينما نقطة اتصال القدم مع الأرض تكون موضع نقطة الارتكاز ، أما المقاومة فتقع بين نقطتي القوة ونقطة الارتكاز والمتمثلة بوزن الجسم . كما في الشكل (54) . كما أن فتح الفم كذلك .



شكل رقم (54)
رافعة من النوع الثاني

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

3- النوع الثالث :

عندما يقع محور الدوران على أحد طرفي الرافعة يكون ذراع المقاومة هو الأطول ، فإن الميزة الميكانيكية لتوليد السرعة على حساب القوة . واتفق العلماء بعد دراسات طويلة بأن جسم الإنسان مصمم لتوليد السرعة وعمل العضلة ذات الرأسين العضدية أثناء انقباضها عند حمل ثقل في اليد ورفعه إلى الأعلى ، ففي هذه الحالة نقطة اندغام العضلة بالحدبة الكعبرية لعظم الكعبرة ، تمثل نقطة تأثير القوة حيث تقع هذه النقطة بين نقطة الارتكاز والمقاومة (لاحظ الشكل رقم 54) . هذا النوع يوجد بكثرة في جسم الإنسان مما يتطلب استخدام قوة كبيرة لإحداث حالة الاتزان .

شكل رقم (55)
رافعة من النوع الثالث

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الروافع والعمل العضلي لجسم الإنسان

يؤدي نظام الروافع دوراً مهماً في حركات جسم الإنسان ، حيث تعمل عظام الجسم رافعة عظمية ، وتتحدد نقاطها بالآتي :

- محور الارتكاز : هو المفصل الذي يتمفصل عليه العظمان القريبان من بعضهما بعضاً .

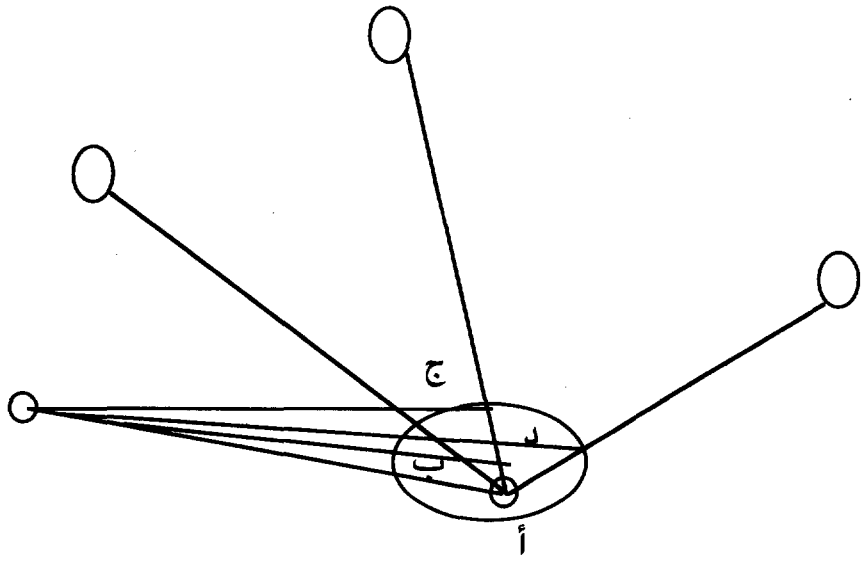
- نقطة تأثير القوة : هي مدغم العضلة وليس منشؤها .

- نقطة تأثير المقاومة : تعتمد على طبيعة تلك المقاومة ، فإذا كانت تمثل جزءاً من الجسم أو ثقلاً معيناً أو الجذب الأرضي أو الوزن . . .الخ .

أما الانقباض العضلي فيمثل عمل القوة بينما المقاومة فهي أماكن مراكز الثقل المختلفة ، والتي تعمل القوة بالإضافة إلى المقاومات التي تعمل أو تقع على أجزاء الجسم والمفصل بإنتاجه .

والشد العضلي يتم دائماً من خلال زوايا مختلفة ، والقوة الناتجة تختلف باختلاف وضع الجسم ، أي أن هناك علاقة بين القوةالناتجة من العضلة والزاوية المحصورة بين خط عمل العضلة وذراع الرافعة ، ويتوقف على طول ذراع القوة حيث إن أقصى قوة يمكن أن تصدرها العضلة عندما تكون زاوية الشد تساوي 90° والموضح في الشكل رقم (56) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (56)

علاقة كبر ذراع القوة بزاوية الثني في معضل المرفق

والشكل أعلاه يوضح لنا :

عندما يكون الذراع (ذراع القوة) (أ د) صغيراً (قصيراً) فهذا يعني أن الذراع في حالة مد ويزداد طولاً عند ثني المفصل . وعندما تصل زاوية ثني المفصل إلى 90° تقريباً يكون ذراع القوة (أ جـ) قد بلغ أقصاه ، وإذا ما استمر الثني فإن قصر ذراع القوة (أ ب) مرة أخرى يؤدي إلى تناقص في قيم القوة الناتجة ، حيث تفقد جزءاً من القوة إذا ما كانت زاوية الشد أقل أو أكبر من 90° مع العظمة ، هذا الجزء المفقود نتيجة لتحليل قوة الشد وغالباً يكون ذا فائدة هامة للثبات ، فعند حمل ثقل معين وبزاوية 15° نرى أن القوة المطلوبة تصبح (385 رطلاً) كي تتعادل مع مقاومة مقدارها (20 رطلاً) بذراع للقوة مقداره (0.52 بوصة) وتم الحصول عليها كالآتي (من المثال السابق) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

$$\text{جا} < 15^\circ = \frac{\text{ذراع القوة}}{2}$$

0.52 = 2 × 0.259 بوصة

ذراع القوة × القوة = ذراع المقاومة × المقاومة

0.52 × القوة = 10 × 20

القوة = 385 رطلاً

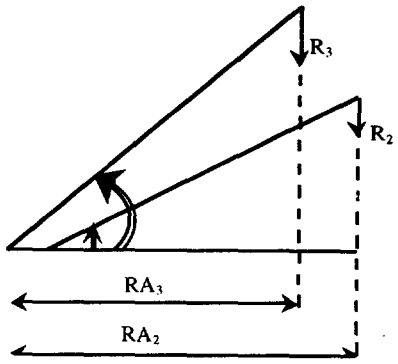
الشد أقل أو أكبر من 90° مع العظمة ، هذا الجزء المفقود نتيجة لتحليل قوة الشد وغالباً يكون ذا فائدة هامة للثبات ، فعند حمل ثقل معين وبزاوية 15° نرى أن القوة المطلوبة تصبح (385 رطلاً) كي تتعادل مع مقاومة مقدارها (20 رطلاً) بذراع للقوة مقداره (0.52 بوصة)وتم الحصول عليها كالآتي(من المثال السابق)

أي كلما قلت زاوية الشد ازدادت القوة اللازمة للتعادل مع المقاومة والتي تستخدم للتثبيت هنا . أي يزداد العمل العضلي الداخلي والذي يقابله عمل عضلي خارجي والذي يتسبب في حركة الرافعة ، ويشير Cates, Basmjian (1955) بأنه كلما بعدت الزاوية عن 90° (كزاوية للشد) يبدأ العمل الداخلي ويستمر بالحدوث والزيادة حتى يتلاشى العمل الخارجي ، وهنا لا بد من الإشارة إلى أن زاوية الشد تعتمد على زاوية اندغام العضلة بالعضلة وليس الزاوية بين العظمتين ، وتشير المصادر إلى أن زيادة الشد العضلي في زاوية عن 90° يؤدي إلى الخلع في المفصل (نادر الحدوث) حيث إن العضلة مثلاً ذات الرأسين لا تصل إلى 90° بل أقل عند شدها بسبب قصر العضلة إلى درجة بقاء قوة بسيطة للتثبيت هنا ،لذا فعندما تعمل مجموعة عضلات لإنتاج حركة واحدة فإنها تعمل في نقطة وبزوايا مختلفة ، أي أن هناك توجيهاً وتثبيتاً وجزءاً عاملاً خلال الحركة الواحدة بحيث تمنع حدوث الأضرار بالمفصل .

وفي التمارين الرياضية نجد أن لوزن أجزاء الجسم تأثيراً مهماً في تطوير بعض العضلات وتحسين عملها ،لكننا استثنيناها من حساباتنا السابقة لأجل التبسيط ،لكن نود الإشارة إلى أن المقاومة تتضمن وزن الثقل إضافة إلى وزن الجسم أو الجزء العامل ، فتؤثر قوة الجذب الأرضي في خط عمل الثقل إلى الأسفل ، فتأثيرها يختلف سلبياً طبقاًلنوع الحركة ، فإذا ما كانت للأسفل مع قوة الجذب فهي مساعدة . أما إلى الأعلى فإن قوة الجذب تعمل مضادة مما يصعب الحركة أو التمرين ، فمثلاً في تمارين

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

شد منطقة البطن في وضع الجلوس من الرقود والقدمين في مستوى أعلى من الرأس يكون أصعب مما لو كان الرأس في مستوى أعلى من القدمين ، فلو حللنا الحركة أو التمرين في الجلوس من الرقود بمستوى أفقي (مستوى الأرض يكون أسهل من المستوى المائل) نجد أنه مع استمرار رفع الجذع تصبح الحركة أسهل (والموضحة في الشكل 57) .



شكل رقم (57)

والسبب يعود إلى أن طول ذراع المقاومة كلما ازداد صعبت الحركة وتسهل بتناقصه وتناقص عزم المقاومة .

مثال :

رفع الجذع إلى زاوية شد 30° مع المستوى الأفقي بطول 10 بوصة (طول الجذع يمثل وتر المثلث) وبزاوية 60° .

$$\text{جا} 30° = \frac{\text{ذراع المقاومة}}{10}$$

$$0.866 \times 10 = 8.7 \text{ بوصة}$$

عزم المقاومة = $20 \times 8.7 = 174$ رطل بوصة

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

$$\text{جا} < 60^\circ = \frac{\text{ذراع المقاومة}}{10}$$

$0.5 \times 10 = 5$ بوصة

عزم المقاومة = $20 \times 5 = 100$ رطل بوصة

يتضح أن للزاوية تأثيراً مهماً في إنتاج العزم المطلوب .

مثال : أثرت قوة 20 نيوتن بذراع مقاومة 10سم ، احسب مقدار القوة اللازمة في الزاويتين 30° ، 60° علماً بأن طول ذراع القوة = 2سم ، ما مقدار القوة اللازمة في كلتا الحالتين؟

الحل :

$$\text{جا} < 30 = \frac{\text{طول ذراع القوة}}{2}$$

$0.5 \times 2 = 1$ سم

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

$1 \times$ ق $= 20 \times 10$

$\therefore$ ق = 200 نيوتن

$$\text{جا} < 60^\circ = \frac{\text{ذراع القوة}}{2}$$

$.866 \times 2 = 1.732$ سم

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

القوة $\times 1.732 = 200$

$\therefore$ ق = 115 نيوتن

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

إن درجة حرية الحركة يعني إمكانية المفصل في أداء الحركة بإحدى الاتجاهات حول محور الارتكاز ، ففي حركة الذراع من المفصل نجد أن نقطة تسليط القوة وذراعها (عزم القوة) يختلف حسب طول القوة المسلطة ومقدارها وإن عزم قوة العضد يعد الأكبر من الساعد والكف ، لذا وجدنا أهمية تحليل حركة بعض مفاصل الجسم الرئيسية لوصف عمل روافع الجسم البشري .

- مفصل القدم :

في حالة الوقوف العادي يكون موضع مركز ثقل الجسم أقرب ما يمكن ويمر خط الثقل أمام مفصل القدم فيحدث انقباض قليل ومستمر في العضلتين (Solcus) النعليتين ، أو في واحدة فقط وهو وضع استاتيكي ، فالقوى المؤثرة عليه هي قوى متعادلة من حيث مجموع عزمها حول محور الارتكاز ، وعلاقة القوى في هذا الوضع ، وتتخذ صيغة الرافعة في النوع الأول حيث القاعدة هي المسافة أسفل القدمين ومحورها هو المحور يتوسط بين المفصلين ويقع بين خطي تأثير كل من القوة والمقاومة (خط الثقل) .

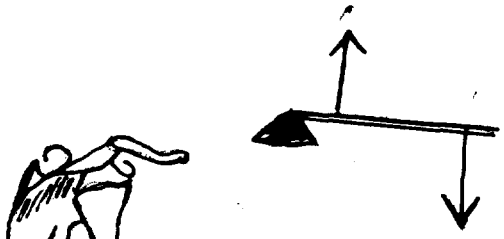
- الوقوف على الأمشاط :

يتطلب تحريك الجسم أماماً فيمر مركز الثقل فوق نهاية الأمشاط وأقرب إلى أصابع القدم ، يبدأ الكعب في الارتفاع عن سطح الأرض نتيجة لعمل العضلات الباسطة لسلاميات القدم . وتؤدي حركة مركز الثقل إلى الأمام إلى زيادة نشاط العضلات الخلفية للساق ، ويزيد الشد على عظمة الساق وأسفل الفخذ فيزيد مد مفصل الركبة ويبقى خط الثقل ماراً بقاعدة الارتكاز (حدود أصابع القدم) ، فإذا ما اعتبرنا أن خط شد العضلات الباسطة للأصابع القوة المبذولة ، وأن خط الثقل الذي يقع أمامه هو المقاومة فالرافعة تكون من النوع الثالث وذراع المقاومة أكبر من ذراع القوة ، وهذا يفسر لنا الإحساس بسرعة التعب عند الاستمرار في هذا الوضع لفترات طويلة .

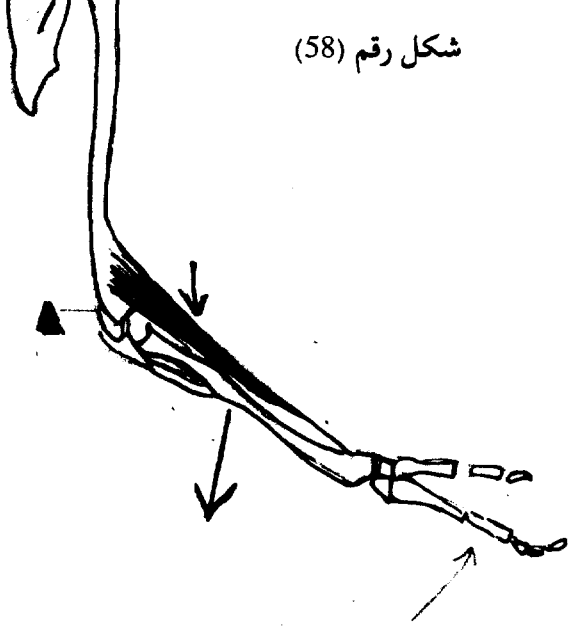
https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

- مفصل المرفق :

إذا اعتبرنا الشد العضلي الناتج عن عمل العضلات القابضة ومنها العضدية الكعبرية عملاً يقاوم حركة الساعد ضد الجذب الأرضي ، عندما يحول الشخص وضع ثقل على منضدة فإن الرافعة تكون من النوع الثاني ويكون ذراع القوة الأقصر والمقاومة متمركزه في الثقل . (لاحظ الشكل 58) .



شكل رقم (58)



شكل رقم (59)

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أما في حالة انقباض العضلة فمن الطبيعي أن تكون الرافعة من النوع الثالث ، حيث يمر خط شد العضلة القابضة كقوة تقع بين المحور والمقاومة وعموماً فإنه يمكن وضع قاعدة عامة أساسها أنه كلما كان العمل العضلي بغرض مقاومة الحركة الطبيعية للمفصل فإن نظام الرافعة يكون معكوساً ، وتبذل العضلات عملاً سالباً (رافعة من النوع الثاني) . وعند رمي كرة السلة من فوق الرأس يصبح مفصل المرفق في الوضع الذي يسمح بعمل العضلة العضدية ذات الثلاثة الرؤوس- وحركة الساعد على المستوى الأمامي- والرافعة تشمل عظمي الزند والكعبرة وعظام الرسغ وحتى راحة اليد في مكان اتصال الكرة باليد . يمر محور الارتكاز بمفصل المرفق ويعمل على المستويين الجانبي والعرضي . ذراع القوة قصير جداً ، وهو جزء من عظمة الزند ، مكان اندغام العضلة ذات الثلاثة الرؤوس هي نقطة تأثير القوة ومحور الارتكاز يقع بينها وبين ذراع المقاومة (رافعة من النوع الأول) .

أما في حالة بسط مفصل المرفق تحت تأثير مقاومة كبيرة بطول ذراع للمقاومة أكبر من القوة فتحدث حالة دوران للمفصل في اتجاه عقرب الساعة ، لكن هناك قوة تعمل على تحريك الطرف البعيد عن محور الارتكاز (القوة) كما في حركات التعلق لفترات طويلة ، فإن المقاومة تعمل في اتجاه واحد مع الجذب الأرضي للأسفل فيشعر اللاعب بالشد ويتحرك المفصل قرب ما يصل إلى الخلع لأن زاوية الشد هنا صفر والمفصل في كامل امتداده .

3- عمل العضلة المستقيمة الفخذية في بسط الركبة :

عندما يقوم لاعب بضرب الكرة بوجه القدم يتحرك الساق (على المستوى الجانبي) من محور الدوران (الارتكاز) الذي هو مفصل الركبة ، أما ذراع الرافعة فهي عظمة القصبة والشظية وعظام مفصل القدم . حتى مكان اتصال كرة القدم بقدم اللاعب ، ذراع القوة هي المسافة من محور الدوران حتى اندغام العضلة في عظمة القصبة

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

حوالي (2-5سم) تقريباً . ذراع المقاومة تشمل المسافة من محور الدوران حتى نقطة اتصال القدم بالكرة وتقديرها (16سم) في المتوسط (رافعة من النوع الثالث) .

4- العضلة العضدية الكعبرية في قبض المرفق :

حركة الساعد في المستوى الجانبي أثناء قبض مفصل المرفق . يمر محور الدوران بالمستوى العرضي والأمامي ، الرافعة العظمية تمثل عظمي الزند والكعبرة . ذراع القوة من مفصل المرفق إلى اندغام العضلة حوالي (10 بوصة) . فلو فرضنا أن المقاومة في منتصف الساعد يصبح ذراعها حوالي (5 بوصة) (رافعة من النوع الثاني) . أما إذا حملت ثقلاً تصبح رافعة من النوع الثالث .

مما تقدم يظهر جلياً أن جسم الإنسان عبارة عن كتلة واحدة ووحدة متكاملة الجوانب ، وإن ما يدور في مجالاته يمدنا بتفاصيل دقائق حركة الجسم لتحديد معالم الطريق للعمل الحركي وفق مقاييس ومعايير وحقائق تشريحية ثابتة تساهم في أهمية استغلال القوى الميكانيكية المختلفة لخدمة المدرب واللاعب مما تساهم في تقدم المستوى المهاري للاعب .

فعندما يزداد طول ذراع المقاومة تزداد سرعة حركة الطرف البعيد من محور الارتكاز والذي كلما ازدادت المسافة ازدادت السرعة .

كما تفسر الروافع لنا حركة المفاصل وأسباب صعوبة التغلب على مقاومات معينة كوزن عمود الزانة الذي يجد اللاعب صعوبة في رفع العمود والاحتفاظ به بالوضع الأفقي أثناء الاقتراب للقفز ، والمشكلة التي يواجهها في توزيع الوزن على طول عمود الزانة وتأثير المقاومات الخارجية (الجذب الأرضي) بخطوط ثقل متوازية ، لذا يضطر لاعب الزانة إلى رفعها نسبياً عن المستوى الأفقي فيقرب مراكز الثقل الموزعة على طول العمود ، فتقل مركبة التدوير نسبياً كمقاومة لتحللها إلى مركبتين مما يسهل حملها .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مما تقدم نجد أن زاوية الشد التي تنحصر بين خط العمل العضلي والرافعة العظمية للطرف المتحرك تؤدي إلى حدوث انقباض يتناسب والمقاومة المسلطة مع الزاوية المحصورة والتي عندما تصل إلى 90° تكون كل القوى في اتجاه تدوير المفصل ، أما إذا ما اختلفت بالزيادة أو النقصان فيعني أنها تتوزع إلى مركبة أخرى وتتساوى في حالة الزاوية (45°) على اعتبار أن المدى الكامل للمفصل (180°) . إن العمل العضلي المستمر يؤدي إلى التغيير المستمر في قيم زوايا الشد بتغير زاوية المفصل نفسه ، وقد نعبر عن زاوية الشد بزاوية المفصل من وجهة النظر الكينماتيكية ، لكن هذا التعبير قد يكون خاطئاً لأنه ليس بالضرورة أن تكون زاوية الشد مساوية لزاوية المفصل المتحرك ولكنها قريبة أي يصعب تحديها بدقة في الدراسات المعملية .

إن أفضل مراحل التغلب على المقاومات الكبيرة ومنها وزن الجسم عندما تقترب زاوية الشد من 90° ، وفي حالة رفع ثقل يقترب من الحد الأقصى لقدرة العضلة في رفع الأثقال نلاحظ اختلاف معدل السرعة التي يتحرك بها الثقل .

أي للحصول على توازن وضع الجسم كانت أهمية بلوغ محصلة القوى المؤثرة تساوي صفراً ، أي تتعادل العزوم المؤثرة نسبة لمحور الارتكاز . وفي حالة حركة أي جزء من أجزاء الجسم فإن العزوم المؤثرة لا تتساوى ، حيث إن تأثير المقاومة على الرافعة العظمية قد تحافظ على استمرارية الحركة بالسرعة نفسها التي حصل عليها الجسم فإذا ما تغلب عزم القوة على عزم المقاومة ، فإن الحركة تكون موجبة ، وإذا كان عزم كلا القوتين متساوياً فتحقق الرافعة توازنها أو تواصل الحركة بالسرعة نفسها التي كانت عليها . وتتقلص العضلة إذا كان عزم القوة أكبر ،أي يتم التغلب على العمل بتحرك ذراع القوة في الاتجاه نفسه ، أما إذا كان عزم المقاومة أكبر فإن العضلة ستطول ، أي تتغلب على الثقل وذراعه سيتجهه إلى الجهة المعاكسة والحركة في الاتجاه السالب .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مزايا طول ذراع الرافعة

في الجسم البشري

يتميز أي نوع من أنواع الروافع في الجسم البشري بوجود ذراع للقوة قصير ، ويعتبر واحداً من عيوب العمل العضلي في الجسم الذي يتميز بطول ذراع المقاومة لتحريك الروافع العظمية بسرعة حركة معينة . وعلى الرغم من ذلك فإن الوضع الطبيعي لمدغم العضلات يقع على مسافة قصيرة من المفصل العامل عليه والتي تظهر بشكل واضح في حركات الأطراف التي أقل حركة في الجزء القريب من المفصل يتضاعف في جزئه البعيد . فعند انقباض العضلة الصدرية العظمى بطول ذراع القوة مقداره 2سم يحرك الطرف العلوي للذراع بزاوية 83° تقريباً ، نجد أن الأجزاء البعيدة من الطرف تزداد سرعتها . فمثلاً عند الضربة الجانبية في التنس تتحرك أجزاء الذراع بسرعة زاوية واحدة لكن سرعة حركة المضرب تصل إلى (3.5 مرة) عن سرعة حركة الكتف .

كما أن حركة الرجل أثناء العدو تتحرك الرجل الحرة بقبض مفصلي الورك والركبة أثناء حركة الرجل إلى الأمام ، ويؤدي هذا الانقباض إلى تقليل من طول ذراع المقاومة (طول الرجل كلها بثنيها) وزيادة في القوة المبذولة لنقل الطرف أماماً تمهيداً لارتكازه على الأرض فتزداد سرعة اللاعب .

وعند رفع الرباع للثقل من الأرض يلاحظ أنه يقرب مركز ثقله إلى مركز ثقل الثقل (أو البار) المراد رفعه بذراع مقاومة فيوجه ناتج الانقباض العضلي إلى اتجاه حركة الثقل .

تتجلى أهمية هذه الخاصية في ما قد يحدثه اللاعب من تغيير متبادل بين الطول الحقيقي لكل من المقاومة والقوة على مسار الحركة وفق متطلبات المهارة المؤداة .

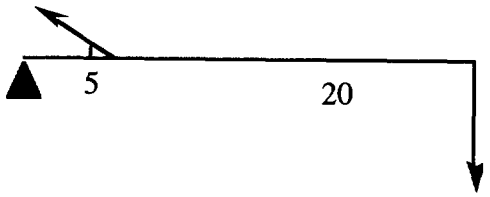
https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

ولا يفوتنا أن نذكر أن القوى الناتجة عن تدوير الرافعة العظمية حول أي مفصل سواء أكانت القوة ناتجة عن الانقباض العضلي أو عن المقاومات الموثرة في المفصل إلى نوعين أحدهما مسؤول عن تدوير الرافعة والثاني لا يسبب التدوير . هذا التقسيم يحدث على طول مسافة حدوث الحركة عدا حالتي بلوغ زاوية الشد (90) مهما كانت زاوية الشد ، فإن جزءاً من القوة يؤدي إلى حدوث حركة المفصل (تدوير) ، والجزء الآخر (للتثبيت) وأن نسبة المقدارين تتغير بتغير زاوية الشد على حركة المفصل .

مثال : أوجد مقدار القوة اللازمة لرفع ثقل وزنه 1000 نيوتن يبعد عن محور الارتكاز مسافة 20 قدم ، علماً بأن اتجاه القوة يشكل زاوية 36 ، وتبعد نقطة تأثيرها عن المحور 5 أقدام . مع العلم أن جا $< 36^{\circ} = 0.8$.

الحل :

أولاً نحسب مقدار المسافة العمودية بين نقطة تأثير القوة ومحور الارتكاز ، ويتم ذلك من خلال المثلث القائم الزاوية حيث إن :



شكل رقم (60)

$$\text{جا} < 36^{\circ} = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$$

$$0.8^{\circ} = \frac{\text{المقابل}}{5}$$

$\therefore$ طول ذراع القوة $= 5 \times 0.8 = 4$ قدم

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

القوة × ذراعها = المقاومة في ذراعها

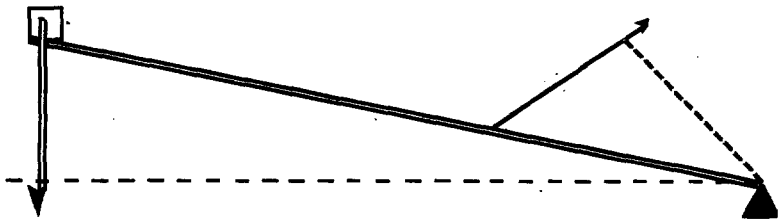
ق × 4 = 1000 × 20

∴ ق = 5000 نيوتن

مثال : رافعة طولها 20 قدماً نقطة تأثير القوة تقع على مسافة 3 أقدام . سلطت مقاومة مقدارها (20 نيوتن) على نهايتها ، وتم الاحتياج إلى قوة مقدارها (100 نيوتن) للتغلب عليها ، وأثناء العمل الحركي للرافعة تم إنتاج المقاومة بزاوية 30ْ مع المستوى الأفقي وجسم الرافعة والقوة كانت بزاوية 60ْ . علماً أن :

جتا 30 جا 60 = 0.866

المطلوب احتساب عزم القوة وعزم المقاومة .



شكل رقم (61)

أ- لا بد من استخراج ذراع القوة (المسافة العمودية المحصورة بين محور الارتكاز ونقطة تأثير القوة) .

بعد تغيير زاوية عمل القوة بذراع القوة ك ب

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

$$\text{جا} < 60^\circ = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$$

$$0.866^\circ = \frac{\text{ك ب}}{3}$$

∴ ك ب = 3 × 0.866 = 2.6 قدم

عزم القوة = القوة × ذراعها

= 100 × 2.6 = 260 نيوتن/قدم

ب- نستخرج طول ذراع المقاومة بعد تغيير عمل الرافعة بزاوية 30° .

ذراع المقاومة ك م هو :

$$\text{جا} < 60^\circ = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}}$$

17.3 = 20 × 0.866

= 20 × 17.3 = 346.4 نيوتن/قدم

مثال : تم بذل قوة مقدارها 100 رطل بذراع 2 قدم للتغلب على مقاومة 20 رطلاً على بعد 10 أقدام من مفصل المرفق . فإذا ما رفعنا الساعد ليعمل بزاوية 30° مع المستوى الأفقي ليصبح ذراع المقاومة 8.7 قدم . فما هو مقدار عزم المقاومة ، وما هي القوة اللازمة للتعادل ؟

الحل :

عزم المقاومة= م × ذ

= 20 × 8.7

= 174 رطل/قدم

عزم القوة = القوة × ذراعها

100 = ق × 2

∴ ق = 50 رطل

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مثال : ما مقدار القوة اللازمة للتغلب على مقاومة مقدارها 20 نيوتن ، برافعة 10 أقدام . وأن القوة تعمل على بعد 2 بوصة وبزاوية 60° علماً أن جا < 60° = 0.866 .

الحل :

أ- استخراج مقدار القوة باحتساب ذراع القوة حسب مقدار الزاوية التي تعمل عليها .

ذراع القوة ك ق هو :

$$\text{جا} < 60^\circ = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$$

$$0.866 = \frac{\text{ك ق}}{2}$$

∴ ك ق = 1.73 قدم

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

ق × 1.73 = 20 × 10 = 260

∴ ق = 115 نيوتن

مثال :

بذلت قوة مقدارها (100 رطل) بذراع 2 قدم للتغلب على مقاومة (20 رطلاً) على بعد 10 أقدام ، فإذا ما ارتفعت الرافعة إلى زاوية 30° مع المستوى الأفقي ليصبح طول ذراع المقاومة 8.7 ، فما مقدار عزم المقاومة والقوة اللازمة للتعادل؟

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الحل :

عزم القوة = م × ذ

$= 20 \times 8.7$

= 174 رطل/قدم

عزم القوة = القوة × ذراعها

$= \frac{100}{2}$ = 50 رطل

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الباب الثالث

الكينماتيك

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الفصل الأول

الكينماتيك المستقيم (الخطي)

يعني علم البيوميكانيك دراسة حركة الكائن الحي ومحاولة الارتقاء بها من حيث طبيعة الحركة المؤداة ، والكينماتيك هو أحد أقسامه الذي يتطرق إلى دراسة الشكل الخارجي الهندسي وتغييراته ، أو بتعبير آخر يهتم بدراسة الوصف الخارجي للحركة دون التطرق إلى مسببات الحركة .

مصإغريق وتعني الحركة . يطلق في بعض المصادر عليه «البيوكينماتيك» أي الوصف الهندسي لحركة الكائن الحي في المكان وتحديد الزمان الذي سيستغرقه دون التطرق إلى القوة للوصول إلى النموذج الحركي المطلوب . سنتناول أهم المتغيرات التي تقع ضمن هذا القسم .

المسافة والإزاحة

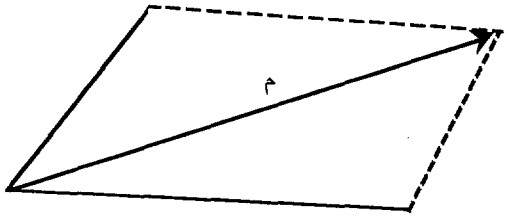
إن المفهوم العام للحركة التي يؤديها جسم الإنسان أو الأجسام الأخرى تعني انتقاله من مكان إلى آخر ، فقطع الراكض مسافة معينة على سطح الأرض يتم من خلال قطعه عدداً من الأمتار من وضع الوقوف ثم قطعه مسافة معينة هي حركة الراكض حتى يصل إلى النقطة الأخرى ، مما يمكننا من تحديد موضع الجسم أو العداء ، أي من خلال النسبة التي نختارها للأجسام الثابتة ومقارنتها من خلال نقطة

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

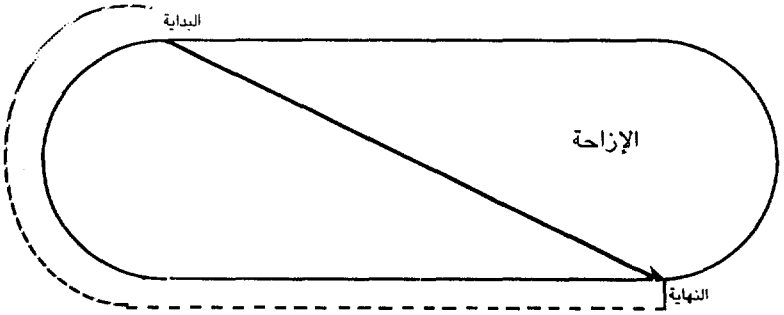
البداية حتى نقطة النهاية ، ونعني عدد الأمتار المقطوعة بين نقطتين بالمسافة وهي كمية قياسية ، أما إذا قارنا حركة العداء من نقطة البداية باتجاه النهاية أي قطع عدد من الأمتار قد أزاحها العداء عن موضعه (البداية) والتي تساوي في الحركات المستقيمة قيمة المسافة لكن باتجاه النهاية أي كمية متجهة لها مقدار واتجاه وتسمى الإزاحة .

وعند انطلاق السباح من مكعب البداية باتجاه خط النهاية ثم العودة إلى نقطة البداية نفسها فإن السباح يكون قد قطع مسافة محددة وإزاحة مقدارها (صفر) كذلك الحال في عدو 400متر فإن العداء يقطع من نقطة البداية عدداً من الأمتار مقداره (400متر) ثم يعود إلى نقطة البداية نفسها قاطعاً إزاحة مقدارها (صفر) .

أما إذا تحرك العداء على خط منحن لقطع مسافة (200متر) مثلاً فإن المسافة المقطوعة هي عدد الأمتار بين نقطتي البداية والنهاية أما الإزاحة هنا فتقاس بالخط المستقيم الواصل بين نقطتي البداية والنهاية وباتجاه واحد أثناء ذلك الانتقال (والموضحة في الشكل رقم 62) .



شكل رقم (62)



https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الكميات القياسية والمتجهة

لدراسة الكميات (المتغيرات) الميكانيكية وماهيتها عند دراستنا لعلم الميكانيك نجد أن هناك فرقاًبين هذه الكميات من حيث طبيعة تعريفها وتنقسم إلى قسمين :

1- الكميات القياسية : وهي تلك الكميات ، أو المتغيرات التي يكفي لتعريفها ذكر مقدارها فقط كدرجة الحرارة ، الكتلة حيث تقاس بالكيلو غرام أو الغرام مثل 10 كغم ، 50 كغم ، 100 كغم . . الخ ، أو المسافة حيث نذكر 100 متر ، 10 أمتار ،30 متراً ،أو الزمن ثانية ، 5 ثانية ، ملي ثانية ، دقيقة ، ساعة . . الخ ، أو الطول 175 سم ، 50سم ، 50 قدماً ، 75 قدماً ، كلها كميات تعبر عن قياس قد تم بوساطة ساعة توقيت أو شريط حديدي (معدني) أو مقياس حرارة حيث تمدنا بقيم عددية دقيقة .

2- الكميات المتجهة : وهي تلك الكميات الميكانيكية التي ، يذكر مقدارها واتجاهها أيضاً ، فالقوة كمية ميكانيكية يجدر بنا ذكر قيمتها واتجاهها حيث تمثل القوة بخط مستقيم طوله يمثل المقدار ، ونهاية الخط يحدد الاتجاه من خلال سهم يشير إلى اتجاه القوة الأسفل إلى الأعلى يميناً أو يساراً ، فإذا أثرت قوة على رافعة مقدارها 200 نيوتن بالاتجاه المبين (الأعلى) والإزاحة تمثل بالمقدار واتجاهها (وضحت سابقاً) التعجيل والوزن . . . الخ .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

السرعة Speed

سنبدأ بدراسة أبسط أنواع الحركة ، وهي حركة جسم على خط مستقيم يحدد عند نقطة معينة ، ونفرض أن الجسم عند لحظة زمنية كان في النقطة نفسها وبعد فترة زمنية أصبح الجسم عند نهاية المسافة المحددة ، حيث إن حركة الجسم على الخط المستقيم دالّة من الزمن ، لذا تعرَّف السرعة بأنها :

النسبة بين المسافة والفترة الزمنية اللازمة لإنجاز تلك المسافة .

أي أن السرعة كمية تساوي النسبة بين كمية قياسية (المسافة) وكمية قياسية أخرى (الزمن) وتقاس م/ث أو قد/ث أو سم/ث . . . الخ ، ونستخدم القانون التالي لاحتسابها :

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

فعندما يقطع عداء مسافة 100متر بزمن مقداره 10 ثانية فإن السرعة من حيث معدلها تساوي 10م/ث لقطع المسافة المذكورة على اعتبار أنه قد تمت بخط مستقيم ، والسرعة نوعان :

1- السرعة المنتظمة : تعد من أبسط الأنواع وتعرف بأنها السرعة ذات الاتجاه الثابت والتي يقطع فيها الجسم مسافات متساوية في أزمنة متساوية مهما صغرت هذه الأزمنة .

2- السرعة غير المنتظمة : أي أن سرعة الجسم ليست ثابتة ، وتتغير بمقادير غير متساوية مثل 3م/ث ، 5م/ث ، 12م/ث ، 17م/ث . . . الخ ، أي أن السرعة تزداد بمقادير

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

غير متساوية ، وتنطبق على أغلب الأنشطة الرياضية المختلفة في أهمية تزايد السرعة لبلوغ السرعة القصوى ، لذا يتم احتسابها بالقانون السابق نفسه والناتج يعبر عن معدل السرعة التي تم قطع المسافة بها . أي احتساب السرعة على طول المسافة المقطوعة لكن في كثير من الفعاليات والأنشطة الرياضية يكون من الضروري احتساب السرعة في لحظة معينة مثل سرعة اطلاق الرمح أو سرعة نهوض الواثب أو السرعة في المترين الأول والثاني أو لاحتساب سرعة انطلاق العداء كلها تتم في لحظات أو جزء من الثانية ولمسافات صغيرة أحياناً وخاصة في تحليل الحركة لحل بعض المشاكل البحثية في مجال البيوميكانيك ، لذا نجد أن هناك ثلاث طرق تستخدم لإيجاد السرعة خلال فترة زمنية صغيرة نوعاًما :

1- الطريقة الحسابية وتتم بمساعدة الحد النهائي للزمن ، فالسرعة المحتسبة من السكون إلى الحد المعين في الأمتار .

$$\text{السرعة} = \frac{\Delta \text{ المسافة}}{\Delta \text{ الزمن}} = \frac{\text{دم}}{\text{دن}} \frac{\text{متر}}{\text{ث}}$$

إن حساب الحد التفاضلي يتم فقط في حالة الأجسام الساقطة كما في هبوط قافز الزانة من العارضة إلى البساط ، فيتم احتساب سرعته في أجزاء معينة للمسافة لكل متر أو أقل بزمن معين خلال هذا المتر .

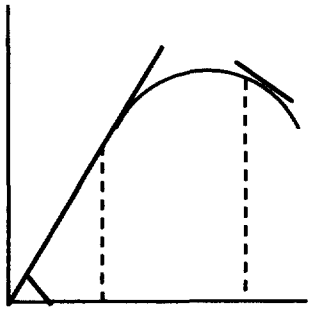
2- طريقة تقليل الفرق في الزمن والمسافة (قيمة فيزيائية) ، هذان المتغيران يمكن قياسهما عن طريق الفلم السينمائي بعد تحديد عدد الصور في الثانية الواحدة طبقاً لتردد الة التصوير ، فمثلاً إذا بلغ 100 صورة/ث فإن زمن الصورة = $\frac{1}{100}$ ث زمن الصورة الواحدة (0.01 ث) وفي الوقت نفسه نتمكن من احتساب المسافة المقطوعة

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

بوساطة مقياس الرسم إلى الطبيعة مما يساعدنا على احتساب السرعة في كل صورة فمثلاً إذا بلغ الزمن 0.01 ثانية ، والمسافة التي تحرك بها ثقل ما لحظة انطلاقه 0.132متر (طبقاً لمقياس الرسم) فإن السرعة اللحظية هي :

$$\frac{0.132}{0.01} = 13.2$$ متر/ث هي النتيجة الأقرب للصحيح للسرعة اللحظية .

3- طريقة الرسم البياني : يمكن معرفة السرعة اللحظية في كل لحظة من لحظات المسار الحركي لمنحنى «المسافة- الزمن» في الشكل رقم (63) .



شكل رقم (63)
يوضح زاوية المماس في خط بياني للمسافة والزمن
وهو يعبر عن السرعة اللحظية في لحظة زمنية .

حيث إن الشكل يكون معروفاً لدينا وبمساعدة المماس بأن السرعة قد وصلت أقصاها في نقطة (أ) وفي النقطة (ب) تساوي صفراً تبعاً لكبر زاوية المماس ، فكلما كبرت الزاوية كانت السرعة أكبر .

هذه الطريقة تكون جيدة ومناسبة عندما يكن الغرض معرفة الفترة الزمنية التي تصل فيها السرعة أقصاها أو الفترة الزمنية التي تكون فيها السرعة صفراً أي أن ظل الزاوية يساوي صفراً .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

السرعة المتجهة Velocity

تعد السرعة كمية متجهة أي نذكر اتجاهها ومقدارها ، واستعمالنا لكلمة سرعة في مجالنا الرياضي هي ترجمة لكلمة Speed كمفهوم كمي ، بينما من وجهة النظر الميكانيكية فإنها تعني Velocity والتي تعتمد على الوضع والإزاحة ، فحركة السباح الذي يعبر النهر تتدخل فيها كل من سرعة تيار النهر وسرعة السباح والمحصلة هي السرعة النهائية التي هي السرعة القصوى بشكل عام ، وتقاس بوحدات الطول على الزمن ولما كان الزمن هو هدف نهائي للعداء لقطع المسافة (الإزاحة هنا) بأقل زمن وللسباح لقطعها والدراجات لذا كانت أهمية قطع أكبر عدد من الأمتار في الثانية الواحدة حتى يصل إلى السرعة المطلوبة ، ويحاول العداء إما زيادة طول خطوته أو ترددها للوصول إلى السرعة المطلوبة .

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

فإذا تحرك العداء من نقطة (أ) مثلاً إلى (ب) بلغت 30 متراً والمسافة نفسها قطعها عائداً ، فإن الإزاحة عندئذ تبلغ صفراً . أما المسافة فتبلغ 60 متراً فالسرعة تساوي :

$$\text{1- السرعة المتجهة} = \frac{\text{الازاحة}}{\text{الزمن}}$$

علماً بأن الزمن ذهاباً وإياباً بلغ 15 ثانية .

$$\therefore \text{السرعة المتجهة} = \frac{\text{صفراً}}{15} = \text{صفراً} .$$

$$\text{أما معدل السرعة فهو} = \frac{60}{15}$$

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

إذن الجسم كان قد قطع مسافة بسرعة معينة لكن هذه السرعة تتغير باستمرار ، فالجسم يتحرك بتعجيل معين ، ويحدث هنا قطع إزاحات غير متساوية بفترات زمنية ربما متساوية فمثلاً العداء في الخمس الثواني الأولى قطع 15 متراً وفي الخمس الثواني الثانية قطع 12 متراً وفي الخمس الثواني الثالثة قطع 9 أمتار ، نجد أن سرعة الجسم تتغير باستمرار ، والسرعة يمكن استخراجها من خلال المعادلة التالية :

$$\Delta \text{ السرعة} = \frac{م_2 - م_1}{ن_2 - ن_1} \quad \ldots \text{ الخ}$$

على اعتبار أن زمن الحركة يحتسب من خلال الاختلاف بين بداية الحركة ونهايتها ، فمتغير الزمن ، هو نظام حسابي واحد يستعمل لقياس الزمن ، ويمكن أن يعبر الزمن عن سرعة الجسم ، فكلما قل الزمن المستغرق مع ثبات المسافة كانت السرعة أكبر ، فلو قطع العداء مسافة 50 متراً بـ 10 ثوان والمسافة نفسها بـ 8 ثوان فإن سرعته في الحالة الثانية أقل . (ويقاس بالثانية أو وحدات الزمن الأخرى) . ويرتبط زمن الحركة هنا بوزن الحركة* وإيقاعها* .

مما تقدم نجد أن من المهم تحديد السرعة التي يتحرك بها الجسم أو أي جزء من أجزائه خلال زمن معين أو لحظات معينة كإطلاق القوس أو لاعب الجمباز إلى الحصان ، حيث إنها تؤثر بشكل كبير على مسافة الأداء والوقوف على السرعة . في كل جزء من أجزاء مسار الحركة لا بد لأجل الدقة والموضوعية من تجزئة المسار إلى أجزاء

---

* وزن الحركة : هو قياس زمن تكرار الحركة ، أي قياس كمية الحركة المتكررة في وقت ما ، وبخاصة في الحركات المتشابهة كالسباحة ، فللوزن دلالة على تطور التكنيك فالذين يمتلكون وزناً حركياً عالياً كانت سرعتهم أكبر .

** الإيقاع الحركي : هو قيمة زمنية مرتبطة بأجزاء الحركة وأقسامها مثل زمن الارتكاز مع زمن مرحلة الطيران في الجري ويعكس لنا مقدار القوة المستخدمة خلال زمن معين ، لذا «فهو التنظيم

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

متناهية في الصغر لحساب فروق السرعة بين بداية كل جزء ونهايته وزمنه فالسرعة تأتي معادلة تفاضلية للإزاحة .

ويعتبر تحديد الأزمنة اللحظية لحساب السرعة من الأمور الهامة جداً في دراسات التحليل الحركي وخاصة للعدائين بشكل خاص ، فمن الممكن أن يحققوا أرقاماً عالمية خلال النصف الأول أو ثلاثة أرباع السباق ، إلا أن خلل أدائهم للخطوات الأخيرة للمسافة المتبقية بإيقاع حركي خاطئ أو متخلخل أدى إلى إخفاقهم في تحقيق الأرقام ، ففي إحدى الدراسات على عدائي إحدى المدارس العليا الأمريكية في سباق (100متر) وجد أن الحد الأقصى لسرعة الراكض أو العداء (8م/ث-8.4م/ث) على بعد (23-37 متراً) من نقطة البداية وأن 7.3٪ من السرعة فقدت خلال العشرة الأمتار الأخيرة من السباق ، لذا نجد أهمية احتساب القيم اللحظية والمعدلات في دراسات البيوميكانيك لحل المشاكل الحركية التي يصعب احتسابها بالعين المجردة .

مثال : تحرك عداء من نقطة (أ) باتجاه (ب) التي تبعد (20 متراً) بزمن 5 ثوان . استمر العداء في حركته إلى نقطة (جـ) التي تبتعد مسافة (30 متراً) عن (ب) بحيث بلغ (11 ثانية) . ما مقدار معدل سرعته؟

$$\Delta س = \frac{ف_2 - ف_1}{ن_2 - ن_1}$$

$$= \frac{20-50}{5-11}$$

$$= 5م/ث$$

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مثال : زادت سرعة عداء من صفر إلى 20 قدماً/ث خلال 3 ثوانٍ ، أوجد :

1- متوسط السرعة

2- المسافة

الحل :

(1) السرعة Δ = $\frac{20 - \text{صفر}}{2}$

= 10 قدم/ث

(2) المسافة = السرعة × الزمن

= 10 × 3

= 30 قدم

ويمكن احتساب السرعة المتجهة بيانياً أو من خلال جمع مركبة السرعة وتحليلها .

حيث تمثل السرعة بطول السهم المعبر عن مقدار السرعة ، ويمثل تأشيراً السهم اتجاه السهم ، فإذا ما سار جسم بتأثير سرعتين في الوقت نفسه ، فإن محصلة السرعتين تعتمد على اتجاهيهما . فإذا كانت السرعتان في اتجاه واحد فإن محصلة السرعة عبارة عن جمعهما هندسياً .

محصلة السرعة = $س_1$ + $س_2$ (في الاتجاه الواحد) .

فإذا بلغت سرعة جسم 20 متر/ث وأثرت ريح بسرعة 2 م/ث في اتجاه الجسم نفسه فما مقدار السرعة النهائية .

محصلة السرعة = 20 + 2

= 22 متراً /ث

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

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

محصلة السرعة = السرعة الأولى – السرعة الثانية

فإذا أثرت الريح على الجسم السالف ذكره فإن المحصلة تساوي :

20 – 2 = 18 متراً /ث .

أما في الحركات التي ينطلق بها الجسم في اتجاه متعامد مثلاً أي بزوايا عمل معينة كما في رمي الثقل الذي ينطلق فيه بزاوية الاتجاه العلوي–الأمامي كذلك عند ضرب (ركل) كرة القدم باتجاه الزميل أو الهدف فتكون السرعة النهائية أو محصلة السرعة فيتم احتسابها بطريقة تطبيق نظرية فيثاغورس :

$(\text{المحصلة})^2 = (\text{السرعة الأولى})^2 + (\text{السرعة الثانية})^2$

مثال : ضربت كرة من (أ) إلى (ب) بسرعة (8م/ث) أثرت عليها ريح أفقية بسرعة (6م/ث) ما مقدار سرعة الكرة النهائية واتجاه ضرب الكرة ؟

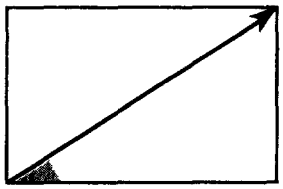
الحل : 1- احتسباب المحصلة :

$م^2 = (أ\ ب)^2 + (أ\ جـ)^2$

$= (8)^2 + (6)^2$

$= 100$

$= 10$م/ث



شكل (64)

2- لاحتساب الاتجاه يتم استخدام ظل الزاوية = $\frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$

∴ ظل = $\frac{8}{6}$ = 1.33 .

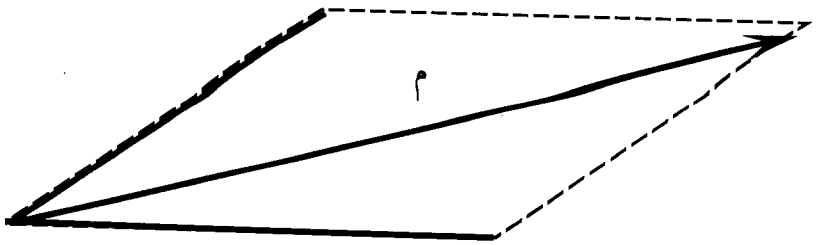
https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

ومن خلال الجداول نجد أن مقدار الزاوية = 53° .

∴ الزاوية التي أطلقت بها الكرة مع المستوى الأفقي 53° .

يتم استخدام جمع السرعتين على أساس أن السرعة متغير ميكانيكي ، وكما نعلم ينبغي ذكر مقدارها واتجاهها ، فعندما تؤثر مثلاً أكثر من سرعة في جسم فإن محصلتها تساوي المجموع الجبري لها إذا كان لهما الاتجاه نفسه ، وذكرنا في حالة تعاكسهما يتم الحصول على قيمة المحصلة من خلال الفرق بينهما وفي حالة تعادلهما فإن المحصلة تساوي صفراً أي هناك تأثير ستاتيكي .

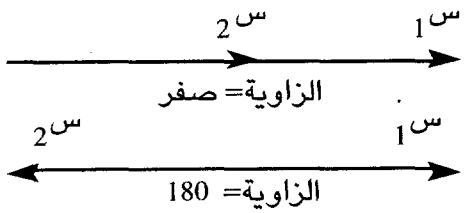
إذا أثرت أكثر من سرعة في جسم وبينهما زاوية فإن المحصلة يمكن الاستدلال عليها من خلال طريقة متوازي الأضلاع . ففي الشكل نجد أن هناك $س_1$ ، $س_2$ بمقادير معلومة فإن محصلتهما عبارة عن قطر متوازي الأضلاع لخطوط عمل السرعة فإذا ما كانت السرعتان بينهما زاوية قائمة فجمع السرعتين يتم بالمجال المستطيل الذي يتشكل في الضلعين المتعامدين . والتي تم توضيحها سالفاً .



شكل رقم (65)

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

تتأثر المحصلة بمقدار الزاوية الكائنة بين السرعتين فكلما كانت الزاوية صغيرة كان مقدار المحصلة كبيراً ، وإذا استمرت الزاوية بين السرعتين في الصغر حتى تبلغ صفراً ، عندئذ تكون المحصلة بأكبر قيمة لها ، وتساوي المجموع الجبري لهاتين القوتين . أما إذا كانت الزاوية في زيادة إلى أن تصبح أكبر من 90° عندئذ قيمة المحصلة تبدأ بالنقصان وما أن تبلغ 180° فإن قيمة المحصلة تكون بأصغر قيمها وتساوي عندئذ الفرق بين هاتين السرعتين .



شكل رقم (66)

عند عمل السرعتين في خط واحد

على ضوء ما تقدم فإنه كلما كانت الزاوية بين السرعتين صغيرة كانت المحصلة أكبر والعكس بالعكس .

مثال : ما مقدار محصلة السرعة النهائية لسرعتين إحداهما 20م/ث والأخرى 30م/ث .

$$(م)^2 = (س_1)^2 + (س_2)^2$$

$$= (20)^2 + (30)^2$$

$$= 400 + 900$$

$$= 1300$$

$$= 36.05 \text{ م/ث}$$

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مثال آخر : احسب مقدار سرعة انطلاق القوس التي بلغت السرعة العمودية للاعب 6م/ث وبسرعة أفقية = 2م/ث .

$$(م)^2 = (س_1)^2 + (س_2)^2$$

$$= (6)^2 + (2)^2$$

$$= 36 + 4$$

$$= 40$$

$$= 6.32 \text{ م/ث}$$

– أما إذا كانت الزاوية أكبر أو أصغر من 90° كما في أغلب الفعاليات الرياضية كالرمح والقوس والمطرقة ، كرة السلة . . . الخ ، فتستخدم المعادلة التالية لاحتساب محصلة السرعة .

$$(م)^2 = (س_1)^2 + (س_2)^2 + 2س_1 س_2 \times \text{جتا الزاوية}$$

فلو فرضنا أن الزاوية بين السرعتين في المثال السابق 30° فإن محصلة السرعة تساوي :

$$(م)^2 = (6)^2 + (2)^2 + 2 \times 6 \times 2 \times \text{جتا} < 30°$$

$$= 36 + 4 + 24 \times 0.8$$

$$= 40 + 19.2$$

$$= 59.2$$

$$م = 7.694 \text{ م/ث}$$

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أما إذا ما أصبحت الزاوية 60° فإن المحصلة :

$$(م)^2 = (6)^2 + (2)^2 + 2 \times 6 \times 2 \times جتا < 60°$$

$$= 36 + 4 + 12$$

$$= 40 + 12$$

$$م = 7.21 م/ث$$

فإذا ما كبرت الزاوية إلى 75° فإن المحصلة :

$$(م)^2 = (6)^2 + (2)^2 + 2 \times 6 \times 2 \times جتا < 75°$$

$$(م)^2 = 52$$

$$م = 6.78 م/ث$$

وإذا ما ازدادت الزاوية إلى 89° فإن المحصلة :

$$(م)^2 = (6)^2 + (2)^2 + 2 \times 6 \times 2 \times جتا < 89°$$

$$= 36 + 4 + 24 \times 0.0175$$

$$م = 6.35 م/ث$$

نجد أنه كلما ازدادت قيمة الزاوية المحصورة تناقصت السرعة النهائية لانطلاق الأداة أو سرعة حركة الجسم .

أما بخصوص الاتجاه فيتم احتسابه بوساطة ظل الزاوية وفق القانون التالي :

$$ظا = \left(\frac{س_1 \ جا <}{س_2 + س_1 \ جتا <} \right)$$

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

نعود إلى المثال السابق لاحتساب اتجاه المحصلة :

$$\text{ظا} = \left(\frac{6 \times \text{جا } 30}{2 + 6 + \text{جتا } 30} \right)$$

$$= \frac{2.5}{6.8}$$

$$= 0.3676$$

∴ يساوي 14°

مثال : سباح تأثر بسرعته العمودية 5م/ث وبسرعة الماء 4م/ث وبزاوية 45° بينهما . أوجد السرعة النهائية والاتجاه .

الحل :

السرعة النهائية :

$$(\text{م})^2 = (5)^2 + (4)^2 + 2 \times 5 \times 4 \times \text{جتا } 45^\circ$$

$$= 8.32 \text{ م/ث}$$

أما الاتجاه :

$$\text{ظا} = \left(\frac{5 \times \text{جا } 45}{4 + 5 + \text{جتا } 45} \right)$$

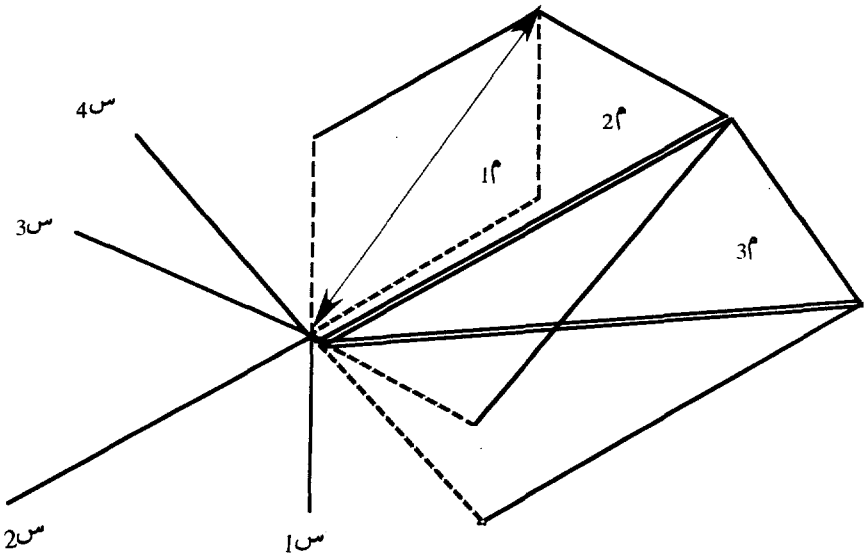
$$= \frac{5 \times \text{جا } 45}{4 + 5 \times \text{جتا } 45}$$

$$= \frac{5 \times 0.707}{4 + 5 \times 0.705}$$

= 0.469 وتساوي من خلال الجدول 25° تقريباً

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أكثر من سرعتين (ثلاث أو أربع) وكان خط عملها في مستوى واحد فلإيجاد محصلة هذه القوى نتبع ما هو موضح في الشكل (67) .



شكل رقم (67)

نرسم من نقطة $س_1$ خط عملها يكون بالاتجاه نفسه وبالمقدار نفسه وبالطريقة نفسها $س_2$ ثم نطبق قاعدة متوازي الأضلاع لاستخراج $م_1$.

نرسم من $س_3$ لنجد المحصلة بين خط عملها $س_3$ و$م_1$.

$$م_2 = س_1 \times س_2 \times س_3$$

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

بين خط عمل س4 ، م2 يتم استخراج المحصلة النهائية ، م3 التي تمثل جمع السرعة س1 ، س2 ، س3 ، س4 إن احتساب أكثر من سرعة في المجال الرياضي يتم في نقل سرعة حركة أطراف الجسم باتجاه الحركة وأن واحداً للحصول على السرعة النهائية لانطلاق الأداة أو الجسم نفسه ، ففي حركة الوثب الطويل يعمل الرياضي على تحريك أطراف جسمه في حركات مرجحة بندولية سواء للأطراف العليا أو السفلى معاً وفي آن واحد مع الرجل الناهضة بما يتناسب وطبيعة المسار الميكانيكي وبالزاوية المعينة باتجاه الحفرة .

وفي التنس يحاول اللاعب من خلال التوقيت الصحيح لسرعة حركات الأطراف (لحركات الثني والمد) المرتبطة بحركات أجزء الجسم الأخرى مما يسبب ثقلاً حركياً وبكمية حركة ميكانيكية ، نجدها مهمة لتأثيرها في اللعبة ومتطلبات اللعب الجيد وضرورة السيطرة على الجسم في مرحلة مرجحة المضرب باتجاه التصادم مع الكرة كذلك السيطرة على الجسم أثناء تصادم المضرب مع الكرة خلال الضربات التي تتم أثناء الركض والتي تتعلق بسرعة حركة القدمين الجيد الذي يضع اللاعب في موقع متوازن تحت سيطرة جيدة لإرجاع الكرة إلى الملعب المقابل ، هذه الحركات وبسرعة متناسبة لأطراف الجسم وأجزائه تساهم في الحصول على السرعة النهائية المناسبة أي وجود أكثر من سرعة تنقل إلى نقطة مؤثرة واحدة .

تحليل السرعة

إن عملية التحليل هي عكس جمع السرعة ففي هذه الحالة نعمل على تحليل المركبة إلى مركبتين أفقية وعمودية عندما تكون المحصلة معلومة القيم مع الاتجاه .

فإذا أثرت سرعة في ثقل مقدارها 10 م/ث بزاوية 30° مع الاتجاه الأفقي فما مقدار

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

فيتم احتسابها من خلال المثلث القائم الزاوية :

$$\text{جا } 30^\circ = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$$

$$\frac{\text{ع}}{10} = 0.5$$

$$\therefore \text{ع} = 5 \text{ م/ث السرعة العمودية}$$

$$\text{جتا } 30^\circ = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}}$$

$$\frac{\text{ف}}{10} = 0.8$$

$$\therefore \text{ف} = 8 \text{ م/ث السرعة الأفقية}$$

مثال : هبط سباح إلى الماء بسرعة معلومة 8 م/ث وبزاوية 40° مع الاتجاه الأفقي مامقدار سرعته الأفقية والعمودية .

$$\text{جا } 40^\circ = \frac{\text{ع}}{8}$$

$$\text{ع} = 8 \times 0.642 = 5.136 \text{ م/ث السرعة العمودية}$$

$$\text{جتا } 40^\circ = \frac{\text{ف}}{8}$$

$$\therefore \text{ف} = 8 \times 0.766$$

$$= 6.128 \text{ م/ث السرعة الأفقية}$$

أما إذا كانت حركة الجسم على منحنى فإن مقدار السرعة يمكن احتسابه في حاصل قسمة المسافة المقطوعة على المنحنى على الزمن المستغرق . أما الاتجاه فإن الجسم يميل باتجاه المماس و سرعة الجسم تكون في أي لحظة باتجاه طول المماس (يوضح لاحقاً) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

التعجيل Acceleration

(تزايد السرعة وتناقصها)

في الحياة اليومية عند تغيير سرعة السيارة عند الضغط على بدال البنزين بالزيادة أو النقصان يعرف بتعجيل حركة السيارة أو تناقصها ، وفي الأنشطة الرياضية مع زيادة سرعة حركة الجسم أو أي جزء من أجزائه يعد من الأهمية في تحقيق الأداء طبقاً للهدف ، فعند هبوط السباح إلى حوض الماء وانسيابه تحت الماء يعمل على تغيير سرعته ليكسب تعجيلاً تزايدياً حتى يبلغ سرعته القصوى التي يهدف بها إلى تحقيق أكبر سرعة ممكنة خلال زمن قصير ، وعداء (100 متر) الذي حال انطلاقه من البداية يمكن ملاحظة تزايد سرعته التدريجي بزمن معين والذي يمدنا بمقدار تزايد سرعته من خلال الثواني الأولى حتى يصل إلى أقصى سرعة ممكنة ، مما تقدم يظهر لنا أن التعجيل هو : «مقدار التغيير في السرعة خلال زمن معين» أو «معدل التغيير في السرعة» .

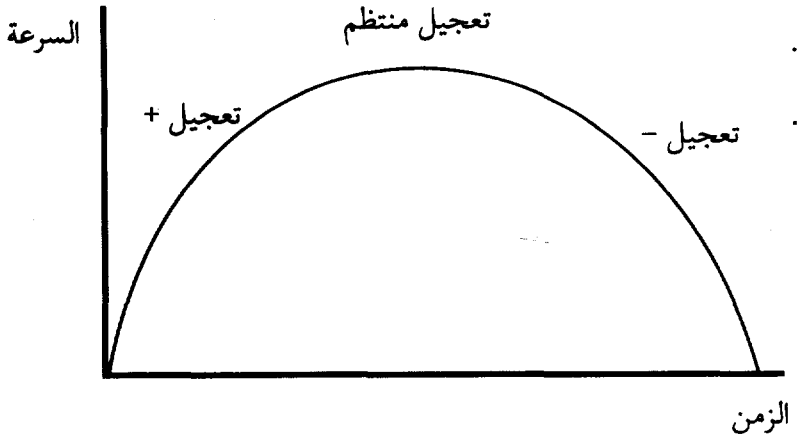
$$\text{التعجيل} = \frac{\Delta \text{ السرعة}}{\Delta \text{ الزمن}}$$

$$\text{أو} = \frac{\text{س}_2 - \text{س}_1}{\text{ن}_2 - \text{ن}_1}$$

أما وحدات التعجيل فهي وحدة السرعة على الزمن (م/ث^2 ، سم/ث^2 ، قدم/ث^2 . . . الخ) ، فإذا ما قلل العداء سرعته بمعدل 1 م/ث في كل ثانية ، فهذا يعني أن التعجيل هو 1م/ث^2 ، وعند اكتسابه لتعجيل مقداره 2م/ث^2 فهذا يعني أن سرعته ازدادت 2م/ث في كل ثانية في معدل ، وإذا ما كانت حركته من السكون فإن

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

سرعته بعد الثانية الأولى (2م/ث) وبعد الثانية (4م/ث) ثم (6م/ث) (8 م/ث) ، نجد أن السرعة في تزايد مستمر أي أن السرعة الثانية أكبر من الأولى ، أي بسرعة متغيرة تزايدية أي بتعجيل زايدي (موجب) . أما إذا حدث العكس ، أي قرب العداء من خط النهاية فإنه يقلل من سرعته تدريجياً فتصبح سرعته الثانية أقل من الأولى فيصبح التعجيل تناقصاً (سالباً) ، مما تقدم نجد أن هناك نوعين من التعجيل المتغير (لاحظ الشكل 69) .

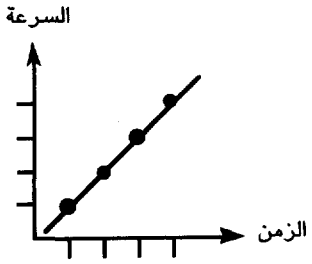


1- التزايدي .

2- التناقص .

شكل رقم (69)

والتعجيل كمية ميكانيكية متجهة يجب ذكر مقدارها واتجاهها . يمكن التعامل مع التعجيل مثل السرعة تماماً ، فإما أن يكون ثابتاً أو متغيراً ، فالتعجيل الثابت تكون السرعة فيه بمقادير متساوية خلال فترات زمنية أي بسرعة ثابتة أو متساوية التزايد بزمن معين عندئذ يكون مسار التعجيل ثابتاً (لاحظ الشكل 70)



شكل رقم (70)

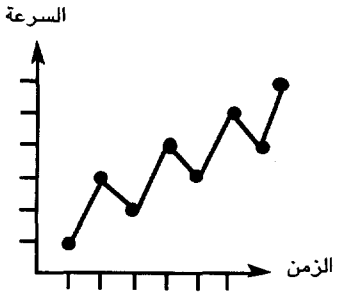
https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أما العلاقة التي يتم احتساب المسافة المقطوعة في هذا النوع هي :

$$\text{المسافة} = \frac{1}{2} (\text{السرعة}_1 + \text{السرعة}_2) \times \text{الزمن}$$

وعندما يكون التغيير على طول المسافة المقطوعة لا يحدث بمقادير متساوية في وحدات زمنية ، ويتم احتساب المسافة المقطوعة في هذا النوع كما يلي :

$$\text{المسافة} = \text{السرعة الابتدائية} \times \text{الزمن} + \frac{\text{التعجيل} \times \text{الزمن}^2}{2}$$



شكل رقم (71)

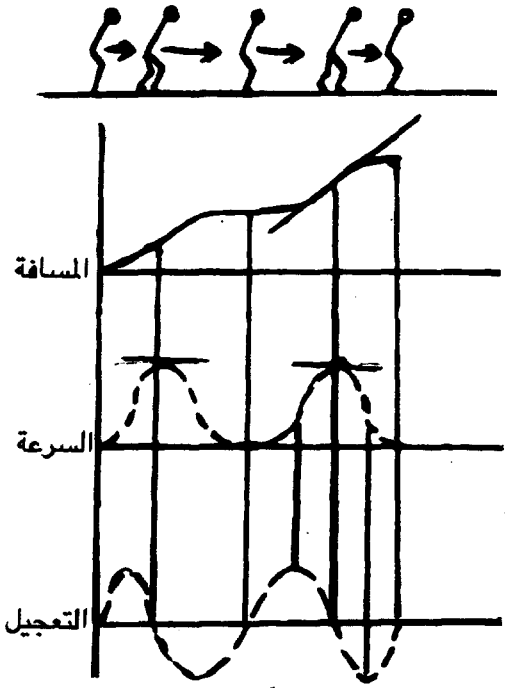
أما إذا ما كانت السرعة الابتدائية صفراً فإن المعادلة تصبح :

$$\text{المسافة} = \frac{\text{التعجيل} \times \text{الزمن}^2}{2}$$

وفي الأجسام الساقطة سقوطاً حراً من ارتفاع معين نلاحظ استمرار سقوطها التزايدي بفعل الجذب الأرضي (9.8 م/ث^2 ، 980سم/ث^2 ، 32 قد/ث^2) لقافز الزانة من العارضة باتجاه البساط أي هناك تعجيل تزايدي . وفي أعلى نقطة عن توقف الحركة يكون التعجيل مساوياً الصفر والسرعة في أقصى مراحلها . لكن الجسم هنا تحت تأثير الجذب الأرضي «سنتناوله لاحقاً» .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مما تقدم نجد أن في الحركات الرياضية لا يؤثر متغير واحد في الحصول على الحركة المطلوبة بالاتجاه المطلوب ، حيث نجد من خلال الشكل العلاقة بين المتغيرات الميكانيكية الكينماتيكية للمسافة (الإزاحة) والسرعة والتعجيل ، مثال حركة الركض والوقوف ثم الركض والوقوق ، حيث تزداد السرعة أولاً وعند الوقوف تقل إلى أن تصل صفراً وهذه تعاد مرتين . إن زيادة السرعة يحتاج إلى تعجيل تزايدي (+) بينما الوقوف إلى تعجيل تناقصي (-) . وهذه تعاد مرتين أيضاً وعند مقارنة هذا المثل بحركة سير بسرعة ثابتة . بعد التعجيل الأول نجد فروقاً حيث يحتاج للتوقف (تعجيل سلبي) ثم تعجيل إيجابي .



شكل رقم (72)
العلاقة بين المسافة والسرعة والتعجيل لحركة
الركض الوقوف ثم الركض الوقوف

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أي كل تغيير في السرعة يحتاج إلى (قوة إضافية) تعجيل تزايدي والركض بسرعة ثابتة ، كذلك الحال في الدراجات والتجديف فهو أفضل اقتصاداً بالجهد . ولأسباب تكتيكية تتغير السرعة أحياناً مما يتطلب تعجيلاً إضافياً (قوة إضافية) . وهنا نجد أهمية ملاحظة النقاط التالية :

1- إذا ابتدأ الجسم حركته من السكون فإن سرعته الابتدائية تساوي صفراً .

2- إذا كان التعجيل تناقصاً فإن القيمة تكون سالبة .

3- أهمية تحديد الوحدات القياسية للسرعة والتعجيل والموضحة في الجدول تستخدم للتحويل .

جدول رقم (5)

	قياسات الوحدة الخطية		يصبح
السرعة	1 ميل/ساعة	=	0.447 م/ث
	1 قدم/ث	=	30.48 سم/ث
	1 متر/ث	=	3.60 كم/ث
القياسات الخطية	1 قدم	=	12 انج
	1 ياردة	=	3 أقدام
	1 ياردة	=	36 انج
	1 ميل	=	5280 قدم
	1 ميل	=	1760 ياردة
	1 سنتمتر	=	10 ملمتر
	1 متر	=	100 سنتمتر
	1كيلومتر	=	1000 متر
	1 انج	=	2.54 سنتمتر
	1 سنتمتر	=	0.3937 انج
	1 قدم	=	30.48 سنتمتر
	1 سنتمتر	=	0.328 قدم

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

تابع جدول رقم (5)		
قياسات الوحدة الخطية		يصبح
1 انج	=	0.254 متر
1 متر	=	39.37 انج
1 قدم	=	0.3048 متر
1 متر	=	3.2808 قدم
1 ياردة	=	0.91144 متر
1 متر	=	1.0936 ياردة
1 ميل	=	1609.34 متر
1 ميل	=	1.6093 كيلومتر
1 كيلومتر	=	0.6214 ميل

- أمثلة تطبيقية :

مثال (1) : زادت سرعة عداء من الصفر إلى 20 قدم/ث خلال 3 ثانية ، فما مقدار التعجيل؟

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{س}_2 - \text{س}_1}{\text{ن}}$$

$$= \frac{20 - \text{صفر}}{3}$$

$$= 6.66 \text{ قدم/ث}^2$$

مثال (2) : ما هي المسافة التي يقطعها عداء قام بزيادة سرعته من السكون بتعجيل معدله 9 م/ث^2 حتى وصلت السرعة إلى 20 م/ث . جد المسافة المقطوعة؟

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{س}_2 - \text{س}_1}{\text{ن}}$$

$$\frac{20 - \text{صفر}}{\text{ن}} = 9$$

$$\therefore \text{ن} = \frac{20}{9} = 3.33 \text{ ثانية}$$

$$\therefore \text{المسافة} = \text{س}_1 \times \text{ن} + \frac{\text{ع ن}^2}{2}$$

$$= \text{صفر} + \frac{9 \times 3.33^2}{2}$$

$$= 49.9 \text{ متر}$$

مثال (3) : تحرك راكب دراجة بسرعة 15 ميل/ساعة زادت سرعته بتعجيل منتظم حتى بلغت سرعته 40 ميلاً /ساعة خلال 11 ثانية . فما مقدار :

1-التعجيل

2-المسافة المقطوعة

الحل :

$$\text{1- التعجيل} = \frac{40 - 15}{11}$$

$$= 2.27 \text{ ميل/ساعة}^2$$

لتحويله إلى متر/ث يضرب بـ 0.447 :

$$2.27 \times 0.44 = 1.01469 \text{ م/ث}^2$$

والسرعة الابتدائية $15 \times 0.477 = 6.705$ م/ث .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

1- المسافة = س$_1$ × ن + $\frac{\text{ع ن}^2}{2}$

$= 11 \times 6.75 + \frac{1}{2} \times 1.01469 \times 11^2$

$= 135.14$ متر

مثال (4) : بلغت سرعة عداء 6 م/ث وبتعجيل متر/ث^2 . احسب مقدار الزمن المستغرق والمسافة المقطوعة . أكمل العداء مسافة أخرى بتعجيل بلغ 2 م/ث^2 وبسرعة 12 م/ث . فما مقدار المسافة الكلية؟

الحل :

التعجيل = $\frac{\text{س}_2 - \text{س}_1}{\text{ن}}$

$\frac{6 - \text{صفر}}{\text{ن}} = 1$

∴ ن = 6 ثانية

م = س$_1$ ن + $\frac{\text{ع ن}^2}{2}$

المسافة الأولى = $\frac{1 \times 6^2}{2}$ + صفر = 18 متر

أما المسافة الثانية : ع = $\frac{12 - 6}{\text{ن}}$

$\frac{6}{\text{ن}} = 2$

∴ ن = 3 ثانية

م = 6 × 3 + $\frac{2 \times 3^2}{2}$

∴ م = 27 متر المسافة الثانية

المسافة الكلية = م$_1$ + م$_2$ = 18 + 27

= 45 متراً

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

سؤال : ما هي العلاقة بين التعجيل والمسافة والزمن؟

الحل : عندما يتحرك العداء فإن مقدار المسافة المقطوعة إذا كان التعجيل منتظماً تكون :

$$م = \frac{1}{2} (س_1 + س_2) \times ن$$ على أساس أن :

$$\text{المسافة} = \Delta س \times ن$$

$$\text{وأن } \Delta س = \frac{س_1 + س_2}{2}$$

$$\text{ولما كان } ع = \frac{س_1 - س_2}{ن}$$

$$\therefore س_2 = س_1 + ع ن$$

وبالتعويض عن قيمة $س_2$ في المعادلة السابقة للتعجيل المنتظم

$$\text{فإن } م = \frac{1}{2} (س_1 + س_1 + ع ن) \times ن$$

$$م = \frac{1}{2} (2س_1 + ع ن) \times ن$$

$$\therefore م = \frac{2س_1 ن}{2} + \frac{ع ن^2}{2}$$

$$م = س_1 ن + \frac{ع ن}{2}$$

مما تقدم يظهر ارتباط المسافة بالتعجيل والزمن من ناحية العلاقات الحسابية ، أما في الحركات الرياضية فيمكن توضيحها من خلال مثالين :

المثال الأول : ثني الركبتين ثم القفز عالياً .

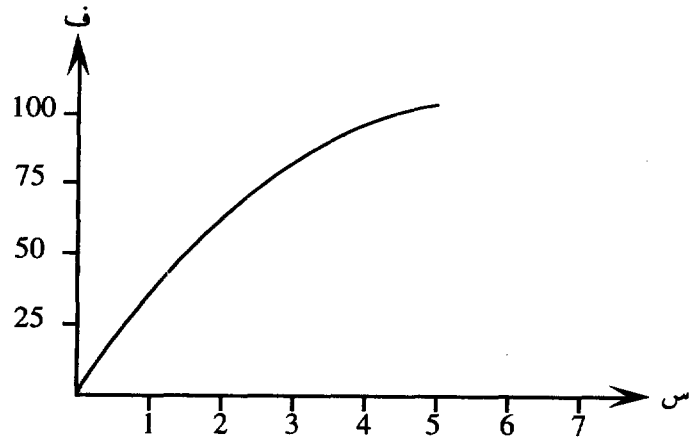
– تصور هذه الحركة بوساطة آلة تصوير سينمائية لنتمكن من قياس المسافة (طبقاً لمقياس الرسم) والزمن (طبقاً لتردد آلة التصوير) لحركة مركز ثقل الجسم ثم نرسم المسافة والزمن بيانياً والموضح في الشكل (73) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

البـيـاني في النقطة المطلوبة للسـرعـة والزمن ، وبذا نتـمكن من تقدير ذلك . (وضح في المثال السابق) . أما متوسط التعجيل أو معدله فيعني أن :

$$ع = \frac{س}{ـ}$$

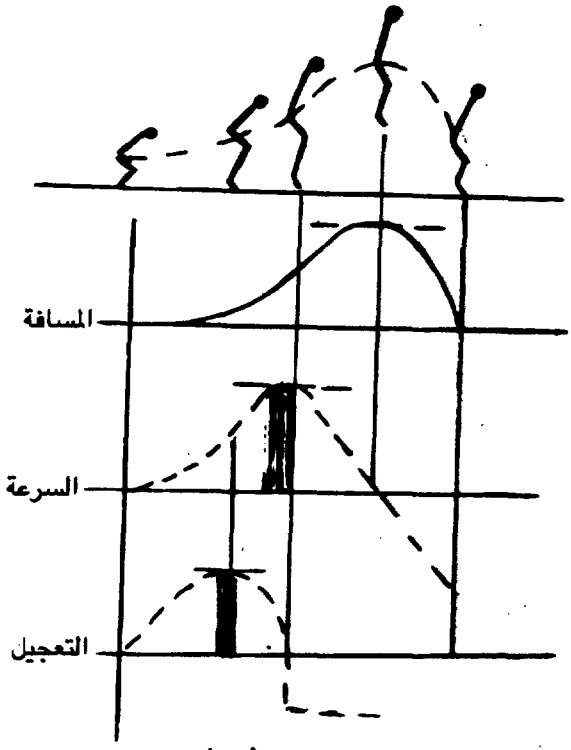
ففي ركض 100 متر نستطيع حساب السرعة ووحدات الزمن (ثانية) ورسم خط بياني للسرعة والزمن موضحة في الشكل (74) .



شكل رقم (74)
خط بياني للسرعة والزمن لراكض 100 متر

كما يمكن معرفة متوسط التعجيل في المراحل الزمنية المختلفة من تغير السرعة إلى الزمن ، وبذا يكون متوسط التعجيل في مثالنا هو 4 م/ث في الثانية الأولى و3.5م/ث في الثانية الثانية . إن الزيادة في السرعة تكون في مرحلة الانطلاق أي أن التعجيل يكون في أقصاه .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (73)

وعند وضع المماس على القمة في الرسوم البيانية لكل منحنى نتمكن من التعرف على ما يلي :

1- السرعة القصوى (في لحظة ترك القدم للأرض) وتصل السرعة إلى الصفر عندما يصل الجسم إلى أعلى نقطة له .

2- نضع المماس للتعجيل فنجد أن التعجيل يصبح صفراً عندما تبلغ السرعة أقصاها (أي عند ترك الأقدام للأرض) ، وأن التعجيل يصل أقصاه لحظة الازدياد الكبير في السرعة أي خلال مد الرجلين . أي يصل التعجيل إلى أقصاه قبل وصول (الزمن الخاص) . بالسرعة أقصاها .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مما تقدم نجد أن اللحظة التي تصل فيها الحركة إلى أقصى سرعة لها تكون قيم التعجيل قد بلغت أقصاها قبل السرعة القصوى .

المثال الثاني : تم عرضه في مبحث سابق لتحليل حركة (الركض الوقوف ثم الركض الوقوف) .

التعجيل اللحظي :

إن تعجيل أي جسم في أي نقطة من مساره أو عند أي لحظة زمنية في أوقات حركته الأفقية ،وأن التعجيل اللحظي كمية متجهة لها اتجاه السرعة نفسه . فتغير السرعة تتم عندما يقترب الزمن من الصفر ، أي أن التعجيل اللحظي يساوي متغير السرعة إلى الزمن .

$$ع = \frac{س}{ن} = \frac{دس}{دن} = \frac{متر}{ث^2}$$

على اعتبار أن $س = \frac{دم}{دن}$ وبالاستعاضة ينتج

$$ع = \frac{د}{دن}(\frac{دم}{دن}) = \frac{د^2 م}{د ن^2} \quad م/ث^2$$

هذا القانون هو التفاضل الثاني للسرعة . وفي الحياة العملية الرياضية لا توجد في أكثر الأحيان قوانين ثابتة للمسافة والزمن ، وهذا ينطبق على السرعة الزمنية . وبذا لا يمكن حسابها بالرياضيات ولذلك اضطررنا بمساعدة فرق قليل بالسرعة والزمن (فرق فيزيائي) من معرفة وتثبيت التعجيل في لحظة زمنية بصورة تقريبية قدر الإمكان .

والطريقة الجيدة لمعرفة التعجيل اللحظي يكون فيها التعجيل قد بلغ القمة أو أن التعجيل يساوي صفراً مستخدمين الرسم البياني . حيث نرسم مماساً على الرسم

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

السرعة والدقة في الأداء الحركي

السرعة حالة ضرورية لحلقات الجسم النهائية العاملة والبعيدة عن محور الدوران (المفاصل) والتي تحقق التعجيل اللازم والمناسب لتزايد السرعة تدريجياً والذي يحقق من خلال أداء مناسب للقسم الرئيسي للفعالية أو المهارة ، فعند ضرب كرة القدم بالقدم نفسها إلى الحلقة الأخيرة للرجل الضاربة والبعيدة عن محور الدوران (مفصل الورك) الذي كلما ازداد طوله (نصف القطر) ازدادت السرعة الحركية للقدم من خلال الحركة التحضيرية للمرجحة إلى الخلف بتزايد التعجيل باتجاه الحركة ويتم نقل السرعة القصوى إلى الأداة أو إلى الكرة طبقاً لمثالنا من خلال مسها .

كذلك الحال في فعاليات الرمي ومن خلال الحركات التحضيرية والمرجحات بالأداة إلى خلف الجسم بالقرص مع ابعاد عن محور الدوران يزداد العزم الذي يزيد من سرعة الدوران مع تصغير في عزم القصور الذاتي (يشرح لاحقاً) قبل الرمي يتم الحصول على التعجيل التزايدي والسرعة المناسبة لإطلاق القرص مع أهمية ملاحظة زيادة المسار التعجيلي للأداة مما يزيد من كمية حركة (قوة الدفع) سرعة إطلاق الأداة يتوافق عضلي-عصبي .

أما في الألعاب الجماعية فتحتاج إلى الدقة والسرعة مع تفاعلها بالكرة . فالدقة التي كثيراً ما تصاحب التكنيك في الحركات السريعة كالتصويب في كرة اليد والتي تتطلب كفاءة عالية في عمل الجهازين العضلي والعصبي بالسيطرة على العضلات العاملة والموجهة نحو الهدف مع أهمية أن تكون الإشارات الواردة إلى العضلات محكمة التوجيه وإن أي خلل يؤثر في دقة الأداء حيث عرفت الدقة بأنها «قدرة الفرد

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

على التحكم في حركاته وارتباطها بهدف ما . . . وهي عنصر مهم لنجاح أداء الحركة» . وتقسم المصادر الدقة إلى نوعين ؛ الأول الإحساس بالفراغ (المكان) ، والثاني الإحساس بالزمن ، وإن العينين مصدر رئيسي وأساسي للمعلومات الواردة عن العلاقات الفراغية والزمانية ليظهر الأداء دقيقاً . وإن أي خلل في الإحساس الفراغي يغير من مسار الأداة ، وبالتالي يؤثر على النتيجة النهائية ، فإذا ما حاول لاعب التهديف أو التصويب في كرة اليد في زاوية معينة ، فإن حركة الرجلين والذراعين تعملان لتحقيق الأداء . والعينان مصدر المعلومات لكن خطأً في العلاقات كالأساس الفراغي بـ 1 سنتمتر يؤدي إلى انحراف مسار طيران الكرة بمقدار حوالي 2 متر . وفي كرة القدم يؤكد المدرب على ضرب الكرة بمنتصف القدم من الداخل ، يكون التوجيه أكثر دقة لو تم بمقدمة القدم . كما تزداد الصعوبة في دقة التوجيه في الظروف المحيطة عند ضرب الكرة كقاعدة الارتكاز مثلاً أو سرعة الكرة عند قدومها واستلامها . . . الخ .

أما العلاقة بين الدقة والسرعة فإن لهما علاقة ارتباط لكن عكسية ، فزيادة السرعة في التصويب إلى الهدف وبزاوية محددة يضعف من الدقة في التصويب بالزاوية المطلوبة . كما أن للمسافة (الفراغ) والاتجاه علاقة بالدقة أيضاً حيث تؤثر المسافة البعيدة على نسبة الدقة في إصابة الهدف عنه من مسافة قريبة . أما الاتجاه (زاوية التصويب) التي تتم أحياناً بزوايا معقدة يتطلب فيها دوران للجذع باتجاه المرمى مع السرعة اللازمة تؤثر على الدقة أيضاً وتضعفها وخاصة في حركات الرمي إلى الأعلى- جانباً- أو أسفل- جانباً مما يتطلب استخدام مرجحات للذراع بزوايا معينة للحصول على التعجيل اللازم مما يؤثر على دقة التصويب .

أما في الحركات فالضبط يكون بإيقاع حركي معين (ديناميكية المكان والزمان وتوافقهما) كما في الوثب العالي أو الجمباز (الحركات الأرضية) ويتطلب دقة أداء

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الخطوات للمرحلة التحضيرية وبخاصة الأخيرة كإعداد للمرحلةالرئيسية لبلوغ نقطة النهوض مباشرة وبالوضع المناسب (يتطابق المسافة والزمن) الذي يلعب دوراً مهماً في تحقيق الهدف المبيت وبسرعة مناسبة ، لذا كانت العلاقة بين السرعة والدقة المتناسبتين مهمة في الحركات الرياضية والتي يلعب فيها التدريب والتمرين المستمرين لبلوغ الإحساس الحركي والزمني المناسبين دوره وبتوافق حركي دقيق لتحقيق مبدأ تحقيق الهدف المبيت من الحركة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الفصل الثاني

الكينماتيك الزاوي (الدائري)

لا بد من الإشارة إلى أن الفرق بين طبيعة الحركة الانتقالية في خط مستقيم والحركة الدائرية أي التي تكون ذات مسار دائري أو منحنى أو جزء من دائرة ، والتي تتم حول محور ويعرف المحور بأنه «خط وهمي متعامد على المسطح الفراغي الذي للجسم دور فيه» ، ويشترط في الحركات الزاوية أو الدائرية وجود محور للدوران داخل الجسم أو خارجه ، فعندما يتعلق لاعب الجمباز بالعقلة يقوم بمرجحات إلى الأمام وللخلف بحركات بندولية يقع فيها المحور خارج الجسم ، بينما في حركة دوران اللاعب حول محوره الطولي أثناء رمي المطرقة فإن المحور يقع داخل الجسم ، أي أن جميع نقاط الجسم تشكل مساراً دائرياً فيشكل دائرة أو جزءاً منها ، وأن سرعة أجزاء الجسم تختلف باختلاف بعدها عن محور الدوران ، فكلما ازداد نصف القطر ازدادت السرعة .

أما وحدات القياس فإنها تختلف ، فنجد أن السرعة تقاس بوحدة الزاوية على الزمن حيث تقاس المسافة بزاوية أو طول القوس المقابل للزاوية من بداية الحركة إلى نهايتها .

المسافة والإزاحة الزاوية

إذا نظرنا إلى بندول الساعة وهو يتحرك فسوف نجد أنه يدور حول محور (بنقطة اتصاله برقاص الساعة) وعلى المستوى الفراغي الذي يتحرك فيه البندول ، فإذا ما تحرك البندول بزاوية 30ْ أيضاً ، فهذا يعني أن مسافة الزاوية مقدارها 30ْ أيضاً . أي أن المسافة الزاوية تعني «مجموع التغيرات الزاوية التي يحققها البندول» .

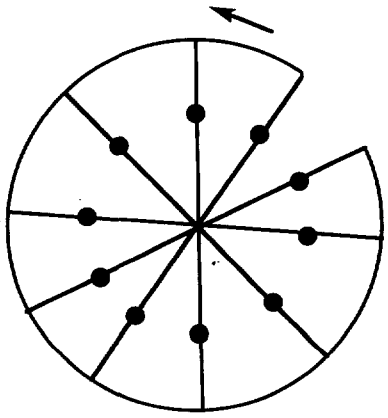
https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أما في حركات جسم الإنسان فإن حساب المسافة الزاوية لأجزاء الجسم في حركاته حول محور مفصل ما ، ففي مفصل الكتف إذا ما تحرك بزاوية 180ْ ،فهذا يعني أن مسافته الزاوية بلغت 180ْ ، وفي مفصل المرفق الذي مداه الحركي (180ْ) وتحرك 40ْ فإن المسافة التي تحرك بها (180 – 40 = 140ْ) ، وعندما يعود مفصل المرفق إلى وضعه الأصلي (المد الكامل) ، فهذا يعني إضافة مسافة جديدة مقدارها (140ْ) فيكون المفصل قد حقق مسافة زاوية مقدارها (280ْ) .

وإذا ما تحرك جسم من نقطة إلى نقطة أخرى في حركة الدوران حول العقلة فإن المسافة الزاوية المقطوعة تحسب من بداية الحركة إلى نهايتها بعدد الدرجات المقيسة (لاحظ الشكل) .

أما الإزاحة الزاوية فهي الفرق بين وضعي البداية والنهاية ، فإذا ما تغيرت زاوية الركبة من 180ْ إلى 150ْ فإن الإزاحة الزاوية :

30ْ = 150ْ – 180ْ



شكل رقم (75)

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أما إذا ما مد مفصل الركبة مرة أخرى فإن المسافة الزاوية تساوي :

$60^\circ = 30^\circ + 30^\circ$

أما الإزاحة الزاوية فتكون صفراً لأن المفصل عاد إلى وضعه الأصلي . والإزاحة الزاوية كمية متجهة يمكن تنسيبها إلى حركات عقرب الساعة ، فالدوران في اتجاه عقرب الساعة يكون (-) في حين اتجاه مع عقرب الساعة يكون (+) أما وحدات القياس كما ذكرنا فهي الدرجة ، وهي أكثر الوحدات استخداماً وهناك الوحدات الأخرى :

1- الزاوية النصف قطرية : وتعرف بأنها الزاوية المحصورة بين نصفي قطرين يعادلان في طولهما القوس المحصور ، وتعادل (57.3°) والناتجة من حاصل قسمة :

$57.3^\circ =$

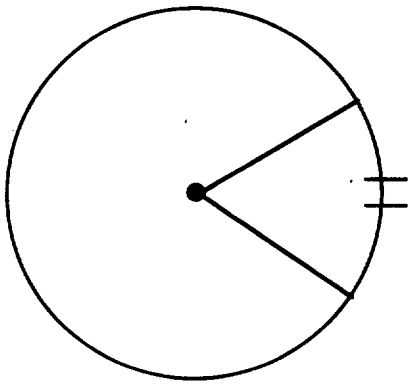
وحدة القياس Rad (درجة نصف قطرية) .

أما 6.28 فتأتي من الدورة الكاملة للدائرة والتي تساوي 6.28 قطاعاً .

إن استخدام الزاوية النصف قطرية أكثر واقعية في قياس حركات أطراف الجسم وسهولة تحويلها من الحركات الخطية وإليها (لأن ليس لها وحدات قياس ولا تميز بوحدات معينة) .

ولتوضيح ذلك لا بد من معرفة العلاقة بين الوحدات الزاوية للحصول على السرعة الزاوية (توضح لاحقاً) . إن دوران الجسم حول العقلة مثلاً يعني دورة كاملة وأن عدد الدرجات التي سيقطعها الجسم هي (360°) ، وإذا قطع الجسم جزءاً من محيط الدائرة بحيث يساوي طول ذلك الجزء نصف قطر الدائرة وتسمى الزاوية المقابلة لذلك الجزء زاوية نصف قطرية (لاحظ الشكل 76) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (76)

ويطلق على المثلث أ م ب القطاع . وقد وجد أن الدورة الكاملة تساوي 6.28 قطاعاً ، لذا فإن القطاع الواحد = 57.2 تقريباً .

أي أن :

الزاوية النصف قطرية =

طول القوس = الزاوية نصف قطرية × نصف القطر

أما طول القوس فيعبر عن المسافة الزاوية التي يقطعها الجسم وبفترة زمنية ، لذا فإن :

المسافة = السرعة × الزمن

∴ الزاوية النصف قطرية × نصف القطر = السرعة × الزمن

$$\text{وأن السرعة الزاوية} = \frac{\text{(الزاوية النصف قطرية) المسافة الزاوية}}{\text{الزمن}}$$

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

$$\therefore \text{السرعة الزاوية} = \frac{\frac{\text{طول القوس}}{\text{نصف القطر}}}{\text{الزمن}}$$

$$\therefore \text{السرعة الزاوية} = \frac{\text{طول القوس}}{\text{الزمن}} \times \frac{1}{\text{نق}}$$

$$\therefore \text{السرعة الزاوية} = \text{السرعة}_{\text{على القوس}} \times \frac{1}{\text{نق}}$$

$$\therefore \text{السرعة}_{\text{م}} = \text{السرعة الزاوية} \times \text{نق}$$

هذه العلاقة لها أهمية في حركات مد الذراع كاملاً عند رمي القرص مثلاً .

ملاحظة : (السرعة على القوس هي تعبير إجرائي يعبر عن السرعة اللحظية ، أو المماسية وفي بعض المصادر سميت السرعة المحيطية) .

2- اللفات أو الدورات لوصف حركة اللاعب حول محور الدوران كالعقلة ، فنقول إن اللاعب أدى دورتين أو لفتين ونصف مثلاً أو نصف دورة هوائية (أحياناً تسمى قلبة هوائية) ، وتقاس Rpm في الجمباز الأرضي . . فعند رمي المطرقة مثلاً يحاول الرامي أداء دورتين ،وأحياناً ثلاث دورات أفقية للحصول على السرعة اللازمة لإطلاق الأداة ، فلو أن لاعب مطرقة أدى (3 دورات) بزمن (2.5 ثانية) فما عدد الدرجات أو المسافة الزاوية المقطوعة ثم كم قطاعاً قطع في الثانية؟

الحل :

360 × 3 = 1080 درجة المسافة الزاوية

1080 ÷ 2.5 = 432 درجة عدد الدرجات بالثانية

432 ÷ 57.3 = 7.5 قطاعاً في الثانية .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

السرعة الزاوية Angular Speed

السرعة الزاوية : كمية قياسية تعرف بناتج قسمة المسافة الزاوية على الزمن المستغرق أو هي معدل الانتقال الزاوي للجسم .

أما السرعة الزاوية المتجهة فهي حاصل قسمة الإزاحة الزاوية على الزمن ، ونظراً لكون السرعة الزاوية هنا كمية متجهة لذا فهي تعتمد على قياس كميتها (مقدارها) ، واتجاهها يعد شيئاً ضرورياً .

أما وحدات القياس فتستخدم (درجة/ ثانية) في حالة المسافة أو الإزاحة الزاوية أو درجة نصف قطرية/ ثانية أو (Rpm) في حالة عدد اللفات .

أهمية استثمارها في المجال الرياضي ؛ حيث إن حركة أطراف الجسم تتم بسرعة عالية وخاصة الحلقة الأخيرة من الطرف الذي كلما ازداد في مد الطرف نفسه تزداد السرعة حول محيط الدائرة ، فلو أخذنا رامي المطرقة والقرص وقارنا بين سرعتهما فإننا نجد أن سرعة المطرقة تزداد نتيجة سرعة دوران الجسم وطول نصف قطر الحركة نتيجة سرعة دوران الجسم وطول نصف قطر الحركة الدورانية نتيجة لطول السلك وطول الذراع التي تؤدي دوراً مهماً في ازدياد السرعة اللازمة لإطلاق المطرقة . لكن هل أن لكتلة المطرقة تأثيراً على السرعة الزاوية ، الجواب : في حالة ثبات السرعة الزاوية لتدوير مطرقتين مختلفتين في الكتلة نجد أن السرعة الأكبر للمطرقة الأقل (سنتناولها مفصلاً في القوة الطاردة والطاقة الحركية) .

أما إذا ما قارنا السرعة الزاوية لمطرقتين لهما طول سلك مختلف فهل يؤثر ذلك على قيم سرعة انطلاق المطرقة؟

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الجواب : في حالة ثبات السرعة الزاوية والاختلاف في طول السلك فإن سرعة دوران المطرقة ذات السلك الأطول لها سرعة انطلاق أكبر والمؤثرة على المسافة الأفقية للإنجاز أو ما يطلق عليه ميكانيكا المسافة الخطية .

وهنا نجد أهمية توحيد وحدات القياس المستخدمة لطول نصف القطر والمسافة الخطية .

- السرعة الزاوية لأي جسم يدور حول محور ثابت تكون متساوية لكن الاختلاف يكون في طول نصف القطر المؤثر على قيمة السرعة الخطية .

السرعة الخطية = السرعة الزاوية × نق

فعند أداء رمية التماس في كرة القدم أثبتت الدراسات أن الكرة تكتسب من الرمية الجانبية سرعة عالية بطريقة الدحرجة الأمامية مقارنة بالطريقة التقليدية في الرمية والناتجة عن زيادة السرعة الزاوية للساعد لحظة ترك الكرة على الرغم من أن الهدف من الرمية ليس تحقيق المدى الكبير في كل مواقف اللعب ، فإذا ما كان الغرض من توصيل الكرة إلى أقرب ما يكون كمهارة هجوم فإن أسلوب رمي الكرة بالدحرجة يعد مناسباً .

وقد يكون الهدف توجيه كرة التنس إلى نقطة معينة بسرعة معينة أيضاً ، فإن الدراسات أظهرت أن اللاعب المدرب جيداً يقلل من سرعته الزاوية (للمضرب) في اللحظة التي تسبق ضرب الكرة مباشرة لتحقيق عنصر الدقة في توصيل الكرة للنقطة المرغوب بها .

أما مبدأ إطالة نصف قطر الدوران لحظة ضرب الكرة في الإرسال بخاصة في الجولف ، التنس أو الريشة مستخدمين المضرب الأطول وخاصة في الجولف عند ضربها لمسافات أبعد نلاحظ أن لاعب الجولف يحمل في حقيبته مضارب ذات أطوال وأوزان مختلفة لاختيار المناسب لكل ضربة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

كما نجد أن اختيار السباحين ذوي الأطراف العليا والسفلى الطويلة (بصورة عامة طويلو القامة) لتحقيق مبدأ زيادة سرعة الضربات وعددها خلال سباحته وخاصة للذراعين حيث إن لحركتها الزاوية نتيجة وضعها في الماء أثراً كبيراً في الحصول على قوة الاندفاع الأكبر ، ووجد بأن هناك تناسباً بين سرعة الذراع الزاوية وسرعة اندفاع الجسم ، ولزيادة سرعة السباح ينبغي زيادة سرعته الزاوية (بقاء نصف القطر ثابتاً) ويفضل اختيار السباح ذي الذراعين الطويلتين ، لأن السرعة تتمدد من خلال معدل ضربة الذراع والمقصود بها المسافة الأفقية المقطوعة عند الحمال دورة كاملة لذراع السباح وتساوي :

$$\text{معدل طول الضربة} = \frac{\text{المسافة المقطوعة}}{\text{عدد الدورات للذراع}}$$

كما أن لمعدل تكرار الضربة خلال الزمن أثره الكبير على سرعة السباح والتي تساوي :

$$\text{معدل تكرار الضربة} = \frac{\text{عدد دورات الذراع}}{\text{الزمن المستغرق}}$$

وأن سرعة السباح تتم من خلال هذين العاملين .

سرعة السباح = معدل طول الضربة × معدل تكرار الضربة .

مثال : استخدم مضرب لضرب كرتين للتنس . ضربت الأولى بمضرب طول ذراعه 202سم) والثاني بمضرب طول ذراعه (40 سم) علماً بأن السرعة الزاوية (30 درجة قطرية/ ثانية) لحظة الضربة ، فما مقدار السرعة الخطية للمضرب للكرتين .

الحل :

السرعة = نق × السرعة الزاوية

س الأولى = 0.20 × 30

= 6 م/ثانية

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

س الثانية = 0.40 × 30

= 12 م/ث

مما تقدم يظهر أن سرعة الثانية كانت الأكبر بسبب ازدياد طول نصف القطر .

مثال : لاعب كرة قدم أثناء ضربه للكرة بلغت سرعته الزاوية للرجل 60 درجة/ثانية . احسب مقدار سرعته الخطية لمفصل الركبة والقدم ، علماً بأن البعد بين محور الدوران ومفصل الركبة هو 40 سم وبين محور الدوران والقدم هي 80سم؟

الحل :

السرعة = نق × السرعة الزاوية

س للركبة = 0.40 × 60

= 2.400 م/ث

س للقدم = 0.80 × 60

= 4.800 م/ث

مما تقدم نجد أن سرعة القدم كانت ضعف سرعة الركبة وهذا ناشئ من الاختلاف في بعد المفصل عن محور الدوران أي (نق) الذي يكسبه سرعة دائرية قبل انتقاله بشكل مماسي أثناء الانطلاق .

مما تقدم نجد أن أهمية اعتماد مبدأ اختيار ذوي الأطراف الطويلة عن ذوي الأطراف القصيرة لتأثير ذلك على مسافة الإنجاز .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

التعجيل الزاوي

يختلف التعجيل في الحركات الدائرية عن المستقيمة (ويكون تزايدياً وتناقصياً) حيث في الحركات الدائرية يتحرك حول محور إما داخل الجسم أو خارجه ويعرف بأنه :

«معدل التغيير في السرعة الزاوية»

أو معدل التغيير الذي يحدث في السرعة بوحدة الزمن»

ويطبق القانون التالي :

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

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

والتعجيل الزاوي نوعان :

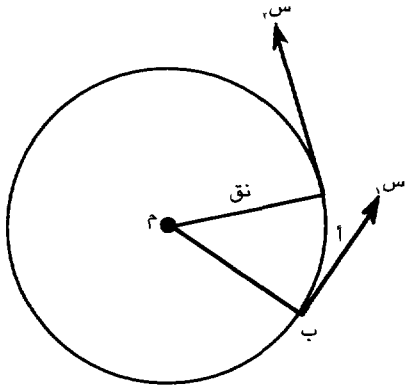
1- التعجيل المماسي .

2- العجيل القطري أو العمودي .

فالتعجيل المماسي والموضح في الشكل يوضح تغيير قمته واتجاهه المستمر ، وأن معدل التغيير في نقطتين في فترة زمنية محددة ، والمعادلة السالفة تطبق على التعجيل المماسي ، وخاصة في الحركات أو الفعاليات التي يتم فيها الدوران حول

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

محور كفعاليات رمي القرص أو المطرقة ، حيث تتخذ مساراً دائرياً يحكمه طول الذراع مع المحافظة على المسار الحركي للقرص أو المطرقة بزيادة القبض على مقبض المطرقة للحظات التي تسبق الرمي مباشرة ، ويعد توقيت إطلاق الأداة من الأمور الحاسمة في تحديد مسارها ، لذا فإن حركة دوران الأداة في دائرة الرمي عبارة عن حركة متوازنة بين اندفاع القرص إلى الخارج عكس اتجاه حركة انجذابه نحو محور الدوران وبين حركته على مماس محيط الدائرة التي يتحرك فيها أثناء دورانه .



شكل رقم (77)
التعجيل المماسي

والتعجيل العمودي يظهر واضحاً في رمي المطرقة بسرعة عالية لكنها متوازنة بين دفع المطرقة للخارج وبين حركة المطرقة على محيط الدائرة والتي تساعد في السيطرة على الأداة نتيجة تأثير التعجيل باتجاه محور مفصل الكتف والذي يتم احتسابه كالآتي :

$$\text{التعجيل العمودي} = \frac{(\text{سرعة الأداة على مماس الدائرة})^2}{\text{نصف قطر الدوران}}$$

$$ع = \frac{س^2}{نق}$$

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مثال : أوجد مقدار سرعة القدمين الخطية للاعب العقلة الذي يبلغ طوله (6 أقدام) حيث بلغ تعجيله الزاوي 300 درجة/ث^2 وبزمن 0.1 ثانية .

الحل :

$$ع = \frac{س_2 - س_1}{ن}$$

$$300 = \frac{س_2 - صفر}{0.1}$$

∴ س = 30 درجة/ ثانية

أما السرعة اللحظية للقدم = س الزاوية × نق

= 30 × 6

= 180 قدم/ث

مثال : أوجد مقدار التعجيل العمودي (القطري) لقرص بلغت سرعته (15 قدماً/ث) بطول ذراع 3 أقدام .

الحل :

$$\text{التعجيل العمودي} = \frac{15^2}{3}$$

= 75 متراً/ث^2

مثال : مطرقة بلغت سرعتها على محيط الدائرة التي تدور حولها 8 م/ث وبلغ نصف قطر دوران المطرقة 2 متر فما مقدار التعجيل العمودي للمطرقة؟

الحل :

$$\text{التعجيل العمودي} = \frac{8^2}{2}$$

= 32 متر/ث^2

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مثال : أثناء دوران القرص بلغت سرعته 6 م/ث وبعد فترة زمنية قدرها (0.2 ثانية) بلغت 8 م/ث .فما مقدار التعجيل الزاوي (المماسي) للقرص .

الحل :

$$ع = \frac{6 - 8}{0.2}$$

$$= \frac{20}{0.2} = 10 \text{ م/ث}^2$$

مثال : بلغت سرعة لاعب العقلة 100 درجة/ث وعند بلوغه نقطة أخرى بلغت 140 درجة/ث تم التغيير في زمن 0.2 فما مقدار التعجيل الزاوي؟

الحل :

$$ع_ز = \frac{100 - 140}{0.2} = 200 \text{ درجة/ث}^2$$

ميكانيكية الحركة الزاوية

تتم الحركات الدائرية بمقدار علاقة الجسم بقاعدة الارتكاز وزمن تأثير القوى الخارجية المحدثة لدوران الجسم والحركات الدائرية تتم :

- دون ارتكاز .
- بارتكاز .
- وكلاهما .

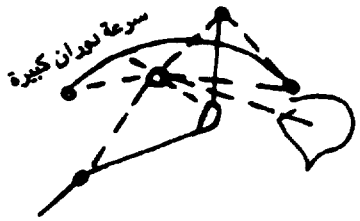
https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

لذا فإن الحركة تحدث من خلال التفاعل الحاصل بين القوة الدافعة من الارتكاز سواء على الأرض أو في عارضة العقلة أو في الماء ، حيث تتحرك أجزاء الجسم من خلال حركة أجزائه من وضع البداية ثم مد أجزاء الجسم ، فرياضي الرقص على الجليد يؤدي حركاته المختلفة حول محاور الجسم بتجميع أجزاء الجسم واقترابها من محور الدوران في سرعة دورانه حول نفسه مثلاً ، أو لأداء الدحرجة الأمامية في الجمباز ، حيث يقع خط عمل القوة (عند الحركات الدائرية في الدحرجة) خارج مركز الثقل بزيادة عزم القصور الذاتي (يشرح لاحقاً) ، وعند مد أجزاء الجسم أي إبعادها عن محور الدوران تقل سرعة دورانه بتقليل عزم قصوره الذاتي . والشيء نفسه يحدث في حركات الغطس ؛ فعندما يقفز السباح إلى الماء يقوم بثني الجذع والرأس لتحقيق حركة الدوران .

كذلك الحال في حركات القلبات الهوائية في الثبات ، والتي تعتمد على أسس ميكانيكية مهمة ، فمرجحة الذراعين الكبيرة التي لا تستمر حيث تتوقف بمستوى الرأس تساعد على رفع مركز الثقل إلى الأعلى ، فضلاً عن الثني والمد في مفصلي الركبتين والورك المتوافقة ، والمرجحة تساهم في زيادة القوة الدافعة ، ويكون اتجاه رد الفعل خارج مركز ثقل الجسم لإتمام الدوران حول المحور العرضي للجسم مع أهمية تقريب مراكز أثقال أعضاء الجسم من مركز الثقل (أي مركز ثقل الجسم) ، لزيادة سرعة دورانه في الهواء وقرب اقترابه من الأرض يعمل على إبعاد مراكز أثقال أعضاء الجسم أو أطرافه عن مركز الثقل الذي يعمل على تقليل سرعة الدوران استعداداً للهبوط السليم .

أما في حالة الدوران بتماس الأرض فإن مركز الثقل يكون أمام نقطة الارتكاز مع الأرض ، ولهذا يكون تأثير الجذب الأرضي ايجابياً حيث يكسب الجسم سرعة دوران أكبر . يبدأ التأثير السلبي للجذب الأرضي عندما يكون مركز ثقل الجسم فوق نقطة الارتكاز ، وهنا يقرب اللاعب مراكز أثقال أعضاء جسمه إلى مركز ثقل الجسم للتغلب على التأثير السلبي بزيادة سرعة الدوران .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (78)

شكل رقم (79)

أما في ميكانيكية الدوران حول العقلة باستخدام محور دوران خارج الجسم ، فإن لاعب العقلة يبدأ برفع مركز ثقله إلى ارتفاع أعلى للحصول على طاقة حركية تساعد على إنجاز دورانه ليسقط الجسم بعدها تلقائياً باتجاه الجذب الأرضي ، مع أهمية إبعاد مركز الثقل أبعد ما يمكن عن محور الدوران ، والجسم يمد مداً كاملاً وبدون انثناء في مفاصل الجسم المختلفة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

إن سبب إبعاد مركز ثقل الجسم عن محور الدوران هو لتقليل السرعة ، فسرعة القدمين تبلغ الضعف عن سرعة دوران الورك بسب طول نصف القطر الذي كلما ازداد تزداد السرعة حول محيط الدائرة .

وبعد أن يصل الجسم إلى وضعه العمودي أسفل العارضة يبدأ بالتأثير السلبي للجذب الأرضي وللتغلب عليه يعمل الرياضي على زيادةمرجحة الرجلين لحصول الطاقة الحركية ، وكلما ازدادت سرعة الخطف تزداد سرعة الدوران التي تصحبها زيادة في القوة الطاردة التي تحاول إبعاده عن العارضة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الفصل الثالث

المقذوفات

السقوط الحر

كان الاعتقاد السائد حتى القرن السادس عشر حين وضع جاليلو فروضه ونظرياته بأن الأجسام الثقيلة تسقط بمعدل أسرع من الأجسام الخفيفة ، وكان لاختراع مضخات الهواء الكبيرة دوراً هاماً في الإثبات المادي لنظرية جاليلو ، فعندما ضخ الهواء خارج مكان ما وتم تفريغه من الهواء تماماً لوحظ أن العملة المعدنية والريشة الخفيفة تسقطان للأسفل بالسرعة نفسها .

دراسة الحركة المستقيمة تتضمن مسار الأجسام الساقطة سقوطاً حراً في الفراغ ، وفيما عدا بعض الحالات في المجال الرياضي كالوثب والقفز على الجليد ، فإن مقاومة الهواء عادة ما يتم تجاهلها في حساباتنا- لسهولة العمليات الحسابية فقد اتفق بعد التقريب على أن قوة التعجيل الأرضي تساوي 32 قدماً/ث^2 ، 9.8 م/ث^2 ، وهذه القيمة من شأنها التأثير على كافة الأجسام الساقطة أو المقذوفة رأسياً للأعلى بما في ذلك جسم الإنسان نفسه .

من الأمثلة الشائعة على سقوط الأجسام من ارتفاع معين بصورة حرة في مجال الجاذبية الأرضية على مسافات صغيرة مقارنة مع نصف قطر الكرة الأرضية المنتظمة التعجيل وعلى خط مستقيم ، ويكون مقدار تعجيل الأجسام مساوياً لقيمة التعجيل

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الأرضي ، وتتغير تغيراً طفيفاً تبعاً للموقع الجغرافي على سطح الأرض ، وذلك لأن التعجيل الأرضي يعتمد على المسافة بين الجسم ومركز الأرض ، وتتأثر بدوران الأرض المختلف تبعاً للموقع الجغرافي .

وهنا لا بد من توضيح ماهية الأجسام الحرة أو «السقوط الحر» .

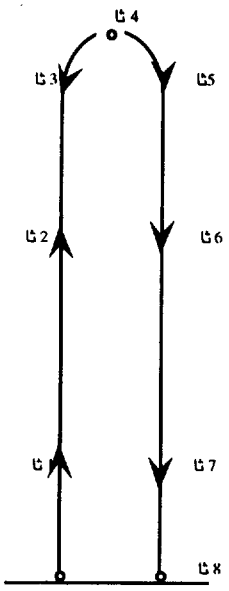
«هي تلك الأجسام التي عند سقوطها تهمل خلالها مقاومة الهواء» .

ويعني إذا ما سقطت أجسام مختلفة في الحجم والوزن والشكل من ارتفاع معين فإن جميعها تصل إلى سطح الأرض في وقت واحد .

وفي حياتنا اليومية وملاحظتنا التي تخالف ما ذكر مثل سقوط العملة المعدنية مع العملة الورقية كلاهما يسقطان في وقت واحد ، لأن مقاومة الهواء تعوق حركة العملة الورقية .

مما تقدم نجد أن دراسة الحركة المستقيمة تتضمن مسار الأجسام الساقطة بحرية في الفراغ ، وتؤثر قوة الجذب الأرضي على الأجسام أثناء صعودها أو هبوطها بصرف النظر عن وزنها ، وعادة ما تعمل قوة الجذب الأرضي بشكل عمودي باتجاه مركز الأرض (للأسفل) ، فعند قذف كرة إلى الأعلى فإن الكرة تفقد سرعتها تدريجياً بتعجيل تناقصي (سالب) وبمعدل (-9.8 م/ث^2) أو (-32 قد/ث^2) أو (-980 سم/ث^2) حتى وصل إلى أقصى ارتفاع ، حيث تصل إلى نقطة تبلغ سرعتها اللحظية (صفراً) لتعود الكرة إلى الهبوط مكتسبة تعجيلاً تزايدياً (موجباً) وبالمعدل السابق نفسه (9.8 م/ث^2) (32 قد/ث^2) (980 سم/ث^2) ولحظة وصول الكرة إلى مستوى قذفها السابق نفسه فإن سرعتها تصل إلى السرعة نفسها التي أطلقت بها الكرة ، كما أن الزمن المستغرق للصعود هو الزمن المستغرق نفسه للهبوط لنقطة الانطلاق نفسها .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (80)
السقوط الحر

أهم المعـــــادلات المستخدمة :

1- السرعة العمودية = التعجيل الأرضي × الزمن

2- السرعة العمودية = $\sqrt{\text{ح} \times \text{الارتفاع} \times \text{التعجيل الأرضي}}$

3- الزمن = $\sqrt{\frac{\text{ح} \times \text{الارتفاع}}{\text{التعجيل الأرضي}}}$

4- المسافة = $\frac{(\text{السرعة})^2}{2 \times \text{التعجيل الأرضي}}$

4- المسافة = $\frac{\text{التعجيل الأرضي} \times (\text{الزمن})^2}{2}$

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

- أمثلة-

مثال (1) :

سقط جسم من الأعلى من ارتفاع (20 متراً) من السكون ، أوجد :

1- الزمن المستغرق للهبوط .

2- سرعته عند وصوله إلى الأرض .

1- الزمن = $\sqrt{\frac{20 \times 4}{9.8}}$ = 2.02 ثانية

2- السرعة = $\sqrt{2 \times 20 \times 9.8}$ = 19.8م/ث

مثال (2) :

قذف جسم رأسياً إلى الأسفل من ارتفاع 30 متراً . احسب :

1- الزمن .

2- السرعة .

1- الزمن = $\sqrt{\frac{30 \times 2}{9.8}}$ = 2.47 ثانية

2- السرعة = $\sqrt{2 \times 30 \times 9.8}$ = 24.2م/ث

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مثال (3) : انطلقت كرة بسرعة 80 قدماً /ث . المطلوب معرفة :

1- أقصى ارتفاع بلغته .

2- الزمن المستغرق .

1- المسافة = $\frac{(80)^2}{32 \times 2}$ = 100 قدم .

2- المسافة = $\frac{32 \times \text{ن}^2}{2}$

$\frac{32 \times \text{ن}^2}{2} = 100$

∴ ن = 2.5 ثانية

مثال (3) :

قافز زانة سقط إلى البساط من ارتفاع 18 قدماً ما مقدار سرعة سقوطه؟ .

المسافة = $\frac{(\text{السرعة})^2}{\text{التعجيل} \times 2}$

$\frac{\text{س}^2}{32 \times 2} = 18$

∴ س = 33.9 قدم/ثانية

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مثال (3) :

رميت كرة شاقوليا إلى الأعلى بسرعة ابتدائية مقدارها 20 قدماً /ث ، ما مقدار الزمن المستغرق للوصول لأعلى نقطة ثم العودة إلى مستوى الانطلاق؟ وما هو الارتفاع الذي بلغت الكرة؟ .

$$\text{المسافة} = \frac{(\text{السرعة})^2}{2 \times \text{التعجيل}}$$

$$= \frac{20^2}{2 \times 32} = 18 \text{ قدم} \quad 6.2$$

$$\text{أما الزمن} = \sqrt{\frac{2 \times \text{المسافة}}{\text{التعجيل الأرضي}}} = \sqrt{\frac{2 \times 6.2}{32}}$$

= 0.62 ثانية زمن الصعود

$2 \times 0.62 = 1.24$ ثانية الزمن الكلي

وهنا لا بد من الإشارة إلى أن أثناء سقوط الأجسام فإن المسافات المقطوعة نفسها والزمن (عند الصعود) وتختلف على أساس التعجيل الأرضي ، ففي الثانية الأولى من الحركة باتجاه الأرض (السقوط) المسافات تكون 16 قدماً ومن الثانية الثانية المسافة 64 قدماً وفي الثانية الثالثة 144 قدماً وهكذا (الموضحة في الجدول مع القوانين اللازمة لاستخراجها بالقدم والمتر) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

جدول رقم (6) يوضح العلاقة بين الزمن والمسافة والسرعة للأجسام الساقطة سقوطاً حراً		
الزمن بالثانية	المسافة $م = \frac{جـ * ن^2}{2}$	السرعة $س = س_1 + جـ \times ن$
1	16 قدم 4.9 متر	32 قدم/ث 9.8 متر/ث
2	64 قدم 19.4 متر	64 قدم/ث 19.6 قدم/ث
3	144 قدم 44.1 متر	96 متر/ث 29.4 قدم/ث
4	256 قدم 78.4 متر	128 متر/ث 39.2 قدم/ث
5	400 قدم 122.5 متر	160 متر/ث 47 قدم/ث

ملاحظة : تذكر قيمة المتجهة للأعلى (-) أما للأسفل (+) .

كما أن مقدار سرعة ما أثناء الصعود = سرعة الهبوط (الفرق في الإشارة أي إشارة الاتجاه) وأثناء ذلك يمكن توضيحه في المثال التالي وتوضيح العلاقة بيانياً ، لو فرضنا أن كرة قذفت رأسياً للأعلى حتى بلغت مسافته (8 أمتار) فما مقدار سرعة إطلاقه من اليد وسرعته النهائية عند وصوله لليد مرة أخرى؟

---

* جـ : هو التعجيل الأرضي .

ن = الزمن .

م = المسافة .

س = السرعة .

$س_1$ = السرعة الابتدائية .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الحل :

السرعة^2 = السرعة الابتدائية^2 + 2 × التعجيل الأرضي × الارتفاع

سرعة الانطلاق :

س^2 = صفر − 2 × 9.8 × 8

∴ س = − 12.52 م/ث

مثال : توضح العلاقة بيانياً :

لو فرضنا أن جسماً قذف إلى الأعلى بسرعة ابتدائية 9.8 م/ث . أوجد مقدار الزمن المستغرق حتى هبوطه موضحاً العلاقة بين الارتفاع والزمن بيانياً .

$$\text{التعجيل} = \frac{\Delta \text{ س}}{\text{ن}}$$

$$\text{ن} = \frac{9.8}{9.8} = 1 \text{ ثانية الزمن اللازم للصعود}$$

$$1 \times 2 = 2 \text{ ثانية الزمن الكلي}$$

2- لا بد من احتساب أقصى ارتفاع يصله الجسم وفق القانون التالي :

$$\text{م} = \text{س ن} + \frac{\text{جـ ن}^2}{2}$$

$$\text{م} = 9.8 \times 1 + \frac{9.8 \times 1^2}{2}$$

∴ م = 4.9 متر أقصى ارتفاع له عند الصعود

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

3- أما لاحتساب العلاقة بيانياً فلا بد من توحيد زمن الصعود بتقسيم زمني ذي فئات متساوية المدى :

زمن الصعود : صفر ، 0.2 ، 0.4 ، 0.6 ، 0.8 ، واحد .

زمن الهبوط : 1.2 ، 1.4 ، 1.6 ، 1.8 ، اثنان .

4- أما كيفية احتساب المسافة فتتم وفق العلاقة التالية :

- في حالة الصعود وفق الزمن المقترح :

$$م = س_{ا} \times ن + \frac{حـ \times ن^{2}}{2}$$

$$م = 9.8\ ن + \frac{(-9.8) \times ن^{2}}{2}$$

$$\therefore\ م = 9.8\ ن - 4.9\ ن^{2}$$

5- أما مسافة الهبوط فيتم احتسابها لرسم العلاقة بيانياً وفق المعادلة التالية والزمن المقترح :

ارتفاع الجسم بعد الهبوط = أقصى ارتفاع له - المسافة المقطوعة

$$= 4.9 - \frac{جـ\ ن^{2}}{2}$$

$$= 4.9 - \frac{9.8\ ن^{2}}{2}$$

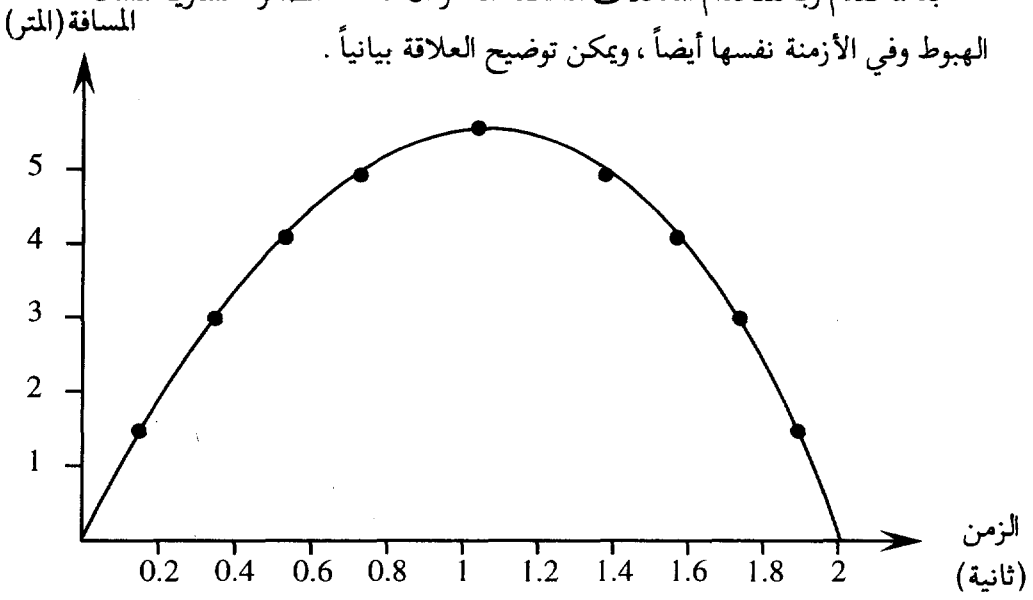
$$= 4.9 - 4.9\ ن^{2}$$

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

6- نصمم جدول مع احتساب القيم المطلوبة :

مسافة الصعود م = 9.8 ن - 4.9 ن^2	الزمن المقترح	مسافة الهبوط م = 4.9 ن^2 - 4.9
م$_1$ = 9.8 × صفر - 4.9 × صفر^2 = صفر	صفر	4.9 × صفر^2 - 4.9 = 4.90
م$_2$= 9.8 × 0.2 - 4.9 × 0.2^2 = 1.76	0.2	4.9 × 0.2^2 - 4.9 = 4.70
م$_3$= 9.8 × 0.4 - 4.9 × 0.4^2 = 3.14	0.4	4.9 × 0.4^2 - 4.9 = 4.12
م$_4$= 9.8× 0.6 - 4.9× 0.6^2 = 4.12	0.6	4.9 × 0.6^2 - 4.9 = 3.14
م$_5$= 9.8 × 0.8 - 4.9× 0.8^2 = 4.70	0.8	4.9 × 0.8^2 - 4.9 = 1.76
م$_6$ = 9.8 × 1 - 4.9 × 0.2^2 = 1.76	1	4.9 × 1^2 - 4.9 = صفر

نجد مما تقدم وباستخدام المعادلات السالفة الذكر أن مسافة الصعود مساوية لمسافة الهبوط وفي الأزمنة نفسها أيضاً ، ويمكن توضيح العلاقة بيانياً .

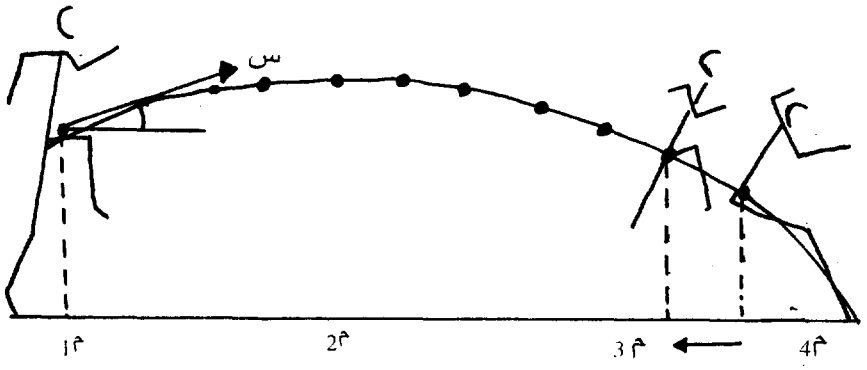


شكل رقم (81)
يوضح العلاقة بين المسافة والزمن

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

المقذوفات على شكل منحن

عندما ينطلق جسم أو أداة في الهواء يسمى مقذوفاً ، فكرة السلة عندما تترك يد اللاعب إلى السلة أو كرة اليد عند مناولتها من فوق لاعب آخر أو إطلاق الرمح أو إطلاق لاعب الوثب الطويل إلى الحفرة . . . الخ ، بعض نماذج للمقذوفات ما دام الجسم يتحرك في الهواء تحت تأثير الجذب الأرضي ومقاومة الهواء .

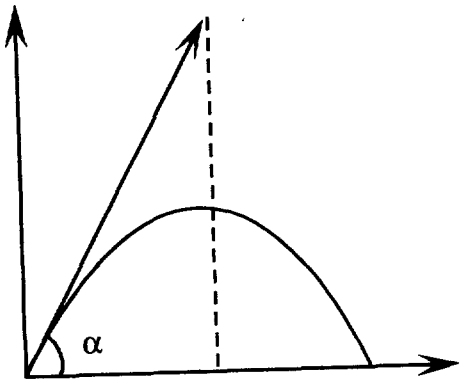


شكل رقم (82)

ويتم اطلاق المقذوفات في الهواء مستمراً في حركته بتأثير قوة تغيير من حالته الحركية (قانون نيوتن الأول) .

إن حركة المقذوفات في مجال الجاذبية الأرضية وعلى ارتفاعات منخفضة مقارنة مع نصف قطر الكرة الأرضية (مع إهمال مقاومة الهواء) مثالاً للحركة على خط منحن واقع في مستو ، فالكرة المقذوفة أو مسار طيران واثب تؤثر قوة الجذب الأرضي التي تعمل عليها جميعاً وتعتبر قوة متماثلة ويكون اتجاه التعجيل اللحظي للحركة دائماً إلى الأسفل وباتجاه مركز الكرة الأرضية .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



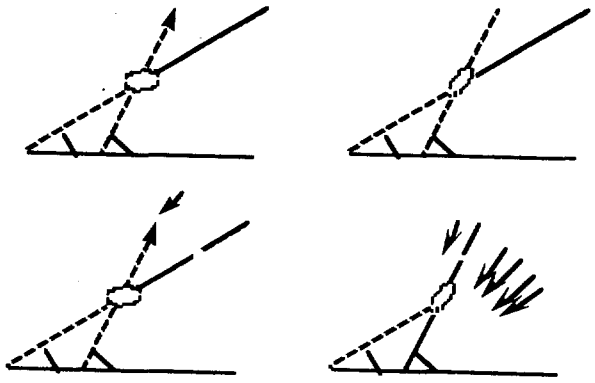
شكل رقم (83)

ومن أجل تماثل مدى الجذب الأرضي أو قوة الجذب الأرضية فالمقذوف يأخذ مساراً منحنياً متكافئاً يطلق عليه (المقطع المتكافئ) (إلا إذا كان القذف عمودياً تماماً) ، قد يتعدل المسار بدرجات مختلفة بواسطة مقاومة تأثير تيارت الهواء ؛ وهذه المقاومة تتوقف على حجم المقذوف ووزنه وشكله وسطحه وسرعته ففي رمي الرمح والقرص تؤثر مقاومة الهواء تأثيراً مهماً في اتجاه مساره هما وتؤثر على زاويتي الاتجاه والهجوم الناتجة عن :

زاوية الهجوم = زاوية الإنطلاق – زاوية الاتجاه*

* وهي من زوايا تحديد اتجاه مسار القرص والرمح وهي الزاوية المحصورة بين سطح القرص مثلاً أو الخط الأفقي في اللحظة التي ينطلق بها .
أما زاوية الهجوم فتختلف في مقدارها بناء على اختلاف زاويتي الانطلاق والاتجاه في اللحظة التي

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (84)

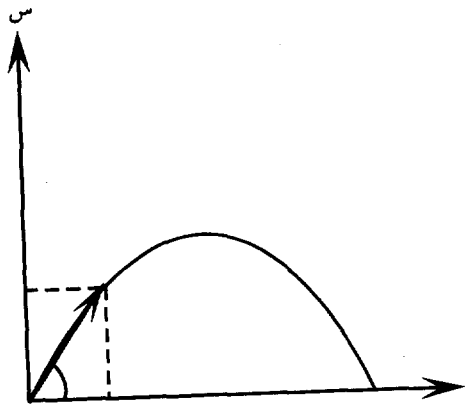
زاوية تحديد مسار القرص

فعند إطلاق القرص في ريح ساكنة فإن سرعة الريح تساوي في المقدار :

(سرعة انطلاق القرص بالاتجاه المعاكس) .

عند الرماة الجيدين يجب أن تكون زاوية الهجوم سالبة المقدار والدالة على أن زاوية الانطلاق أكبر من زاوية الاتجاه فمثلاً قام (بتراودس) ببحث على مجموعة أبطال لاحظ فيه المتغيرات الميكانيكية التالية والموضحة في الجدول رقم (8) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (85)

1- سرعة الانطلاق :

وهي أحد أهم المتغيرات الأساسية في تحديد المسافةالأفقية أو العمودية للإنجاز .

وبما أن السرعة Velocity كمية متجهة ، فإن السرعة الابتدائية للحظة انطلاق الأداة أو مركز الثقل يتحدد مقداراً واتجاهاً ، وبالتالي يمكن تحليل هذه السرعة إلى مركبتين عمودية وأفقية ، وإنها تحدد الارتفاع الذي يصله الجسم .

يمكن تحليل مكونات الحركة أو مسارها اللحظي ، فإنه يجعلنا نتناول كل مركبة على حدة :

السرعة العمودية : تتأثر بالجذب الأرضي ومقاومة الهواء ، وإن أبسط مفاهيمه في فعاليات الرمي والوثب .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

جدول رقم (8)				
الرياضي	زاوية الانطلاق	زاوية الهجوم	سرعة الانطلاق	المسافة
فلكنز (امريكا)	35°	17-	80	200.5
درشر (امريكا)	37.5°	14-	76.5	193.3
زهوريا (روسيا)	38.5°	19.5-	79.6	182.4
فولكين (روسيا)	38.5°	120-	72.5	161.0

مما تقدم نجد أن المتغيرات الميكانيكية الواردة في الجدول تتحكم في مسافة إنجاز الرامي . واتفقت المصادر العلمية على أن أهم متغير هو سرعة الانطلاق الناتجة عن تعامد سرعتين ، كما أن لزاوية الانطلاق تأثيراً مهماً على مسافة الإنجاز وارتفاع مركز ثقل الأداة لحظة الانطلاق ، ووجد أن مقاومة الهواء لها تأثير مهم في فعاليتي القرص والرمح .

مما تقدم يمكن تلخيص أهم المتغيرات الميكانيكية المؤثرة على مسافة الإنجاز :

1- سرعة الانطلاق .

2- زاوية الانطلاق .

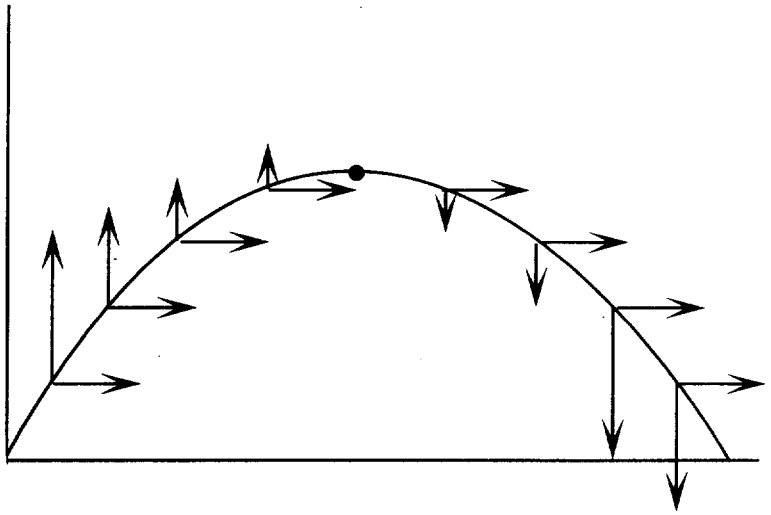
3- ارتفاع مركز الثقل لحظة الانطلاق .

4- مقاومة الهواء .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

تتغير قيم السرعة العمودية تدريجياً فتقل قيمتها وتختلف إلى أن تصل في قمة الارتفاع الذي يصله مركز ثقل الجسم صفراً ليأخذ بعدها مساراً للهبوط فتزداد السرعة العمودية حتى تصل إلى أقصاها قبل ملامسة الجسم للأرض .

السرعة الأفقية : وهي متوسط قيمة السرعة الأفقية للمقذوف قبل لحظة انطلاقه وتعد ذات أهمية على مسافة الإنجاز ، وعند لحظة ترك الواثب للأرض تبقى السرعة الأفقية ثابتة على طول مسار طيران الواثب ، أي أن قيمتها لا تتغير في أي لحظة من لحظات الطيران ، إن السرعة الأفقية تكسب الجسم استمرارية الحركة طبقاً لقانون نيوتن الأول .



شكل رقم (86)
تأثير المركبتين الأفقية والعمودية على مسار طيران المقذوف

مما تقدم نجد أن سرعة الانطلاق ما هي إلا محصلة سرعتين إحداهما عمودية والأخرى أفقية ، حيث تبلغ سرعة الانطلاق أقصاها لحظة انطلاق الواثب أو انطلاق

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الأداة من يد الرامي (الناتجة من متوسط السرعة الناتجة عن الحركات التمهيدية الاقتراب في الوثب الطويل ،والتعجيل التزايدي) وفي السباحة مرجحة الذراعين أماماً- عالياً .

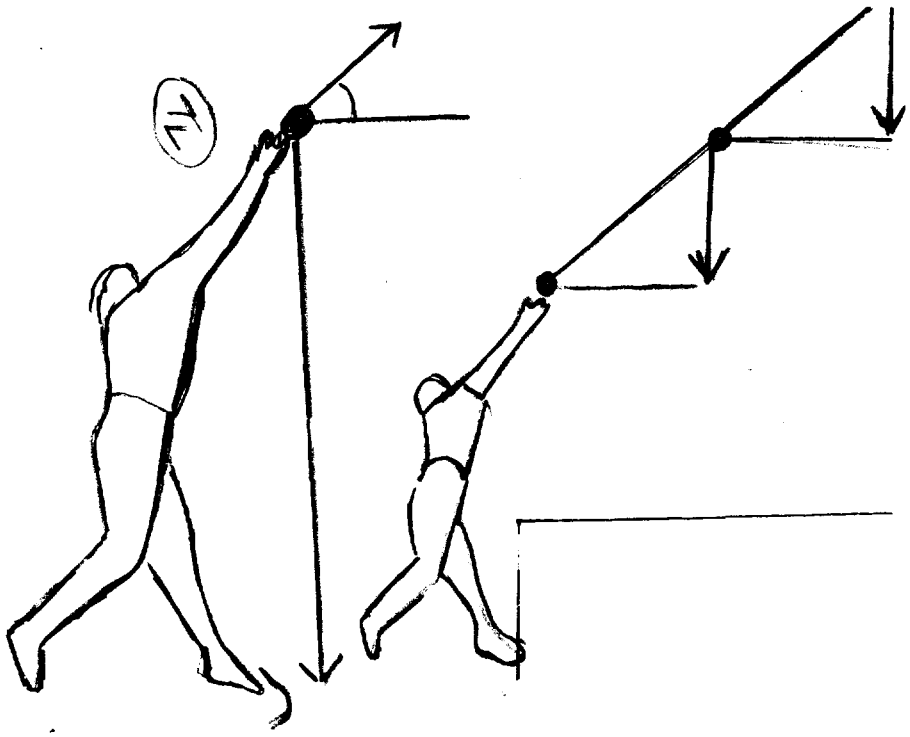
إن سرعة الإطلاق تحدد ارتفاع مسار الطيران وطوله ، ففي الوثب العالي تزداد السرعة العمودية للارتقاء وتؤثر في ارتفاع طيران مركز ثقل الواثب فوق العارضة . أما في الوثب الطويل فإن لسرعة الاقتراب تأثيرها المهم على مسافة الإنجاز الأفقية ، وإن تأثير السرعة العمودية في محاولة التغلب على مقاومات الجذب الأرضي قدر المستطاع ، طبقاً للقانون التالي (في المستوى الواحد) ، فكلما ازدادت السرعة ازدادت مسافة الإنجاز .

$$\text{المسافة الأفقية} = \frac{(\text{سرعة الانطلاق})^2 \times \text{جا } 2 < \text{الانطلاق}}{\text{التعجيل الأرضي}}$$

إن زيادة 10٪ من سرعة انطلاق المطرقة تؤدي إلى زيادة 40 قدماً من مسافة الإنجاز .

زاوية الانطلاق : إن للزاوية التي ينطلق بها مركز ثقل الجسم دوراً كبيراً في تحديد المسافة الأفقية والتي يقصد بها الزاوية المحصورة بين الخط الأفقي الصادر عن مركز الثقل وبين مسار طيرانه ، وتختلف قيمتها طبقاً لاتجاه المسار الذي يسلكه مركز الثقل بالنسبة إلى المستوى الأفقي ، فنجد في الوثب الطويل أنها تبلغ ما بين (17° - 24°) وفي الوثبة الثلاثية (14°-16°) للحفاظ على الزخم الأفقي قدر الإمكان ، وفي الوثبة الثلاثية (65°-70°) لمتطلبات الانطلاق بالاتجاه العمودي باتجاه العارضة ، وفي فعاليات الرمي تعد الزاوية 45° المثالية لتحقيق أكبر مسافة أفقية ممكنة ، تتناقص قيمة الزاوية المثالية للانطلاق ، فكلما قل الارتفاع ازدادت قيمة الزاوية ، فعند ارتفاع مركز الثقل لحظة الاطلاق (2.25 متر) تبلغ زاوية رمي الثقل (42°) وفي الارتفاع (1.6 متر) تصبح (39°) . وتشير المصادر العلمية إلى أن زاوية الانطلاق لها الأهمية بعد سرعة الانطلاق وهي الأساس في اكتساب الأداة السرعة الابتدائية اللازمة لتحقيق الإنجاز .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



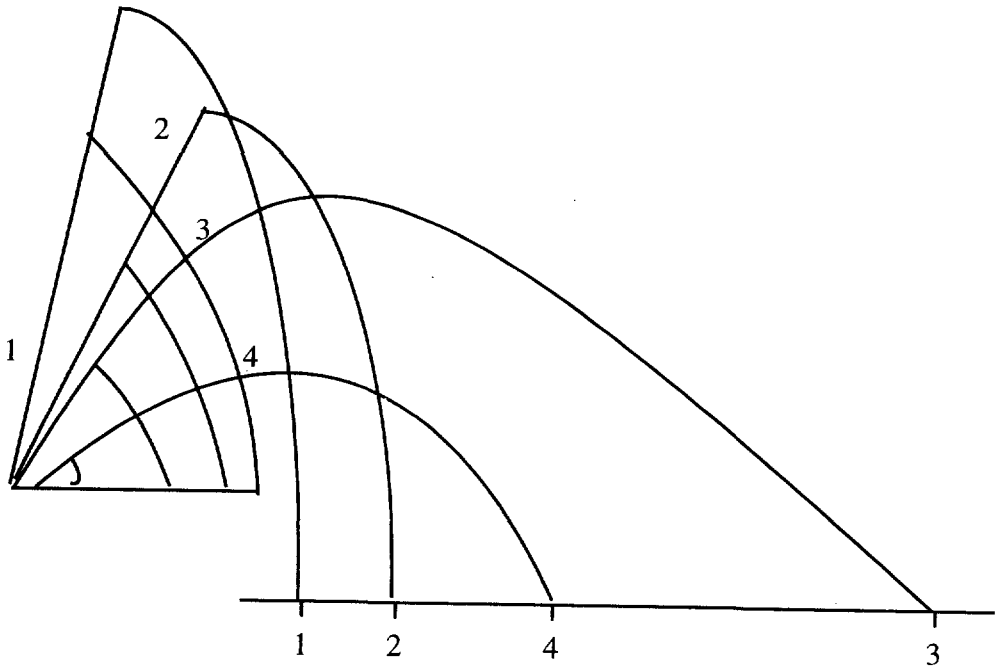
شكل رقم (87)
لزوايا الانطلاق

إن شكل مسار المقذوف في حالة غياب مقاومة الهواء يتخذ مساراً واحداً لكن في أشكال ثلاثة :

- إذا بلغت الزاوية (زاوية الانطلاق) 90° مع المستوى الأفقي فإن المسار يأخذ شكلاً عمودياً (السقوط الحر) .

- في الزوايا 45° يصبح شكل المسار متكافئاً ومتماثلاً في نصفيه كماً وكيفاً وأن نصفه الأيمن والأيسر يعتبران متكافئين .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (88)
لمسار المقذوف باختلاف زوايا الانطلاق

وتعتبر زاوية الجسم من العوامل الرئيسية المرتبطة بالقياسات الجسمية للاعب (ارتفاع مركز الثقل لحظة الانطلاق يعتمد على طول الذراع والجسم عند الرامي من الثقل مثلاً) .

مما تقدم نجد أن المسارات النظرية للمقذوف في عدة زوايا مختلفة بسرعة معينة (ثابتة) تتخذ مسارات ذات أشكال مختلفة ، فإذا ما رميت كرة بزاوية انطلاق 80ْ مع المستوى الأفقي فإنها تختلف عنه إذا ما انخفضت الزاوية إلى 17ْ أو 24ْ كما في الوثب الطويل ، فتأخذ في الأول مساراً عمودياً محققاً مساراً عمودياً على حساب الأفقي ، بينما في النوع الثاني (المنخفضة) تأخذ مساراً طويلاً منخفضاً ، أي تحقيق مسافة أفقية على حساب العمودية .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

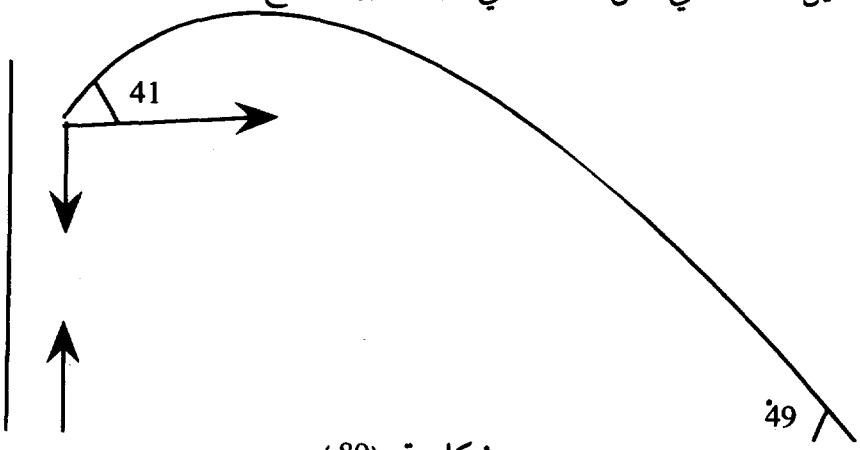
أما زاوية الهبوط فهي الزاوية المحصورة بين مسار مركز ثقل الأداة عند هبوطه على الأرض . وتحسب من :

زاوية الهبوط = 90 – زاوية الإطلاق

شكل رقم (89)

ففي رمي القرص تبلغ 43° وفي الرمح كذلك . أما في السباحة فإن زاوية الهبوط يطلق عليها زاوية دخول الماء وتبلغ (10°-20°) ، وإن الزيادة في هذه الزاوية يؤدي إلى استمرار حركة الجسم باتجاه العمق ، مما يتطلب زمناً أكبر لتغيير اتجاه الجسم من العمق للأعلى وباتجاه السطح للبدء بالضربات ، لذا تلعب زاوية الدخول إلى الماء دوراً حاسماً في الدخول إلى الماء وبقوة تصادم قليلة مما يقلل من مساحة الجسم الملامس للماء .

أما زاوية انطلاق السباح فهي (45°) والتي تمكن السباح من الحصول على المسافة الأفقية المطلوبة ، لكن المشكلة الميكانيكية التي تواجه السباح أثناء ميلانه للوصول إلى هذه الزاوية هي خروج مركز الثقل بعيداً عن قاعدة الارتكاز مما يخلق قوة جذب تعمل على دوران الجزء العلوي من السباح (بسبب ثبات القدمين) والتي تؤدي إلى تقليل المسافة التي تقلل المسافة التي سيسقط بها السباح .



شكل رقم (89)
مرحلة الطيران في البداية وانطلاقه

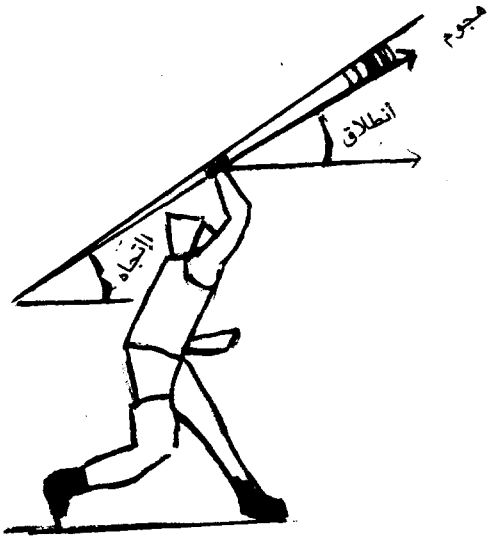
https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

و زاوية الانطلاق إحدى الزاويا التي تحدد مسار طيران الأداة و تتمثل بالزاوية المحصورة بين اتجاه حركة مركز ثقل القرص مباشرة بعد الانطلاق والخط الأفقي . لكن هناك ملاحظة مهمة وهي شكل الأداة ووضعها بعد انطلاقها وخاصة عند وجود مقاومات خارجية (الريح) تؤثر مؤدية إلى وجود ثلاث زوايا هي : (لاحظ الشكل 90) .

1- زاوية الانطلاق .

2- زاوية الاتجاه .

3- زاوية الهجوم .



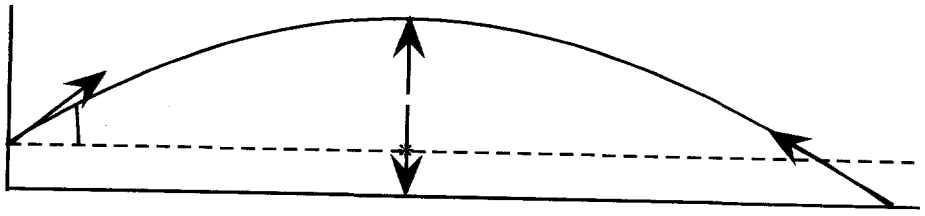
شكل رقم (90)

توضح الزوايا المؤثرة على مسار طيران الرمح

3- ارتفاع نقطة الانطلاق : ثالث المتغيرات الميكانيكية المؤثرة في مسار طيران المقذوف ، فعندما يرمى الثقل من ارتفاع (1.650م) فهذا يعني ارتفاع في نقطة انطلاقه

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

تزيد عن (1.65م) عن سطح الأرض وتبلغ عندها زاوية الانطلاق (39°) ، بينما في ارتفاع 2.25م تبلغ الزاوية (42°) مما يؤدي إلى ازدياد التأثير على مسافة الإنجاز ، أي كلما قل الارتفاع تأثرت زاوية الانطلاق .



شكل رقم (91)
اختلاف ارتفاع الإطلاق

كما يعتمد الارتفاع أيضاً على طول اللاعب وطول ذراعه ، حيث إن امتداد الجسم لحظة الرمي أو الدفع يؤثر على انطلاق الأداة أو الجسم ، وهذا يعني أيضاً زيادة في سرعة الانطلاق ، حيث أثبت (هوخموث) أن هناك علاقة ارتباط (إيجابية) طردية بين زيادة سرعة الاطلاق وامتداد الجسم والتي تستلزم تزامناً في الأداء وتوافقاً حركياً بين أجزاء الجسم والدفع في آن واحد . أي أن للقياسات الجسمية تأثيرها المهم على مسافة الرمي فكلما ارتفع ازدادت مسافة الرمية ، ونجد هذا العامل مهماً وأساسياً في الرمح حيث كانت أهمية المد الكامل لمفاصل الجسم لحظة الاطلاق التي تزيد في نقطة ارتفاع الرمح المؤثرة على مسار طيرانه وانجازه بالتالي . كذلك الحال في الوثب الطويل حتى يتغلب على تأثير الجذب الأرضي من خلال زيادة المسافة بين مركز ثقل الجسم عن مركز الجذب الأرضي فيؤدي إلى إمكانية تحقيق مسافة أكبر مع أهمية انجازها بسرعة انطلاق عالية حيث إن زيادة (5٪) في سرعة الانطلاق يؤدي إلى زيادة الإنجاز .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

4- مقاومة الهواء :

إذا سقطت كرتان من ارتفاع (5 أمتار) ارتفاع قفاز الغطس ، وكانت إحداهما مصنوعة من الفلين والأخرى من الحديد ، فنجد أن كلاهما يسبحان في الماء في آن واحد . بينما إذا بلغ الارتفاع (20 متراً) فإن الكرة الحديدية ستصل أولاً ، لأن مقاومة الهواء تزداد مع مربع سرعة حركة الجسم (الأجسام الساقطة) .

أي أن مقاومة الهواء تتناسب طردياً مع مربع السرعة ، فإذا ما ازدادت سرعة الحركة إلى الضعف فإن مقاومة الهواء تزداد أربع مرات .

مما تقدم نجد أن أقصى ارتفاع لقفزة الغطس (10 أمتار) لأن مقاومة الهواء على الجسم الساقط تعد قليلة ، لذا تهمل عند التحليل الحركي كعامل مؤثر على سير الحركة .

أما في المقذوفات ذات المسار المنحني ففي معظم الأحيان تؤثر مقاومة الهواء على المركبة الأفقية ، فرمي كرة بسرعة محددة في الهواء الطلق سوف تختلف باختلاف تأثير سرعة الرياح

أما إذا ما أطلق في جو لا يعمل الهواء على مقاومة حركة الجسم فإن السرعة الأفقية تكون ثابتة على طول مسار الطيران ويمكن التعامل معها على أنها قيمة ثابتة .

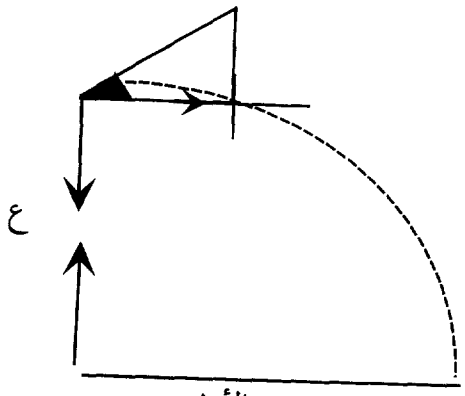
فعند إطلاق الرمح أو القرص في ريح ساكنة يختلف عنه إذا ما أطلق في ريح شديدة لأن كلا الفعاليتين تتأثران بشكل كبير بقوة الريح حيث تبلغ زاوية انطلاق الرمح (39°-41°) بريح مصاحبة (37°-39°) بريح معاكسة وفي الحالات الاعتيادية (37°-38°) .

أهم المعادلات المستخدمة في المقذوفات على مستوى واحد :

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

1- يمكن تطبيق قانون المثلث القائم الزاوية في تحليل المركبات في حالة وجود زاوية الانطلاق وأحد السرعات .

2- يطبق في حالة جمع المركبات للحصول على قيمة السرعة النهائية واتجاهها (سرعة الانطلاق) .



شكل رقم (92)

3- في حالة معرفة الارتفاع والزمن الكلي فيمكن الحصول عليهما من خلال :

$$\text{الزمن} = \frac{2 \times \text{السرعة العمودية}}{\text{التعجيل الأرضي}}$$

$$\text{المسافة} = \frac{2 \times \text{السرعة العمودية والأفقية}}{\text{التعجيل الأرضي}}$$

$$\text{المسافة} = \frac{(\text{السرعة الابتدائية للانطلاق})^{2} \times \text{جا } 2 < \text{الانطلاق}}{\text{التعجيل الأرضي}}$$

$$\text{المسافة} = \frac{2\ (\text{السرعة الابتدائية للانطلاق})^{2} \times \text{جا جتا} < \text{الانطلاق}}{\text{التعجيل الأرضي}}$$

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

- أمثلة تطبيقية :

1- انطلق ثقل بسرعة 12م/ث وبزاوية 41° ما مقدار المسافة الأفقية للثقل؟ وما الزمن المستغرق؟

الحل :

$$م = \frac{12^{2} \times جا\ 2 < 41}{9.8}$$

$$= 14.55 \text{ متر}$$

$$الزمن = \frac{(2 \times السرعة) \times جا < }{ح}$$

$$= \frac{2 \times 12 \times جا < 41}{9.8}$$

$$= 1.6 \text{ ثانية}$$

2- مثال : انطلق سهم بزاوية 27° مع الاتجاه الأفقي بلغت سرعة انطلاقه 96 قدماً/ث . ما مقدار :

1- الزمن المستغرق .

2- أعلى ارتفاع له .

3- المسافة الأفقية .

4- علماً بأن مستوى الانطلاق يساوي الهبوط .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الحل :

$$\text{1- الزمن} = \frac{2 \times \text{س}_{ع}}{\text{ح}}$$

السرعة العمودية = 96 × جا < 27°

= 96 × 0.454

= 43.58 قدم/ث

$$\therefore \text{الزمن} = \frac{43.58 \times 2}{32} = 2.72 \text{ ثانية}$$

2- المسافة = السرعة الأفقية × الزمن الكلي

السرعة الأفقية = 96 × جتا < 27°

$$\therefore \text{س}_{ى} = 96 \times 0.891 = 85.54 \text{ قدم/ث}$$

∴ المسافة = 85.54 × 2.72

= 233 قدماً

ملاحظة : إن المعادلات السابقة لا تستخدم في معظم الأنشطة والفعاليات الرياضية حيث تسقط الأداة في مستوى منخفض عن مستوى انطلاقه كما في الكبس في كرة الطائرة أو سقوط إرسال التنس . . الخ .

والمعادلات المستخدمة في المستويين المختلفين :

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

$$م_2 = م_1 - 1 \frac{س_ف \times س_ع + \sqrt{س_ع^2 + 2 \times ح \times م}}{ح}$$

$$ن = 2 - \frac{س_ع}{ح} \text{ (زمن الاطلاق إلى القمة)}$$

$$م(\text{الارتفاع}) = \frac{ح \times س^2}{2}$$

$$ن = \frac{2 \times م_ع}{ح}$$

$$م = \frac{س^2 \times \text{جتا} < \theta}{ح} \times \text{جا} < \theta + \sqrt{\text{حا}^2 \theta \times \frac{2 \times ح \times م}{س^2}}$$

$$\text{جتا} 2\theta = \frac{ح \times م}{م \times ح + س^2}$$

مثال : رميت كرة السلة إلى الهدف بسرعة 60 قدماً/ث وبزاوية 43° ، علماً بأن الرمي تم من يد اللاعب وعلى ارتفاع 6 أقدام . ما مقدار المسافة الكلية للرمي؟

السرعة العمودية = س × جا < 43°

$= 60 \times 0.682$

$= 40.9$ قدم/ث

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

السرعة الأفقية = س × جتا < 43°

= 60 × 0.731

= 43.9 قدم/ث

$$\therefore \text{ف}_1 + \text{ف}_2 = \frac{43.9 \times 40.9 + \sqrt{(40.9)^2 + 2 \times 32 \times 6}}{32}$$

= 118.3 قدم

مثال : رامي ثقل يرمي بسرعة 30 قدماً/ث وبزاوية 40° مع الأفق وبلغت نقطة الانطلاق 7 أقدام ، وأن طول الخط الواصل من مركز الثقل والحافة الداخلية 8 أقدام . ما مقدار المسافة الكلية؟

$$\text{م}_1 + \text{م}_2 = \frac{30 \times \text{جا } 40 \times \text{جتا } 40 + 30 \text{ جتا } 40 + \sqrt{(30 \text{ جا } 40)^2 + 2 \times 32 \times 7}}{32}$$

= 29.9 قدم

$$\text{جا} < = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$$

$$\text{المقابل} = 0.2 = \frac{\text{المقابل}}{8} = 1.6 \text{ قدم}$$

31.5 = 29.9 + 1.6 قدم

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الباب الرابع

الكينيتيك

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الكينيتك

هو قسم من أقسام البيوميكانيك حيث يمكن دراسة الحركة من ناحية القوى المؤثرة 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 ما بين القوى الداخلية (القوة العضلية) والقوة الخارجية (الجاذبية الأرضية ، الاحتكاك ، . . . الخ) من القوى المحيطة بالفرد ، التي تؤثر بشكل مباشر في الأداء .

إن دراسة الحركة وتفسير أسباب حدوثها والمقادير المسببة والمؤثرة فيها كلها متغيرات يهتم بها الكينيتك .

الفصل الأول

الكينيتك المستقيم (الخطي)

القوة

إن حركة أي جسم يتم بفعل قوة ، فتسبب الحركة .

إن القوة من حيث القيمة المسببة للحركة تكون أكبر من المقاومة المؤثرة ، فالقوة ككمية ميكانيكية تؤدي دوراً كبيراً في دراستنا للحركات الرياضية ، وهنا لا بد من توضيح أن استخدام القوة لا يقتصر على حدوث الحركة من نقطة إلى نقطة أخرى ، وإنما في الحركات الرياضية التي تكتسب فيها خاصية الثبات ، بمعنى آخر حدوث

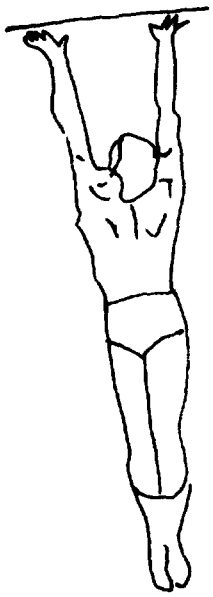
https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

محصلة القوى المؤثرة في الجسم تساوي صفراً كما في ثبات لاعب الجمباز على المتوازي رافعاً الساقين ومستنداً على الذراعين . أو الوقوف الاعتيادي كرافعة من النوع الأول .

مما تقدم يظهر لنا أن للقوة تأثيرين هما :

1- ديناميكي : إن تأثير القوة في حالة حدوث الحركة دفع الأرض عند الوثب عالياً للصد (البلوك) في الكرة الطائرة أو تحريك جزء من أجزاء الجسم لأداء حركة معينة كرمي كرة القدم أو ضربها باتجاه الهدف أو مناولة كرة السلة عالياً أو المناولة الصدرية إلى الزميل تتم بفعل قوة عضلات الأطراف العليا .

2- الاستاتيكي : يحدث هذا النوع عندما يستخدم قوة للتغلب على مقاومة كبيرة جداً بحيث لا تتمكن القوة من التغلب على القصور الذاتي للجسم كدفع الحائط مثلاً عندئذ لا تحدث حركة ظاهرية ، لكن هناك قوة عضلية حاولت التغلب على المقاومة لكن الأخيرة كانت الأكبر . وفي حالات أخرى يستخدم التثبت بقوة معينة للتغلب على مقاومات معينة أيضاً كالوقوف على الرأس أو اليدين فيحاول لاعب الجمباز الحصول على حالة من تعادل القوى لثبات جسمه واتزانه .



شكل رقم (93)

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أما تعريف القوة ميكانيكياً فهي :

الفعل الميكانيكي الذي يغير من حالة الجسم أو يحاول أن يغير من حالته .

القوة كمية متجهة ، أي لها مقدار واتجاه ونقطة تأثير (خصائصها) ، فإذا أثرت قوة على جسم ما فمن المفهوم الميكانيكي لا يعبر عن تأثير القوة ما لم نذكر اتجاهها المؤثر فيه ومقدارها يمكن تمثيلها بيانياً من خلال طول المستقيم واتجاهه ، فلو أخذنا رافعة من النوع الأول واستخدمنا ثقلاً معيناً مطلوب رفعه ، فإن طول ذراع القوة يجب أن يكون الأطول للحصول على ميزة الاقتصاد بالجهد . أما نقطة التأثير فمن وجهة النظر الهندسية بأن النقطة ليس لها أبعاد بل يعبر عن اتصال القوة بالجسم المؤثر فيه بنقطة نعبر عنها مجازياً . فعندما يحاول لاعب الجمباز الدوران حول العقلة فإنه يركز بقوة على قبضته باتجاه العقلة وأن خط تأثير القوة يكون معاكساً للجذب الأرضي ومساوياً لها بالمقدار ، أما في حالة الوقوف على الذراعين فإن لاعب الجمباز يحافظ على ثباته بقوة شد عضلية وبخط تأثير معاكس لاتجاه الجذب ومساوٍ له في المقدار .

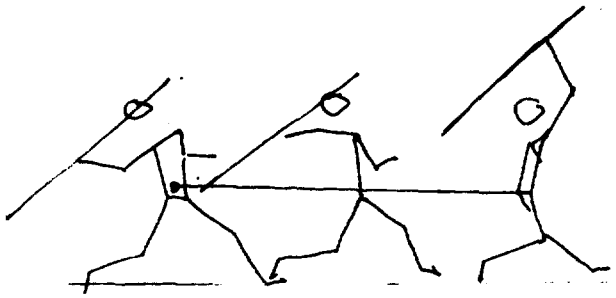
وفي حركات الرمي أو الوثب يحاول اللاعب وبتعجيل تزايدي وبزوايا شد عضلي معينة بقوة أو بفعل معاكس للجذب الأرضي ومتساوية في المقدار للحصول على رد الفعل المطلوب لتحقيق الدفع المطلوب .

وتصنف القوة نسبة إلى مستوى حدوثها إلى :

1- الخطية (المستقيمة) : عندما يكون عمل القوة في خط واحد كالغطس إلى الماء أو هبوط قافز الزانة إلى البساط أو دفع شخص لآخر فإن القوة الناتجة تتحد مع خط الثقل (الجذب الأرضي) مما يؤدي إلى زيادة قيمة المحصلة أي تجمع هندسي . أما إذا ما أثرت ريح معاكسة لاتجاه العداء فإن محصلة القوى هي الفرق بينهما ، وفي رمي الرمح نجد أن سحب اليد الرامية والرمح عكس اتجاه الرمي .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أما في حالة تقابل القوة عمودياً في حالة الوقوف على الذراعين فإن الجسم يسلط قوة (وزنه) بخط عمل يقابل رد فعل الأرض .



شكل رقم (94)

2- المتوازية : يحدث هذا النوع عندما تكون خطوط عمل القوة المختلفة بالاتجاه نفسه ، ففي ارجوحة الأطفال ذات الأبعاد المتساوية في طرفي الرافعة من النوع الأول حيث يتوسط الارتكاز طرفي الارجوحة ، فالقوة المؤثرة في حالة توازن ، وبسبب عزم القوة والمقاومة تحدث سرعة تغيير الاتجاه . أما إذا اختلف طول ذراع أحد طرفي الارجوحة فإنه من الصعوبة حدوث الدوران .

3- المتلاقية في نقطة واحدة : إذا ما أثرت قوة في جسم وبينهما زاوية فإن محصلة القوى يمكن الاستدلال عليها من خلال متوازي الأضلاع لتعبر المحصلة عن مقدار القوة مثلاً لضرب كرة القدم أو محاولة رفع ثقل فإن هناك أكثر من قوة مؤثرة في نقطة واحدة وبزوايا شد معينة يتم احتسابها وفق نظرية فيثاغورس وفي تحليل القوى بوساطة المثلث القائم الزاوية .

مثال : بلغ لاعب الوثب قوة مقدارها 800 نيوتن أثرت عليه ريح بلغت 600 نيوتن . ما مقدار القوة الناتجة (المحصلة) وزاوية المشكلة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

$$م^2 = (ق_1)^2 + (ق_2)^2$$

$$= (800)^2 + (600)^2$$

$$م = 1000 \text{ نيوتن}$$

$$\text{والزاوية ظا} < = \frac{800}{600} = 1.3$$

ومن خلال الجدول فإن 1.3 = 53° تقريباً

أما إذا كانت الزاوية أكبر أو أصغر من 90° فإن احتساب المحصلة يتم كما ورد سابقاً :

$$(م)^2 = (ق_1)^2 + (ق_2)^2 + 2 \times ق_1 \times ق_2 \times \text{جتا} <$$

حيث ظهر لنا أن المحصلة تتأثر بمقدار القوتين والزاوية المحصورة ، فكلما كانت صغيرة ازاددت المحصلة ، وتستمر الزاوية في الصغر حتى تبلغ صفراً فإن المحصلة تكون في أكبر قيمتها .

نستفيد من هذا المبدأ في الحركات الرياضية وتأثير تغيير أوضاع الجسم في قيم القوة الناتجة للتغلب على المقاومات المختلفة ، ويؤكد (Cates.H.A) أنه كلما بعدت الزاوية عن 90° يبدأ العمل الداخلي في الحدوث ويستمر حتى يتلاشى العمل الخارجي تماماً .

أما وحدة قياس القوة فهي النيوتن ، باون ، داين أما قياس قيم القوة عند التحويل إلى قيم الكتلة وبالعكس فيمكن استخدام الجدول (9) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

تابع جدول رقم (9)		
قياسات الوحدة الخطية		يصبح
1 باون	=	16 اونزه
1 كغم	=	100 غرام
1 اونزه	=	28.35 غرام
1 غرام	=	0.0353 اونزه
1 كغم	=	2.2046 باوند
1 باوند	=	0.4536 كغم
1 باوند	=	0.0311 سلاك slag
1 سلاك slag	=	32.2 باوند
1 كغم	=	0.0685 سلاك slag
1 سلاك slag	=	14.6 كغم
1 باوند	=	4.45 نيوتن
1 نيوتن	=	0.2248 باوند
1 كغم	=	9.8 نيوتن
1 نيوتن	=	0.1020 كغم

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

القوة وقوانين نيوتن

كانت الحركة في الماضي تدرس ضمن تفسيرات مختلفة غير واضحة حتى استطاع غاليلو ونيوتن ، أن يوضحا مفهوم القوة وفق صيغة أساسية للميكانيكا من خلال توضيح أهميتها في الحركة ، وأصبحت الميكانيكا مهداً لكلمة القوة ، وانطلاقاً من قوانين نيوتن التي تعد القاعدة الأساسية للحركة والتي صاغها على شكل قوانين رياضية دقيقة تخضع لها كافة حركة الأجسام ، وتتلخص الفكرة المركزية لقوانين نيوتن في أن :

التغيير الحاصل في حالة الأجسام يعود إلى الفعل المتبادل بينها .

ولا بد من الإشارة أن قوانين نيوتن مرتبطة ببعضها بعضاً ارتباطاً وثيقاً ولا يمكن الفصل بينها إلا بغية التوضيح ونسميه القوانين وهي :

1- قانون القصور الذاتي .

2- قانون التعجيل .

3- قانون رد الفعل .

1- قانون القصور الذاتي :

تبين المشاهدات والتجارب العلمية وحتى اليومية أن الأجسام تكتسب تعجيلاً بالنسبة للأرض فقط تحت تأثير أجسام أخرى ، فعند إطلاق كرة باتجاه المرمى أو رميها من خلال عمل عضلات الذراع التي تكسبها تعجيلاً موجباً ، وإذا ما التقط أحدهم الكرة ، فإن عضلات ذراعه تكسبه تعجيلاً تناقصياً تفقد كرة اليد سرعتها حتى

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

تستقر تماماً ، كما أن رمي القرص لا يتم إلا بتأثير قوة وينطلق باتجاه الإنجاز بتأثير قوة دفع ليستمر (بفعل الحركات التحضيرية في المرجحة) بسرعة أفقية معينة تساهم في تحقيق مسافة انجاز عالية ، أما السرعة العمودية التي تحاول التغلب على قوة الجذب لتتناقص السرعة تدريجياً حتى نقطة أعلى ارتفاع لمسار القرص لتؤثر قوة الجذب مرة أخرى بتزايد تعجيلها عند الهبوط ، مما تقدم نجد أن الحركة تتم بفعل قوة وتتوقف الحركة أيضاً بفعلها وقانون نيوتن الأول ينص :

«كل جسم يحاول الاستمرار في سكونه أو في حركته ما لم تؤثر فيه قوة تغير من حالته» .

أي أن الجسم المتحرك يحاول الاستمرار بحركته بالسرعة نفسها والاتجاه ، ويتوقف بعد زوال تأثير هذه القوة ، فعداء 100 متر في وضع البداية يكون ساكناً وبفعل تأثير قوته وتفاعلها مع القوى الخارجية يتغلب على قصوره الذاتي ، ويستمر في حركته ولا يمكنه التوقف إلا بعد فترة زمنية وبمسافة معينة تتوقف على مقدار القوة اللازمة للإيقاف . والرباع يسلط قوة كبيرة للتغلب على القصور الذاتي للثقل ، المصارع يحاول إسقاط خصمه من خلال تسليطه قوة ، لاعب الجمباز يدور حول نفسه ويستمر بها ويتغلب على قصوره الذاتي من خلال الحركات التحضيرية التي تمد الجسم بالقوة اللازمة .

كما أن لكتلة الجسم تأثيرها ، فكلما كانت المادة* التي يحتويها الجسم إزاء القصور الذاتي أي تزداد المقاومة والتي تتناسب طردياً مع كتلة الجسم . فلتحريك الثقل الخاص بالرجال من وضع الثبات يحتاج إلى قوة أكبر مما لو أردنا تحريك الثقل الخاص بالنساء ، كما أن الجسم ذا الكتلة الكبيرة يكون قصوره الذاتي أكبر ، أي تزداد درجة

* المادة كل ما يمكن إدراكه بالحواس ويشغل حيزاً في الفراغ .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

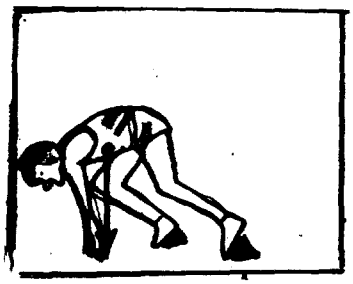
ثباته ، فالمصارع ذو الكتلة الكبيرة يتطلب قوة كبيرة للتغلب عليه ، بينما المصارع الأقل كتلة تزداد درجة أو إمكانية التغلب عليه بقوة أقل ، أي أن درجة ثبات الأول أكبر من الثاني . بينما نجد لاعب الحواجز أو عداء ها يتميز بطول الأطراف وكتلة أقل حتى تزداد سرعته اللحظية اللازمة لمقاومة القوى الخارجية .

وتؤثر طبيعة السطح الذي تتم عليه الحركة في قيم القصور الذاتي ، حيث يزداد في السطوح الخشنة (بسبب زيادة قوة الاحتكاك) ، لذا نجد أن المتزحلقين على الجليد يستخدمون مواد تقلل الاحتكاك مع بار العقلة تسهل انزلاقهم أثناء الدوران .

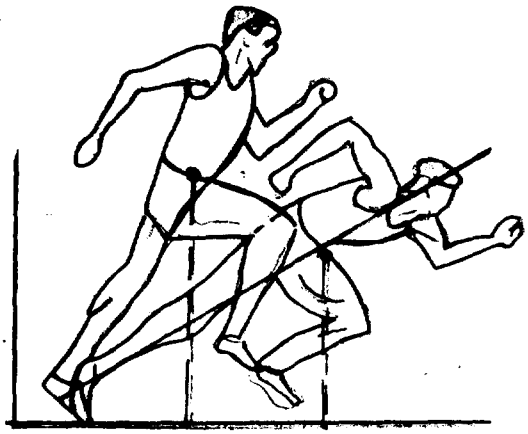
كما أن لحالة الجسم قبل تأثير القوة أهمية كبيرة في مقدار قصوره الذاتي ، فإذا ما كان الجسم في حالة حركة فإنه يحتاج إلى قوة أقل مما لو كان الجسم في وضع الثبات ، فعند الوثب الطويل يحقق مسافة أكبر إذا تمت عملية الارتقاء من الاقتراب ، وإن حركات المرجحة قبل القفز تساهم في إضافة قوة أخرى في فعاليات الجمباز عدا الحركات التحضيرية ، بينما يحتاج إلى قوة أكبر لو تمت الحركة من الثبات . ويلعب وضع الجسم أو أطرافه تأثيره في إمكانية التغلب على القصور الذاتي ، فعند رفع الرجل وهي منثنية أسهل من رفعها وهي ممدودة ، أو رفع الجذع من الرقود يكون أسهل بثني الركبتين وتقريب الرأس إلى الجذع يسهل من إمكانية أداء الدحرجة الأمامية عنها في حالة رفع الرأس .

أما قاعدة الارتكاز واتجاهها فلها الأثر الكبير في زيادة القصور الذاتي أو تقليله ، فلتحريك جسم المصارع ذي الكتلة الأكبر قاعدة ارتكاز واسعة أصعب مما لو قلل من قاعدة ارتكازه ، لذا فإن الخصم سيحتاج إلى أن يبذل قوة كبيرة لإسقاط خصمه الأول وقوة أقل في الحالة الثانية ، كما أن لقرب مركز الثقل في منتصف قاعدة الارتكاز وداخلها الأهمية في تحقيق القصور الذاتي الأكبر . عكسه في البداية المنخفضة وضرورة الانتقال إلى أقصى سرعة مما يؤدي إلى ميلان جسم العداء بشكل المحور الطولي للجسم زاوية حادة مع الأرض .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (96)



شكل رقم (97)

مما تقدم يعرف القصور :

«بأنه خاصية الأجسام في الحفاظ على حالتها سواء من السكون أو من الحركة على خط مستقيم وبسرعة ثابتة عندما لا تؤثر عليه أجسام أخرى» .

2- **قانون التعجيل :**

إن كل حركة تحدث لا بد أن تكون هناك قوة سواء أكانت قوة داخلية أو خارجية وإلا ما حدثت الحركة ، ويكون مقدار الحركة متناسباً مع القوة المؤثرة ، فكلما كانت

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

القوة المستخدمة كبيرة كانت الحركة أكبر ، ومن الطبيعي أن اتجاه حدوث الحركة يتم باتجاه القوة المؤثرة .

وانطلاقاً من قانون نيوتن الأول ، فإن الجسم يبدأ حركته إذا كانت القوة المؤثرة أكبر من مقاومة الجسم ، لكن تأثير القوة لا يقتصر على زيادة كمية الحركة ، بل نتيجة تأثيرها قد تكسبه تعجيلاً تزايدياً أو تناقصياً ، ولما كان قانون الديناميكيا يساوي :

القوة = الكتلة × التعجيل

وإن كمية الحركة (الزخم) = الكتلة × السرعة

وإن تعريف كمية الحركة : هي حاصل ضرب كتلة الجسم في الكتلة .

$$\therefore \text{القوة} = \text{الكتلة} \times \frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}}$$

القوة × الزمن = الكتلة × السرعة

∴ القوة الزمنية = كمية الحركة

أي كلما ازدادت القوة أي قوة الرمية التي تمت بزمن معين ازدادت كمية الحركة ، وكلما ازدادت القوة الزمنية للارتقاء ازدادت كمية حركة الدفع .

فتأثير حركة المضرب (الزاوية) تزيد من سرعته وبالتالي تعني زيادة كمية الحركة التي تساوي مقدار القوة المبذولة ، وينص قانون نيوتن الثاني :

«إن تعجيل الجسم يتناسب تناسباً طردياً مع القوة المؤثرة وتحدث الحركة باتجاه القوة» .

أو «يتناسب التغير في كمية الحركة تناسباً طردياً مع القوة المؤثرة وتحدث الحركة باتجاه القوة» .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

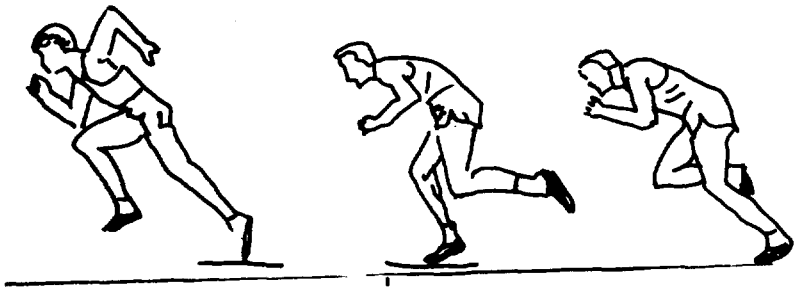
أي عندما تتغير كمية حركة جسم ما تغيراً مفاجئاً فإن هذا التغير يعني قوة معينة تمت في زمن معين . كما أن للكتلة تأثيراً مهماً في قيم القوة اللازمة ، فاللاعب ذو الكتلة الكبيرة يحتاج إلى قوة وكمية حركة أكبر من الأصغر كتلة فمثلاً : بلغت كتلة لاعب 120 كغم وآخر 60 كغم ، قطع الاثنان مسافة 100 متر بزمن 12 ثانية فما مقدار القوة المبذولة؟ .

$$120 \times \frac{100}{12} = 1000 \text{ نيوتن}$$

$$60 \times \frac{100}{12} = 500 \text{ نيوتن}$$

أي أن صاحب الكتلة الأكبر يحتاج إلى قوة أكبر وكمية حركة أكبر من الآخر لقطع المسافة نفسها وفي الزمن نفسه .

مما تقدم يظهر لنا أن كمية الحركة تعبر عن فعل القوة المؤثرة أي بفعل متغير التعجيل ، فعند حركة العداء وانطلاقه بميلان في (100متر) يعمل على زيادة سرعته تدريجياً خلال فترة زمنية (أي هناك تعجيل تزايدي) يوصل العداء إلى السرعة القصوى لقطع المسافة بأقصر زمن . والسباح لحظة دخوله إلى الماء بزاوية دخول مناسبة يعمل على زيادة سرعته بفعل التوافق الحركي بين حركتي الذراعين والرجلين ، وعند ضرب الكرة باتجاه المرمي أو تصويبها فإن اللاعب يعمل على مرجحة الطرف للحصول على كمية الحركة اللازمة لانطلاق الكرة بزيادة طريق التعجيل .



شكل رقم (98)

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مثال (1) : جسم أثرت فيه قوة 120 نيوتن اكتسب سرعة مقدارها 6 م/ث ولفترة زمنية 3 ثانية . فما مقدار كتلة ذلك الجسم؟ .

$$\text{القوة} = \frac{\text{الكتلة} \times \text{السرعة}}{\text{الزمن}}$$

$$\frac{6 \times ك}{2} = 120$$

$$\therefore ك = 60 \text{ كغم}$$

مثال (2) : كرة جولف وزنها 1.6 اونز ضربت بحيث كان زمن اصطدامها بالمضرب 0.0005 ث ، فإذا كانت سرعة الكرة عند تركها للمضرب 200 قدم/ث فما مقدار :

1- القوة المؤثرة؟ .

2- مقدار كمية الحركة؟ .

الحل :

$$\text{1- القوة} = \frac{ك\ (س_2 - س_1)}{ن}$$

$$\text{نحول 1.6 اونز إلى السلاك} \frac{1.6}{16 \times 32} = 0.003125 \text{ سلاك}$$

$$\frac{200 \times 0.003125}{0.0005} = 1250 \text{ رطل القوة المؤثرة}$$

$$\text{2- أما كمية الحركة} = 0.003125 \times \frac{200}{0.0005} = 1250 \text{ رطل كمية الحركة}$$

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مثال (3) : كرة كتلتها 105 غرام تحركت أفقياً بسرعة 70سم/ث لتصطدم بمضرب ساكن بسرعة 40سم/ث أوجد التغيير في كمية الحركة .

الحل :

كمية الحركة = 105 × (40 – (-70)

= 1650 داين

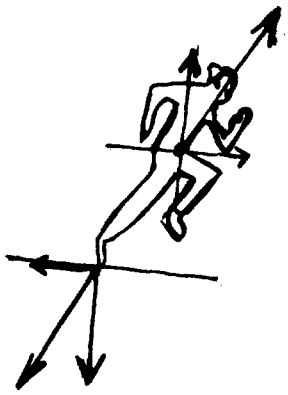
3- **قانون رد الفعل :**

القوة المحركة للجسم هي ناتج تفاعل قوتين تؤثر إحداهما في الأخرى ونص القانون هو :

«لكل فعل رد فعل مساوٍ له بالمقدار ومعاكس له بالاتجاه» .

إن كل قوة تعمل في أي وقت يجب أن يكون هناك قوة معاكسة في الاتجاه الآخر ، فإن قوة الأول مع الثاني متساويتان بالمقدار ومتعاكستان في الاتجاه . والبداية السريعة المنخفضة تتم بزاوية حادة مع الأرض مع زوايا بين عظمي الساق والفخذ لكلتا الرجلين الثابتتين خاصة الرجل الأمامية التي يقع عليها العبء الأكبر في الدفع أثناء الانطلاق ، فنجد أن الزاوية بين عظمي الساق والفخذ تبلغ 90° تقريباً ، وذلك لأن أكبر قدر من القوة يمكن أن تنتجه العضلة أو المجموعة العضلية المشتركة في الأداء هي عندما تكون زاوية قائمة ، هذا الوضع عند الانطلاق يعد ضرورة وإن خط عمل القوة يمر بمركز الثقل للحصول على حركة انتقالية ، وهي عبارة عن حركة فعل من الراكض باتجاه الأرض وبالمقابل يحصل الراكض على قوة رد فعل باتجاه الحركة الأولى ، لذا ينبغي أن تمر قوة الفعل باتجاه الأرض بمركز الثقل كي ينتقل الجسم بكامله إلى الأمام وعدم حدوث عزوم نتيجة حركة الأجزاء عندما لا يمر خط عمل القوة بمركز الثقل .

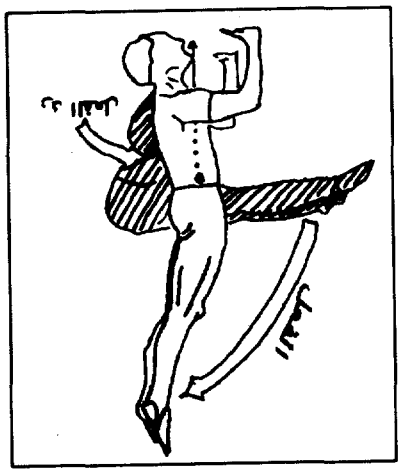
https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (99)
لحركة الركض

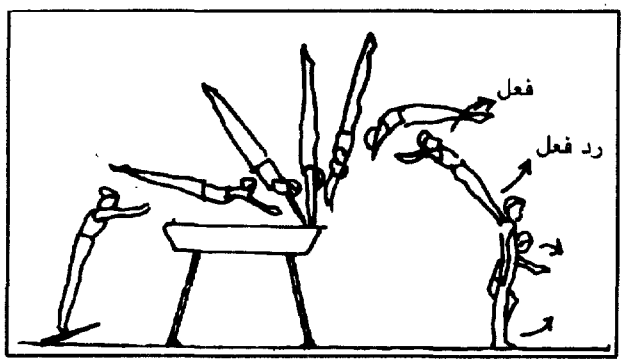
وفي الجمباز يظهر رد الفعل بشكل واضح في أغلب الحركات سواء بجسمه كاملاً أو بأجزائه وهي حركات زاوية ، وانطلاقاً من هذا القانون فإن الفعل الذي يؤديه جزء من الجسم يجب أن يقابله رد فعل من قبل الجزء الآخر ، ففي حركة الوقوف على الرأس نلاحظ أن عملية رفع الرجلين إلى الأعلى هي حركة زاوية أي هي فعل في الوقت الذي يقابله عمل المجاميع العضلية العاملة على تقوس الظهر على شكل حركة رد فعل كما في الشكل (100) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (100)

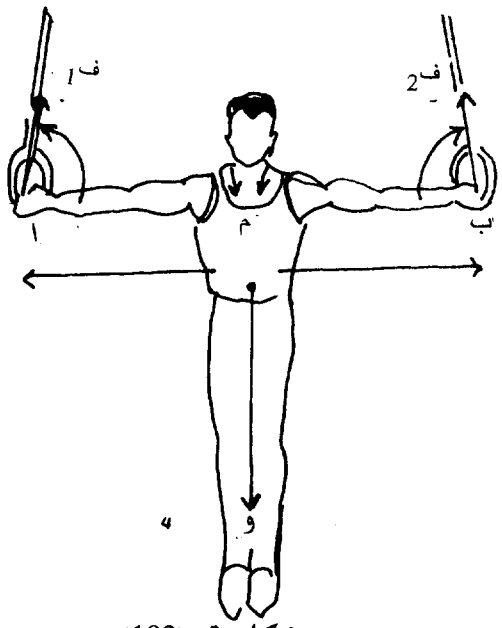
وفي حركات القفز على الحصان يظهر التبادل واضحاً بين الفعل ورد الفعل لأجزاء الجسم عند أداء الهبوط بعد أداء حركة القفز من خلال عملية المد بإبعاد أجزاء جسمه عن بعضها هي فعل وتقليل سرعة دوران الجسم حول محوره العرضي أداء الهبوط السليم .



شكل رقم (101)

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أما في حركات التوازن فإن للقوى وعزومها تأثيراً مهماً على القوى المطلوبة التي يبذلها اللاعب ، حيث ينبغي أن تكون جميع القوى تساوي صفراً ، فعند المقارنة بين تعلق اللاعب على الحلق بذراعين ممتدتين جانباً ، فإنه يتأثر بقوى إلى الأعلى وبقوة جذب الأرض المتمثلة بوزن جسمه إلى الأسفل ، كما في الشكل رقم (102) .



شكل رقم (102)

مما تقدم نجد أنه في جميع الحركات الرياضية ينبغي أن تكون القوى التي يصدرها الرياضي في اتجاه واحد ليحصل على رد الفعل المساوي له والمعاكس لاتجاهه ، وهنا لا بد من الإشارة إلى تأثير حركة الأطراف المتوافقة وفي آن واحد للحصول على الفعل ، فعند الوثب العالي يعمل الواثب على مرجحة الذراعين والرجل الحرة مع حركة النهوض القوية السريعة في آن واحد لحظة النهوض ، وبزاوية متناسبة وطبيعية المسار الميكانيكي للفعالية باتجاه العارضة ، أي أن يكون الفعل باتجاه واحد وبخط عمل واحد مع تصغير الزاوية بين مركبات القوة كي يتم الحصول على أعلى قيمة للمحصلة (الفعل) على الأرض للحصول على رد فعل مساو ومعاكس بالاتجاه .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

في حركات الرمي يجب أن يولي المدرب أهمية أن يكون خط عمل الذراع مطابقاً لخط عمل فعل الأرض فتحصل الأداة على قوة أكبر ، أما إذا اختلف خط عمل الذراع ورد فعل الأرض فإن محصلة القوى تصبح أقل تأثراً على مسافة انجازه .

وتشير الدراسات العلمية إلى أن رد فعل الأرض يصل إلى (2–3 أضعاف) من وزن جسم الرياضي أثناء العدو ، وأن لسرعة العداء وطبيعة سطح الميدان وطريقة وضع القدم (بالمشط أم بالقدم كاملة أم بالكعب) مع نوع الحذاء تأثيرها المهم في قيم رد فعل الأرض اللازمة لتحقيق الفعل المناسب .

كمية الحركة والدفع

في ضوء القانون الأساسي للديناميكيا :

القوة = الكتلة × التعجيل

يمكن الاستدلال على مفهوم الدفع التغيير في كمية الحركة ، فإذا أثرت قوة ما في جسم ساكن فإن هذا الجسم يبدأ في الحركة ويصل إلى سرعته النهائية من خلال :

السرعة = التعجيل × الزمن

وأن القوة = الكتلة × التعجيل

كمية الحركة = الكتلة × السرعة

$$\text{القوة} = \text{الكتلة} \times \frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}}$$

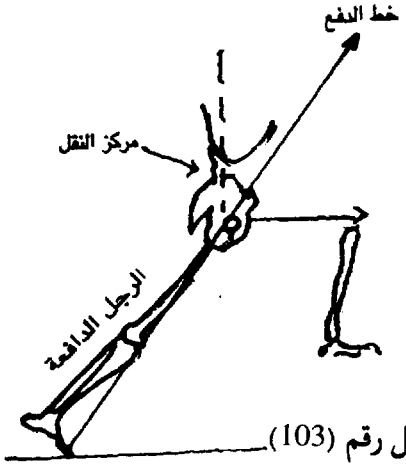
∴ القوة الزمنية = الكتلة × السرعة

∴ القوة الزمنية = كمية الحركة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

ويتميز هذا المتغير الميكانيكي في أشكال كثيرة من مراحل الأنشطة والفعاليات الرياضية وخاصة في فعاليات الوثب والقفز كمرحلة أساسية ، فالدفع بمفهومه يتوافر في الارتقاء والارتكاز في الجمباز أو الارتقاء بالرجلين لصد بلوك ، حيث إن طبيعة القوة المبذولة ليست ثابتة على مدى زمن التأثير فهي متغيرة بتغير عوامل كثيرة أهمها العضلات العاملة على المفاصل المشتركة في عملية الدفع ، القوى المحيطة كالاحتكاك (نوع الأرض) وضع الجسم . . . الخ ، لذا فإن حساب مثل هذا المتغير يتطلب فهم ما يمكن أن يحدث من تغيير في القوة وبالتالي تغيير من كمية الحركة التي سببها ، أي يتم احتساب الدفع في الحركات اللحظية ، أما في الحركات الدائرية فإن الجسم يدور حول محوره ما لم تؤثر فيه قوة لا مركزية تغير من حالته . ففي الغطس إلى الماء وحركات الجمباز التي تتميز بالتغيير في شكل الجسم من المستقيمة (الخطية) إلى المنحنية ثم التكور مما يتطلب حال اتزان بعد عدد من الدورات حول المحور الجانبي للجسم . كما نلاحظ حركة السباح بشكل عام تساهم بها الحركات الدائرية للذراعين والرجلين مما تؤدي إلى حركة انتقالية إلى الأمام بقوة دفع معينة .

كما نجد أن جسم الراكض لحظة الانزلاق يشكل ضرورة انتقاله من الثبات إلى أقصر زمن ممكن لدفع الرجل الأمامية بقوة وسرعة عاليتين ، وبعد انطلاقه يبقى مركز الثقل إلى الأمام لأن حركة الراكض غير منتظمة الزمن ، أي أن سرعته تزداد تدريجياً ، أي أن هناك كمية حركة متزايدة لحين بلوغ سرعة الجسم أقصاها ، لذا نجد أن الجسم يستمر في ميلانه .

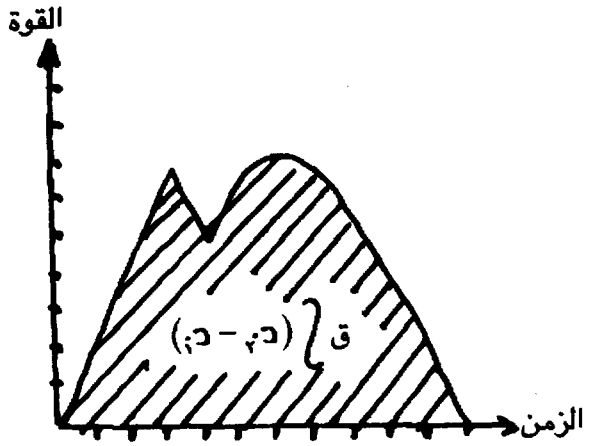


شكل رقم (103)

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

إذن كمية الحركة بشكل عام توضح وتعبر عن مقدار ما يمتلكه الجسم من قوة وترتبط بكتلة الجسم وسرعته ، فكمية حركة ما تمتلكه المطرقة ذات الكتلة 20 كغم بسرعة 10م/ث هي نصف كمية حركة المطرقة نفسها لو بلغت سرعتها 20م/ث ، أي أن كمية الحركة تتغير بتغير السرعة . وكمية الحركة متجهة وتخضع إلى جمع المتجهات وتحليلها .

عند تصادم الكرة بالمضرب نجد أن الكرة تستمر في حركتها باتجاه معين وحدث ذلك بفعل قوة وبزمن معين ، وعندما يسلط الواثب قوة (500 نيوتن) على لوحة النهوض بزمن قصير جداً (لحظي) فإن الجسم يتحرك بكمية حركة معينة تتناسب والقوة الزمنية (الدفع) أي أن كمية الحركة لا تعتمد على القوة فقط بل على زمن تأثيرها أيضاً أو ما يطلق عليه بدالة «القوة- الزمن» أو منحنى «القوة- الزمن» المعبر عن قوة الدفع خلال ارتقاء الواثب والذي يوضحه مساحة ما تحت المنحنى السالف الذكر والموضح في الشكل البياني رقم (104) .



شكل رقم (104)
لدالة «القوة- الزمن» للوثب الطويل

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

وعند تحليل المنحنى في أي لحظة من اللحظات المسجلة على إحداثي الزمن فهذا يعني تحليلاً للقوة اللحظية ، وإن مقدار ارتفاع قيم القوة وانخفاضها يدل على وجود متغير التعجيل (تغيير في سرعة الحركة خلال زمن معين) أي من لحظة لمس اللوحة إلى لحظة تركها ومغادرة اللوحة (الانطلاق) ، وإن هناك حالة عدم تعادل العزوم لأن المحصلة لا تساوي صفراً .

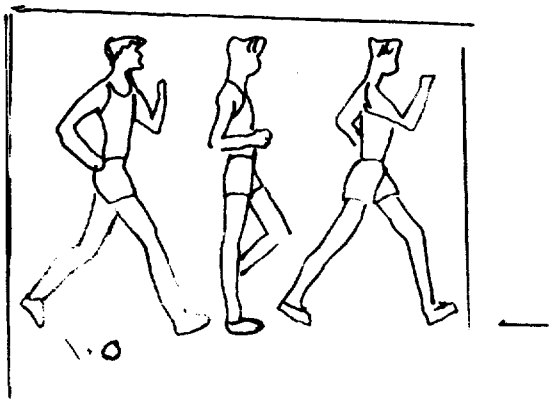
- دالة «القوة- الزمن» :

يمثل تكامل دالة «القوة- الزمن» والموضحة في الشكل السابق بين لحظتين (بداية الحركة ونهايتها) مقدار تأثير القوة الزمنية والمساوية لتغير كمية الحركة ، فكلما ازداد التكامل كانت المساحة التي تحت المنحنى أكبر ، أي هناك زياة في مقدار القوة الزمنية خلال الحركة ، وليس هناك شك في أن الشخص المعد إعداداً رياضياً جيداً يحقق مساحة أكبر مما يحققه طفل مثلاً ، نظراً لقدرة الأول على تحقيق أعلى قيم للقوة من بداية الحركة إلى نهايتها .

أما الدالة فتتكون من إحداثيين ؛ الأو ل للقوة والثاني للزمن . والمنحنى يعبر عن مقادير القوة اللحظية المسجلة من لحظة لمس القدم للسطح إلى لحظة مغادرته .

يتكون المنحنى من قمتين ؛ الأولى : تدل على لحظة هبوط القدم على السطح (زخم حركاته التحضيرية كالاقتراب في الوثب الطويل) . أما القمة الثانية فتدل على قيم أقصى قوة دفع يمكن أن ينتجها الواثب في لحظة معينة . يفصل ما بين القمتين هبوط واضح في مسار القوة يدل على كمية الإعداد للدفع (ثني مفاصل الجسم) في لحظات التوقف على اعتبار أن مرحلة الارتقاء ما هي إلا عملية ارتكاز أمامي وخلفي يفصل بينهما ارتكاز عمودي (لاحظ الشكل 105) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (105)

- ففي الارتكاز الخلفي تقع رجل الارتكاز خلف مركز الثقل .

- أما في الارتكاز العمودي فإن مركز الثقل يقع عمودياً على قدم الارتكاز .

إن مكونات المنحنى أو دالة «القوة- الزمن» تعبير مهم عن مقدار قوة الدفع ، ويتم احتسابها بوساطة تقسيم المساحة إلى مربعات بيانية تجمع عمودياً لتعبر عن مقدارها ولا تحسب عن طريق الرياضيات ، وهناك جهاز خاص للمساحة يمكن استخدامه لاحتسابها .

إن دالة «القوة- الزمن» توضح مسببات الحركة أو القوة الناتجة عن العمل العضلي ، ولا يستفاد منه في مجالات البحث العلمي إذا لم يتم ارتباطه بالمتغيرات الكينماتيكية للحركة وفي آن واحد ويمكن من خلاله دراسة ما يلي :

1- الحصول على معدل القوة المسجلة من بداية الحركة إلى نهايتها كان محتوى ما تحت المنحنى أكبر وازداد التعجيل اللازم لحركة مركز ثقل الجسم لبلوغ أعلى نقطة ممكنة له في نهاية المرحلة لتزداد سرعة انطلاقه .

2- الحصول على تقويم لحركة القدم عند هبوطها وحركتها السريعة من توجيه القوة إلى الأرض لترد الأخيرة برد فعل معاكس إلى القدم عند الدفع .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

3- تمدنا بقيم زاوية السقوط من خلال ظل الزاوية التي تم تحديدها في قمة القوة المسجلة سواء القمة الأولى (للهبوط) أو الثانية (الدفع) وقياس المسافة العمودية والأفقية . فكلما ازداد ظل الزاوية (قيمته) كان أداء القدم وسرعة حركته الأفضل .

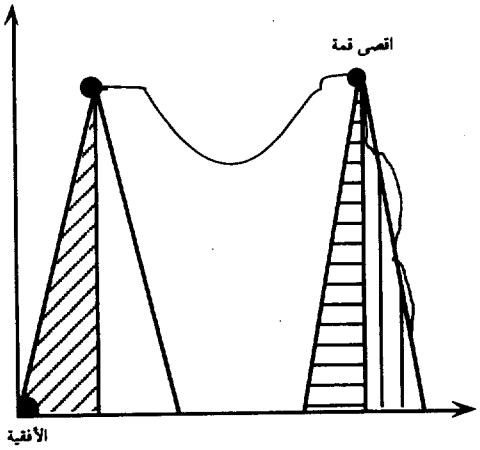
4- تمدنا المنحنيات بإمكانية المقارنة بين المحاولات المختلفة للاعبين (لكل لاعب على حدة) للوقوف على نقط الضعف على مسار الأداء .

5- كما تساعد المدرب في إمكانية مقارنة المنحنى مع المنحنى المثالي الذي يوضح مدى الابتعاد أو الاقتراب من الأداء الأفضل لأن شكل المنحنى ومكوناته ما هو إلا تعبير عن تكنيك اللاعب .

6- يساعد أيضاً في تطوير البرامج التدريبية بعد الوقوف على نقاط الضعف وما يجب أن يصله اللاعب لتطوير إنجازه من خلال تطوير قيم أقصى قوة ممكنة وما يجب أن تكون .

7- كما يمدنا بقيم موضوعية وقياسات دقيقة للحالة المطلوب دراستها عند كل لاعب على حدة لأن لكل لاعب خصائصه وصفاته البدنية ومستوى أداء معين وطريقة أداء خاصة به .

8- كما تمدنا أيضاً بمستوى تطور الرياضي في الموسم التدريبي وبعده .



شكل رقم (106)

لمنحنى «القوة- الزمن» للمتغيرات

التي يمكن الحصول عليها (e) زاوية السقوط ، قيم أقصى قمة

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

التأثير المتبادل للقوى الداخلية والخارجية

من الضروري تقسيم القوى المؤثرة على الحركة إلى قوتين ، لأن جسم الإنسان ليس صلداً ، وهما :

1- الخارجية (مركز الثقل- الاحتكاك- الهواء . . . الخ) .

2- الداخلية (القوة العضلية (العمل العضلي)) .

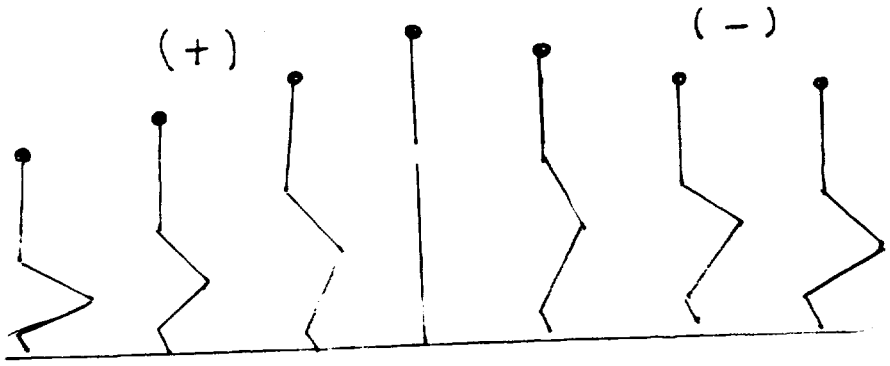
تتأثر جميع الحركات بالظروف المحيطة بها ، وكان من المهم بذل القوة طبقاً للمتغيرات الخارجية ، لذا فهو تأثير متبادل دائمي . عند الدخول في الماء فإن العمل العضلي داخل الحوض يعمل بما يتناسب ومقاومة تيارات الماء ، أو عند رمي الرمح فإن الرامي يغير من زاوية انطلاق الرمح عندما تكون الريح معاكسة أو ساكنة لتأثيرها الهام على مسار طيران الرمح . أو عند الركض في أرض ترابية تختلف عن أرض تارتان من خلال تسليط القوة العمودية والأفقية بما يتناسب وسطح الأرض . وعند محاولة رفع وزن 300 نيوتن يبذل قوة عضلية لرفعه والتغلب على قصوره الذاتي أكبر عن وزن 50 نيوتن .

لذا يحاول اللاعب في حركته استغلال إمكانياته على ضوء قيم المقاومات بتحديده لزاوية انطلاقه في الوثب العالي بسرعة وارتفاع مناسب ، بإصداره فعل إلى الأرض ليحصل على رد فعل مناسب .

بينما عند القفز إلى الماء في الغطس يستثمر الغطاس ذلك في حركاته حول محاوره المختلفة ، وحركة العداء في المنحنى الذي يقع تحت تأثير القوة الطاردة فيحاول الحد منها بزيادة درجة ميلانه نحو المركز مع حركة ذراعه الخارجية الأوسع عن الداخلية .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

وعند محاولة ثني الركبتين ومدهما عالياً والموضحة في الشكل رقم (107) .



شكل رقم (107)

فعند البدء بنزول الجسم تدريجياً فإن القوى تعمل بالاتجاه الأسفل (وزن الجسم والقوة المستخدمة) فيكون التعجيل سالباً لتأثير قوة الجذب الأرضي بينما في عملية حركة الجسم للأعلي فإن التعجيل يصبح موجباً ، أي أن كلا التأثيرين يتم بفترة تحضيرية أو بدونها فإن قوة الدفع تظهر من خلال المساحة المحصورة ، بينما في القفز بفترة تحضيرية فإن سرعة الهبوط تعنى بتعجيل سلبي فيستعمل الرياضي قوة موجهة إلى الأعلى (مضافة) من نقطة تغيير الاتجاه ، وعند وصول الركبتين إلى أقصاها عندها يبدأ بالتعجيل التزايدي ، وتعد هذه الفترة مهمة للإعداء للقفز أو الدفع . أما في الركض أي استخدام القوة بزاوية عندها يتم تحليل القوة إلى أفقية وعمودية لتحقيق الفعل المطلوب إلى الأسفل باتجاه الأرض للحصول على رد فعل معاكس بالاتجاه .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

قوة الاحتكاك

هي القوة التي تعمل على أسطح اتصال الأجسام ببعضها بعضاً ، وهي مضادة لاتجاه الحركة ، لذا فإن تأثيرها كقوة معاكسة أفقية ومعرقلة لكنها هي أساس الحركة الانتقالية كالركض والمشي مثلاً ، كما أن قوة الاحتكاك بين أجسامنا والأجسام الأخرى تساعدنا على حمل الأشياء أو الأدوات المختلفة بفعل يتناسب والحمل ، لذا فإن الاحتكاك يمكن أن يصنف إلى :

1- احتكاك السطوح .

2- احتكاك السوائل والهواء .

- احتكاك السطوح : فلو وضعنا صندوقاً أفقياً (بقوة قليلة) ، فإن الصندوق يبقى دون حركة لأن القوة الخارجية المؤثرة التي تولد احتكاكاً بين السطحين قليلة (سطح الأرض والصندوق) (احتكاك ثابت) .

أما في حالة زيادة القوة الأفقية الخارجية المسلطة على الصندوق فإن قيمة الاحتكاك تزداد ، وإذا ما ازدادت القوة المحركة فإن الصندوق يتحرك (احتكاك ديناميكي (كيناتيكي) .

أما في حالة رمي كرة على سطح أملس مصقول فإن الكرة ستستمر في حركتها إلى مسافة أطول عن السطح الخشن بسبب زيادة قوة الاحتكاك ، لذا نجد أن لاعب العقلة يستخدم مادة المغنيسيوم حتى تسهل حركة اليدين وانزلاقها حول بار العقلة ، بينما قافز الزانة يستخدم مواد كيميائية لاصقة بين قبضة اليد وعمود الزانة لزيادة الاحتكاك ، ويستخدم لاعب الجمباز مواد مساعدة واقية لليد في الجمباز أو الجولف أو

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

كرة القدم الأمريكية . . . الخ ، كذلك بالنسبة للأحذية الرياضية تستخدم مواد تزيد من معامل الاحتكاك بين سطح الحذاء والأرض .

ومعامل الاحتكاك يعرف بأنه :

«العلاقة بين قوة الاحتكاك ومقدار الضغط (الوزن) .

$$\text{معامل الاحتكاك} = \frac{\text{قوة الاحتكاك}}{\text{الضغط (الوزن)}}$$

فعامل احتكاك حذاء الباليه في حالة الثبات مع السطح يز داد بينما في حالة الحركة يقل مؤدياً إلى حدوث الانزلاق ، حيث إن اتصال الجسم بنقطة واحدة مع الأرض . بينما في كرة القدم يرتفع معامل الاحتكاك الذي ينتجه الاحتكاك بين سطح الحذاء وسطح أرض ملعب كرة القدم لوجود البروزات المستخدمة في الحذاء مما يؤدي إلى كثرة الإصابات في مفصلي القدم والركبة نتيجة الإعاقة الموجودة في حركة القدم لارتفاع معامل الاحتكاك خاصة في الأرض المغطاة بمواد اصطناعية .

وفي المصارعة تلعب نوعية الحذاء والمادة الخاصة التي يصنع منها دوراً في منع الانزلاق ، كما أن نوع المسكات الغنية على جسم متعرق يؤدي إلى استخدام المصارع مسكات خاصة تزيد من قوة الاحتكاك ولا ينتج عنها خطر في حالة انزلاق المسكة .

مما تقدم يتبين لنا أن هناك احتكاكاً يتم بنقطة واحدة (مثل انزلاق الكرة وتدحرجها) ونوعاً آخر تزداد فيه نقاط الاتصال بين السطحين ، فاحتكاك السطوح يقسم إلى :

1- الاحتكاك الشروعي (عند الشروع بالحركة) .

2- الاحتكاك الانزلاقي .

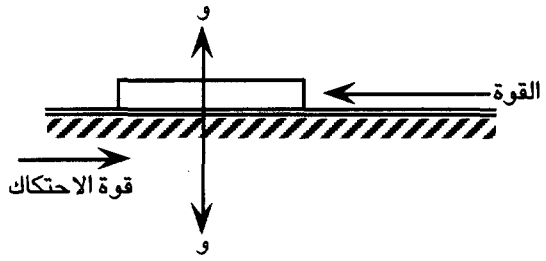
3- الاحتكاك التدحرجي .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

فالتأثير في جسم وتحريكه باتجاه معين يجعل معامل الاحتكاك مختلفاً إذا ما كان الجسم ساكناً أو متحركاً ، فإذا كان الجسم المراد تحريكه في حالة ثبات عندئذ يكون معامل الاحتكاك أكبر مما لو كان الجسم في حالة حركة ، وهذا يطلق عليه الاحتكك الشروعي .

أما النوع الثاني فتكون قيمة معامل الاحتكاك فيه أقل من النوع الأول ، ونجده واضحاً في حالة دفع عربة من الثبات تحتاج إلى قوة أكبر لاكساب ذلك الجسم السرعة بينما في حالة حركة الجسم الابتدائية يحتاج إلى قوة دفع أقل .

أما النوع الثالث فيتم في حالة دحرجة الدراجة الهوائية كاملة أو كرة القدم ،حيث زن معامل الاحتكاك أقل قيمة ، وكما وضحنا بأن اتصال الجسم يكون في أكثر من نقطة في الانزلاقي ، وفي نقطة واحدة في التدحرجي ، لذلك نجد أن معامل الاحتكاك التدحرجي (0.001) ، وهذا يفسر لنا سهولة حركة البرميل على الأرض (ملقى جانباً) عما لو كان بشكل عمودي .



شكل رقم (108)

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

كما نود أن نوضح أن قوة الاحتكاك لا تتغير بتغير المساحة ولكن بتغير الوزن ، فإذا ما أثرنا بقوة مقدارها (50 نيوتن) مثلاً وبدا الجسم في الحركة ثم غيرنا من شكله إلى أشكال أخرى عدة بحيث تكون مساحات اتصالها مع السطح مختلفة فإننا نجد أن القوة المؤثرة ستبقى كما هي أي لا تتغير بتغير مساحات السطوح المتلامسة (على شرط أن تكون السطوح المتلامسة جافة ، أما إذا كان أحد السطحين مبللاً أو مزيتاً فلا ينطبق عليه هذاالكلام) .

قياس الاحتكاك :

لو وضع مكعب على سطح أفقي في حالة السكون فإن الجسم يبقى في حالة اتزان بفعل وزنه (الاستلقاء على الأرض) وفي الوقت نفسه هناك قوة معاكسة للوزن تساويها في المقدار ، بينما في حالة حركة الجسم (الشروع بالحركة) فإن القوة الخارجية المؤثرة تكون قد ساهمت في حركة الجسم وهي أكبر من القوة المسلطة لثبات الجسم .

مثال (1) : لو أن جسأم وزنه 5000 نيوتن ومعامل احتكاكه (0.5) فما مقدار القوة المطلوبة لتحريك الجسم؟

الحل :

$= 0.5 \times 5000$

= 2500 نيوتن

مثال (2) : ما مقدار معامل الاحتكاك لجسم وزنه 100 نيوتن حركته قوة أفقية مقدارها 80 نيوتن؟

القوة = معامل الاحتكاك × الوزن

$100 \times U = 80$

$0.8 = U$

لذا فإن الجسم يكون معامله (0.8) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

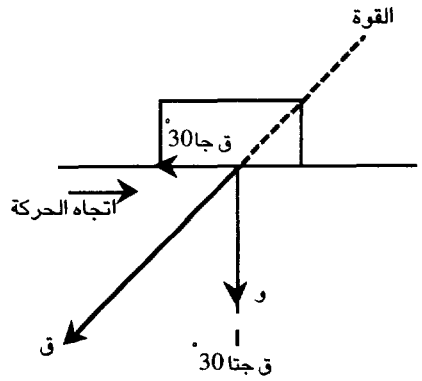
- قياس الاحتكاك الانزلاقي والتدحرجي :

عندما يبدأ الجسم بالانزلاق كالكرة مثلاً فإن الحركة تبدأ ومعامل الاحتكاك يكون قليلاً ، بينما أثناء الاحتكاك التدحرجي كما في عجلات الدراجة فإن قوة الاحتكاك تكون أقل مما لو كان الإطار بدون هواء نتيجة اتساع مساحة اتصال الجسم بالأرض .

- قياس الاحتكاك في السطوح المائلة :

يوضح الشكل رقم (109) طريقة القياس على السطح المائل ، ويتم حساب الزاوية التي بدأ عندها الجسم بالانزلاق إلى الأسفل وبسرعة ثابتة ، أي أن القوة المؤثرة هي وزن الجسم ، ويحلل إلى مركبتين إحداهما أفقية موازية للسطح ، والأخرى عمودية على السطح وتساوي قوة الاحتكاك وزن الجسم ، ولاستخراج معامل الاحتكاك .

القوة × جا < = معامل الاحتكاك (الوزن + القوة × جتا <) .



شكل رقم (109)

ولنأخذ مثالاً :

جسم وزنه 200 نيوتن سلطت عليه قوة مقدارها 100 نيوتن بزاوية 30 درجة مع الخط العمودي . احسب معامل الاحتكاك .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

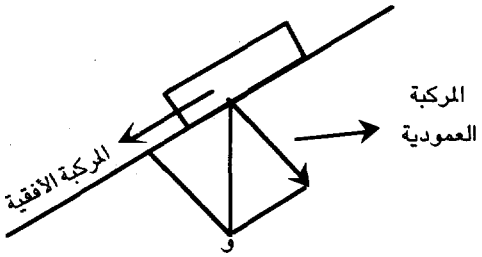
الحل :

نحلل القوة إلى مركبتين (الأفقية والعمودية) فتكون الأفقية موازية السطح وقيمتها ق جا< 30 ، أما العمودية فقيمتها ق جتا< 30 ويكون خط عملها وزن الجسم ، ولاستخراج معامل الاحتكاك نطبق المعادلة .

ق جا 30 = U × (و + ق جتا < 30)

$$(0.86 \times 100 + 200) \times U = \frac{1}{2} \times 10$$

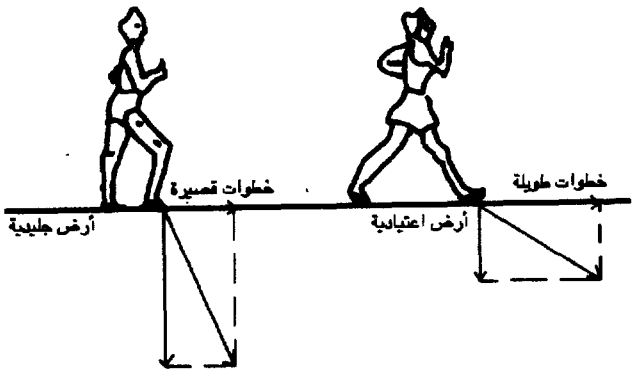
U = 0.174 معامل الاحتكاك



شكل رقم (110)
القوة المستخدمة

ومن خلال المثال السابق يتضح لنا ماهية طبيعة الاحتكاك بين جسمين والمستخدمة لاداء الحركة ، ففي حالة وجود الاحتكاك الكامن بين الجسم والأرض يكون هناك مركبة القوة الأفقية كبيرة في حالة الركض أو المشي على الأرض الاعتيادية ، فمن اليسير المشي بخطوات واسعة ، أما إذا ما كانت الأرض زلقة أو جليدية فلا يمكن السير بخطوات واسعة بل قصيرة الأمر الذي يؤدي إلى أن تكون المركبة العمودية كبيرة قياساً بالأفقية حتى لا ينزلق الجسم أماماً كما في الشكل (111)

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (111)

ويستفاد أيضاً من هذه القاعدة في إيجاد قاعدة للسرعة باستعمال الحذاء ذي المسامير (سيايكس) .

2- احتكاك السوائل والماء :

تؤثر قيم مقاومة الهواء والماء كقوة احتكاك سلبياً على العداء في المسافات القصيرة أو ركوب الدرجات والتزحلق على الجليد والهبوط من ارتفاعات عالية ، فكلما ازدادت سرعة الجسم ازدادت قيم قوة الاحتكاك المعاكسة وتعد مقاومة خارجية ، لكن هناك بعض الفعاليات التي تعتبر فيها مساعدة (ايحابية) كما في التجديف باستغلال تيارات الماء في زيادة سرعة انزلاق القارب على اعتبار أن الماء وسيلة للانتقال خلاله بخط مستقيم حيث يعمل المجذف أثناء الحركة الرجوعية للمجذاف في الهواء أن

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

يأخذ المجذاف الشكل الذي يجعل مقاومة الهواء أقل ما يمكن ، كما تتناسب المقاومة مع مربع سرعة القارب والتي تتناسب مع القوى الناتجة عن دفع الماء عكس اتجاه حركة القارب وتلعب عدة عوامل في زيادة مقاومة الهواء أو الماء أو قلتها :

1- المساحة الإسقاطية : فكلما كانت المساحة كبيرة ازدادت المقاومة .

2- شكل الجسم : كروي أم مكعب أم بيضوي ، فإن المقاومة تكون أقل في الأخير .

3- كمية التركيب النوعي (الكثافة) كلما كانت كبيرة زادت المقاومة ، وخاصة في المرتفعات حيث تقل المقاومة لأن كثافة الهواء أقل ، لذا يفضل إجراء البطولات على ارتفاعات عالية عن سطح البحر .

4- السرعة : إن المقاومة تزداد مع مربع السرعة لذا كان هذا المتغير هو الأكثر .

وقوة الاحتكاك = ثابت التناسب × السرعة

$$\text{مقاومة السائل} = \frac{\text{معامل عددي}^{*} \times \text{ضغط السائل} \times \text{مساحة المغمور} \times \text{سرعة الجسم}}{2}$$

ففي حالة زيادة السرعة فإن قوة الاحتكاك تزداد ، وعندها ينساب الماء بشكل شديد نسبياً لتناسبه وقوة الاحتكاك بالسائل .

أما في حالة انسياب الجسم داخل الماء ببطء فتستخدم المعادلة التالية :

القوة = التعجيل × السرعة + الكتلة × التعجيل الأرضي

أما في مقاومات الهواء في الأركاض فيكون كما وضحنا تأثيره سلبياً ، وإن الحركات الدائرية ما هي إلا حركات توافقية تزيد من الحركات التعجيلية ولانتقال الجسم بخط مستقيم لكن كلما ازدادت السرعة ازدادت المقاومة .

---

* يتوقف على شكل الجسم ودرجة حرارة السائل .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

وفي حركات الرمي يرمى الرمح مثلاً أو القرص بشكل صحيح تكون مقاومة الهواء قليلة فيحلق الجسم لمسافة أكبر ويحصل على طيران مناسب ، ونجد أن لشدة الريح واتجاه القرص وسطحه أهمية في تحديد زاوية انطلاقه ومساره ، وتشير الأبحاث العلمية إلى أن وجود زاوية التوجيه هي التي تحدد اتجاه مسار القرص .

«وهي الزاوية المحصورة بين مسطح القرص والخط الأفقي في اللحظة التي ينطلق بها القرص» .

وإن الفرق ما بين زاوية الانطلاق والاتجاه يحدد زاوية الهجوم ، فعند اطلاق القرص بزاوية ، وبريح ساكنة فإن سرعة الريح تساويها في المقدار وتعاكسها في الاتجاه . ويشير (دايسن) بخصوص قوة دفع الرمح بأنها تعتمد على شكل الرمح الذي تؤثر فيه طبيعة الهواء أسفل الرمح وأعلاه ، مساحة سطح الرمح المعرضة للهواء ، وإن مقدار مركبة الدفع تتوقف على سرعة الهواء ، فكلما ازدادت سرعة الرمح ازدادت سرعة الريح المضادة ، وتبلغ قوة الدفع أربعة أضعاف قيمتها عند زيادة سرعة الرمح . كما أن لكثافة الهواء تأثيرها في قيم قوة الدفع .

أما في السباحة الحرة ، فإن مقاومة الماء تختلف من حيث اتجاهه ، فحركة الذراعين مثلاً تكون مقاومة الهواء عليها عمودية ولفترة طويلة أثناء حركة السباح داخل الماء أما الرجلان فتكون أقل كونها بشكل مائل مع محور الرجل ، فقوة الاحتكاك بين الذراع والماء أكبر ، وبذا تكون القوة الأفقية للدفع للأمام والناتجة عن الذراع وحركتها الدائرية وتكون أكبر من حركة الرجل الأفقية .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

التصادم (Impact)

هناك فرق بين الدفع (Impulse) والتصادم يتمثل في أن زمن اتصال الأجسام المتصادمة يكون قليلاً نسبياً من حيث تأثير الجسم على الجسم الآخر خلال هذا الزمن بمقادير كبيرة من القوى .

لا يتأثر التصادم بمقدار كمية الحركة للأجسام المتصادمة ولكنه يتأثر بطبيعة هذا التصادم .

«عندما يتصادم جسمان تصادماً مباشراً فإن الفرق بين سرعتي الجسمين قبل التصادم تتناسب طردياً مع الفرق بين سرعتي الجسمين بعد التصادم» .

ففي التنس يحدث اصطدام الكرة بالمضرب ، ولتحقيق الإنجاز الأفضل لا بد من تغيير الكرات كل (6) أشواط لفقدانها القدرة بعد مضي خمسة أيام من تركها ، ولتأثير معامل التصادم على ارتدادها حيث إن مرونة خيوط المضرب وسطح الأرض والسرعة الزاوية للمضرب مع الذراع كلها عوامل تؤثر في قيم التصادم وتؤثر على قيم ارتداد الكرة ، ويمكن احتساب معامل الارتداد :

$$\text{معامل الارتداد} = \sqrt{\frac{\text{ارتفاع سقوط الكرة}}{\text{ارتفاع ارتداد الكرة}}}$$

فإذا ما سقطت كرة السلة من ارتفاع الحلقة فإن معامل التصادم = 0.9 (ارتفاع حلقة التهديف 2 متر) وفي حالة التصادم بين الجسمين يعتمد على كتلة الأجسام

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

المصطدمة بين الكرة الثابتة وأخرى متحركة ، فإذا ما كانت الكرة صغيرة (تنس) وأخرى كبيرة (السلة) فإن اتجاه حركتهما تكون متعاكسة ، أما إذا ما كانت بالكتلة نفسها فإن الكرة تبقى ساكنة ، أما إذا كانت المتحركة أكبر من الثانية فإن الحركة بعد التصادم تستمر باتجاه الكرة الكبيرة .

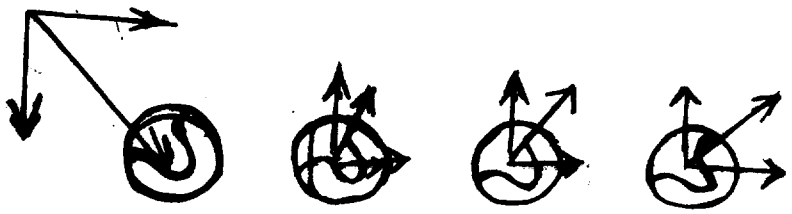
وهنا لا بد من الإشارة إلى مفهوم الاصطدام حيث هناك نوعان :

1- مباشر (خط العمل باتجاه واحد) .

2- غير مباشر (يكون بزاوية غير قائمة وينتج حركة دائرية) .

ورد مصطلح اصطدام فيكون أمامه ارتداد ، ففي المناولة المرتدة التي هي أحد أشكال الاصطدام وارتدادها باتجاه الزميل وتكون بالزاوية التي يرتد بها الجسم ، لذا فإن مسار الجسم المصطدم يكون منحنياً ، وبسبب الجذب الأرضي فإن زاوية الاصطدام يمكن تحديدها من خلال ظل قوس الطيران من نقطة اتصاله مع الأرض .

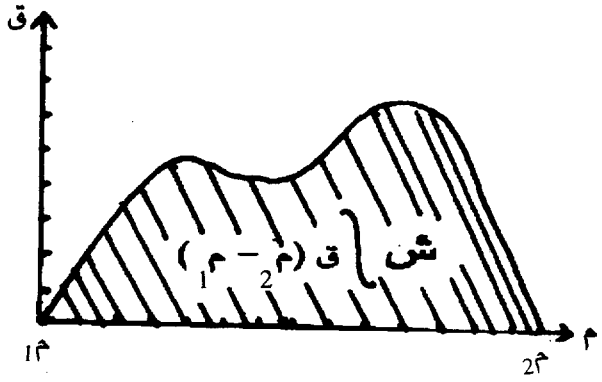
ولا بد هنا من توضيح أن السطح الذي ترتطم به كرة التنس يلعب دوراً مهماً ، فإذا كانت زاوية ارتدادها مساوية لزاوية سقوطها فإن اللاعب يمنح فرصة لتوقع الارتداد . بينما إذا لعبت الكرة بالتدوير العلوي فسوف يحصل على محصلة ارتداد أسرع ويكون الارتداد واطئاً . وفي الكرة الملعوبة بطريقة التدوير السفلي فإن محصلة ارتدادها تكون بزاوية أكبر وبسرعة أقل ، أما الكرة الملعوبة بالتدوير الجانبي فإن علو الارتداد يكون واطئاً كما تلعب السرعة المطبقة على الكرة دورها المهم على ارتداد الكرة عن الأرض .



شكل رقم (113)

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

يحتسب الشغل في الحركات غير المنتظمة من خلال دالة «القوة- الإزاحة» وأن مقدار الشغل يساوي مساحة ما تحت المنحنى (يتم احتسابه بطريقة دالة «القوة- الزمن نفسها» .



شكل رقم (114)

- أمثلة :

1- احسب مقدار الشغل المبذول والناتج من قوة 100 نيوتن حركت الجسم مسافة 20 متر عن موضعه الأصلي . ثم ما مقدار الشغل إذا كانت المسافة 30 متراً؟

الحل :

الشغل = ق × ز

= 100 × 20

= 2000 جول

الشغل = 100 × 30

= 3000 جول وهنا الشغل أكبر

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مثال : صعد شخص وزنه 580 نيوتن سلماً ارتفاعه 30 متراً ، ما مقدار الشغل الميكانيكي المبذول؟

الشغل = 580 × 30

= 17400 جول

– أما في حالات تحليل القوى أي العمل بزاوية فإن القوة تحلل إلى مركبتين في اللحظة نفسها ، إحداهما أفقية والأخرى عمودية ، فالأولى للتغلب على قوة الاحتكاك ، والثانية للعمل ضد الجذب الأرضي .

الشغل = القوة × جتا < (الأفقية)

الشغل = القوة × جا < (العمودية)

الشغل الكلي = الشغل الأفقي + الشغل العمودي

وانطلاقاً من أهمية الشغل بوصف كمية ميكانيكية فلا بد من دراسة بعض الفعاليات الرياضية كالشريط المتحرك (Tread mill) الذي يحدد سرعة دوران الرجلين في حركة ثني الرجلين والذراعين ومدهما ، لكن الإزاحة = صفراً لأن المشي في المكان ، أما الشغل المنجز فيمكن حسابه في حساب درجة ميلان الشريط وتكون بالدرجة المئوية وتعرف بأنها «وحدة ارتفاع الإزاحة العمودية لكل وحدة أفقية مئوية مقدارها 4٪ ، يعني 4 أمتار من الإزاحة العمودية لكل 100 متر يتحركها العداء .

∴ الدرجة المئوية = ظا × 100

$$\therefore \text{ظا} = \frac{\text{الدرجة المئوية}}{100}$$

ولحساب الشغل المنجز ضد الجذب الأرضي ، فإن القوة يمكن التعبير عنها من خلال وزن الجسم ، أما الإزاحة فيعبر عنها بالارتفاع الذي يصله الجسم .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الشغل = الوزن × الارتفاع

أما الارتفاع الذي يبلغه الجسم من خلال فيحسب

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

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

وبما أن السرعة العمودية = السرعة × جا <

∴ الارتفاع = (س × جا <) × ن

أي أن الارتفاع يساوي حاصل ضرب سرعة الشريط ، وجا < زاوية ميلان الشريط والزمن المستغرق أثناء دورانه .

مثال : رياضي يمشي على شريط متحرك لمدة نصف ساعة ، وبسرعة 5 كم/ساعة بحيث كانت درجة ميلان الشريط 4 درجات ، ما مقدار الشغل الذي ينجزه الرياضي علماً بأن وزن الرياضي 150 نيوتن؟

علماً بأن جا < 4 = 0.07 .

الحل :

ع = (س × جا < 4) × 5

= 5 × 0.07 × 0.5

= 0.175 كم

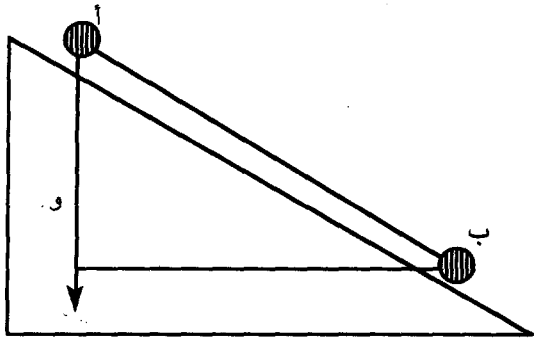
الشغل = 150 × 0.175

= 26250 جول .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أما في حالة تأثير الشغل في سطح مائل فإن الشغل يتم احتسابه من خلال المسافة العمودية التي يتحرك بها بفعل الوزن ، وهي الفرق بين موضع مركز الثقل في (أ) و(ب) ، والمسافة هذه يمكن استخراجها من خلال المسافة التي تقطعها الكرة على السطح ، والزاوية التي يصنعها مع مستوى السطح مع الخط الأفقي ، فالشغل يساوي :

وزن الجسم × أ ب × جا <



شكل رقم (115)

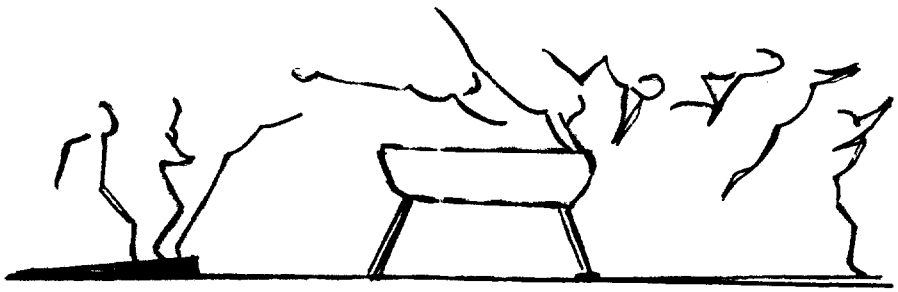
هذه الحالة تمثل الشغل المنجز في فعاليات العدو والجري ومسابقات الدراجات والتجديف باتجاه معين (بإزاحة) .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

القدرة

ينجز الشغل عندما يقطع الجسم إزاحة معينة بفعل تأثير قوة ولا يتم الشغل إلا بوجود إزاحة ، فعند عدو 100 متر باتجاه خط النهاية وبقوة معينة ينجز العداء شغلاً ، ويطلق عليه شغل القوة الذي هو حاصل ضرب متجهتي الإزاحة والقوة . لذا فإن الشغل سواء كان قد أنجز في ثانية أو ثانيتين أو ساعة هو الشغل نفسه من حيث الكمية ، لكن في المجال الرياضي فإن للزمن تأثيره المهم في أداء مرحلة النهوض أو العدو أو السباحة لمسافة معينة ، ويعد الزمن هدفاً رئيسياً لكافة فعاليات 100م ، 200م ، 110م حواجز 400م . . . الخ ، كذلك في فعاليات السباحة من خلال تناقص الزمن يتم تحقيق أرقام قياسية في بعض الأحيان من خلال محاولة زيادة تكرار الضربة أو طول الضربة أو كلاهما معاً من خلال تناقص زمن سحب الذراع في السباحة الحرة وزمن التغطية أيضاً ، وفي فعالية القفز على الحصان يؤدي اللاعب اقترابة أولاً ثم القفز إلى القفاز في زمن قصير جداً يتراوح (0.09- 2 ث) ، ثم يليه طيران فاستناد على الحصان ، ثم القفز والطيران الثاني وإجراء الدورانات حول المحاور الرئيسية الثلاث ، ففي الاقتراب يحصل اللاعب على السرعة الأفقية اللازمة والمناسبة والتي تتراوح ما بين (7- 7.5م/ث) ، ثم القفز إلى القفاز بقوة للاستفادة من رد فعله والطيران إلى الأعلى وبسرعة مناسبة (يحافظ بها على سرعته المكتسبة قدر الإمكان) ، بعد ثني الرجلين ومدهما ومرجحة الذراعين التوافقية لتحويل السرعة الأفقية إلى العمودية بأقصر زمن ممكن بزوايا 140- 150 لحظة لمس القفاز (للركبتين) وبقوة كبيرة للحصول على سرعة لحظية كبيرة باتجاه الحصان ، وتبلغ الفترة الزمنية للطيران الأول (0.12- 0.22 ث) ، وللرجل (0.27- 0.45 ث) ويتحقق الدفع وبعده يتم الطيران الثاني .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (116)

مما تقدم نجد أن الإنجاز في المجال الرياضي يتم في أقصر زمن ممكن وبقوة واتجاه معين (بإزاحة) . ونعبر عنها ميكانيكياً بالقدرة التي تقاس بالواط .

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

$$= \frac{\text{القوة} \times \text{الإزاحة}}{\text{الزمن}}$$

∴ القدرة = القوة × السرعة

ويعتبر قياس القدرة من الأهمية مؤشراً للياقة البدنية ، كما أنه مؤشر مهم يوصلنا إلى حقيقة مفادها أن فعل القوة يكون أكبر تأثيراً عندما يؤدى بسرعة أكبر خاصة في الفعاليات التي تتطلب قوة دفع قصوية ، كالوثب العالي والوثب الطويل والثلاثية حيث تؤدى الحركات بسرعة (عالية أحياناً) لدورها الكبير والفعال وبقوة عالية ، وفي آن واحد يحقق فيه مبدأ القدرة ، وفي فعاليات الرمي التي تتطلب زيادة القوة المؤثرة

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

في دوران الجسم إلى الخارج مع التحكم بوضع الجسم (في المطرقة) يؤدي إلى زيادة السرعة اللازمة لإطلاق الأداة ، لذا نجد أنه مجال الإنجاز العالي . هناك تناقضات بين أهمية تطوير السرعة كضرورة والقوة كمتطلبات رفع المستوى مع تطوير درجة اتقان التكنيك ، أي كانت أهمية التعامل مع الجسم أو الأداة بوقت قصير وبسرعة كبيرة لإنتاج الشغل الميكانيكي المطلوب .

تنمى خاصية القدرة من خلال الشد العضلي وسرعة التقلص العضلي للحصول على الحالة الجيدة للربط ما بين القوة والسرعة ، فكلما كانت القدرة جيدة كانت النتائج أفضل . وتشير بعض المصادر إلى اعتماد القدرة على بناء الجسم ، فالجسم العضلي قدرته أكبر ، كما تعتمد أيضاً على العمر والجنس والتدريب بالأثقال على أنه عامل للتنمية القدرة وتطور الإنجاز .

- أمثلة تطبيقية -

مثال (1) : احسب مقدار القدرة لرباع وزنه 200 نيوتن حاول رفع ثقل بوزن 200 نيوتن إلى ارتفاع متر بزمن ثانية واحدة بينما رباع آخر رفعه إلى متر ونصف .

الأول = $\frac{200}{1}$ = 200 واط القدرة الأكبر

الثاني = $\frac{200}{1.5}$ = 133.3 واط

مثال (2) : استخدم رامي قوة 150 نيوتن لرمي ثقل بسرعة 6م/ث ، ورامي آخر استخدم قوة 100 نيوتن بسرعة 9م/ث ، ما مقدار قدرة كل منهما؟

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الحل :

الأول = 150 × 6 =900 واط

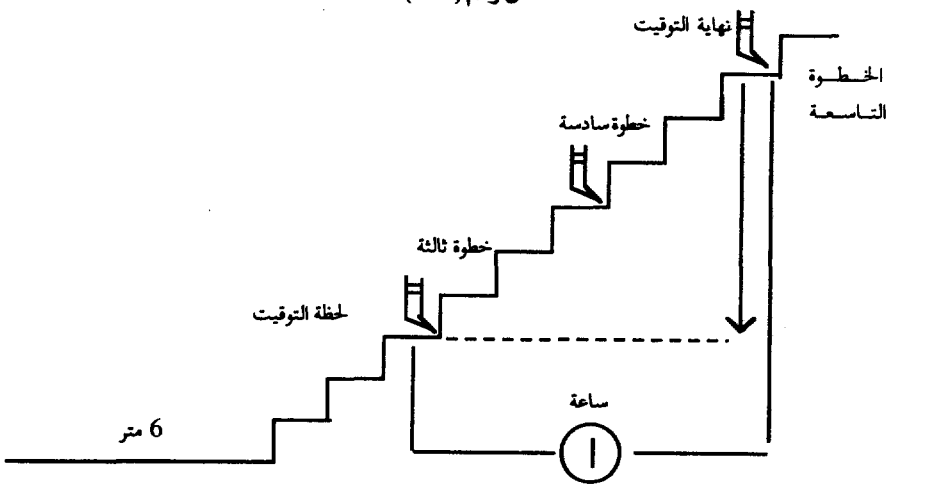
الثاني= 100 × 9 = 900 واط

مثال (3) : رياضي وزنه 980 نيوتن أدى اختباراً* لمسافة 1.044 متر بزمن 0.5 ث ، ما مقدار قدرته؟

الحل :

$$\text{القدرة} = \frac{1.044 \times 980}{0.5} = 2046.24 \text{ واط}$$

شكل رقم (117)



يتلخص الاختبار بأن يقف الرياضي على بعد 6 أمتار أمام عتبة السلم . يبدأ الاختبار بركض الرياضي بأسرع ما يمكن ويأخذ ثلاث خطوات ليسجل الزمن ، ثم يبدأ التسجيل من السلم الثالث (بربط مؤقت) حتى الدرجة التاسعة من السلم يتم تسجيل الزمن إلى 0.001 ث ، إن الإزاحة العمودية يتم حسابها بعدد الخطوات فالإزاحة هنا 1.044 متر .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الطاقة

تعني الطاقة بشكلها العام القابلية لبذل الشغل ، والطاقة الميكانيكية هي : «قابلية بذل شغل ميكانيكي» .

تقاس الطاقة بوحدة الجول . ولها شكلان رئيسيان هما : الطاقة الحركية والطاقة الكامنة .

فعند أداء الحركة فإن الرياضي يمتلك طاقة ميكانيكية لكن الاختلاف في وضعية الحركة ، فعندما يكون الجسم في حالة حركة فإنه يمتلك طاقةحركية تختلف تبعاً لاختلاف كتلة الجسم وسرعته .

الطاقة الحركية = $\frac{1}{2}$ الكتلة × مربع السرعة والطاقة تتم بفعل الشغل ، فصاحب الكتلة عليه أن يتحرك بسرعة عالية فإن تأثيره أكبر من آخر سرعته أقل .

فعند المرجحة في القلبة الهوائية يحصل اللاعب على الطاقة الحركية اللازمة وعلى الارتفاع اللازم لأداء القلبة . وعند الاقتراب لأداء الوثب الطويل فإن اللاعب يتحرك بسرعة أفقية عالية ، أي أنه يكتسب الطاقة الحركية بفعل الشغل ، وعند استلام الكرة باليد فإن مسافة استلامه للكرة تؤدي إلى امتصاص الطاقة الحركية من الكرة إلى اليد .

أما الطاقة الكامنة فهي تلك الطاقة التي يمتلكها الجسم في وضع معين أثناء الثبات . ففي الحركات الرياضية تعد الطاقة الحركية مهمة ، والكامنة تخزن الأولى

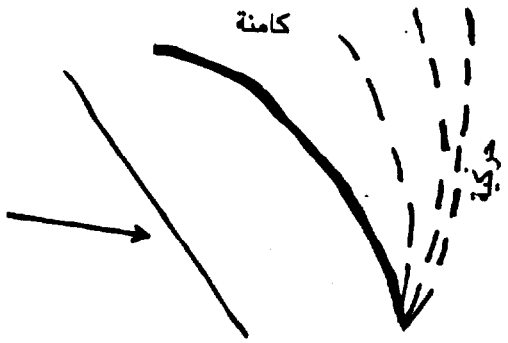
https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

حتى يتم الاستفادة منها في أي لحظة زمنية تبدأ عندها الحركة على أساس أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث .

الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة = مقدار ثابت

والطاقة الكامنة = وزن الجسم × الارتفاع

وعند حركة لاعب الجمباز على الترامبولين فإن تقعراً يتم على سطح الجهاز نتيجة المطاطية التي تمتلكها المادة وتؤدي إلى اتساع مساحة رقعة الترامبولين ، هذا التقعر ما هو إلا عملية خزن للطاقة ، أي تحويل الطاقة الحركية إلى كامنة ، وما إن يبدأ اللاعب بالصعود إلى أعلى حتى تتحرر الطاقة التي يتم خزنها على شكل طاقة حركية تساعد على القفز عالياً بشكل أقوى ، وعند القفز بالزانة تحول الطاقة الحركية التي يمتلكها القافز من اقترابه إلى طاقة كامنة وأثناء الرجوع إلى وضعه الأصلي تتحول إلى طاقة حركية مرةأخرى .



شكل رقم (118)

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

وفي الجمباز أثناء دوران اللاعب حول العقلة فإن الجسم يكون في حالة حركة لامتلاكه طاقة حركية ، وما إن يصل إلى أعلى نقطة من حركته حتى تتحول إلى كامنة وإلى حرارية لكنها لا تقل ولا تفنى ولا تستحدث فهي قيمة ثابتة .

كما تظهر الطاقة أيضاً في حركات الإنسان حيث نجد أن قوس القدم تخزن الطاقة أثناء العدو ، ويختلف شكله عن اتصال القدم بالأرض ، ويعود بعد ذلك إلى شكله الطبيعي بعد إتمام الدفع بالقدم ، فاللاعب الذي يزن 70 كغم يزن في قوس القدمين (17) جول عندما يجري بسرعة 4.5م/ث في الارتكاز العمودي إضافة إلى 35 جول ينتجها الوتر (اكيلس) أي :

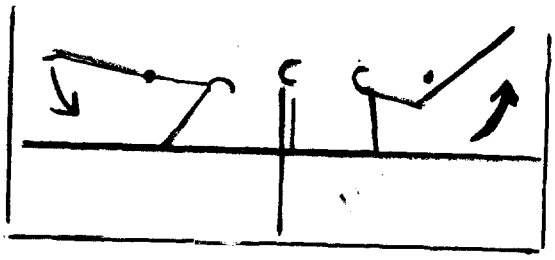
إن ما يحدث من خزن للطاقة في كلتا القدمين يعادل نصف ما يحتاجه اللاعب خلال مراحل الارتكاز لكل خطوة .

لذا كان التركيز على مدى صلاحية قوس القدم عند العدائين لأهميته في اختزان الطاقة وبذل الشغل المطلوب لتحقيق الأداء أمراً مهماً ، ولا بد من الإشارة إلى أن ما تنتجه العضلات من طاقة يستفاد من 25٪ فقط كشغل ميكانيكي والباقي يتحول إلى إنتاج حراري وعمليات بيوميكانيكية أخرى ، تساهم في إتمام الحركات والفعاليات والأنشطة الحيوية الأخرى . فعند محاولة إصابة الملاكم إلى الخصم نجد أن حركة الذراع وحدها لا تكفي للتأثير في الخصم ، بل يجب أن ترافق حركة الذراع حركة الجذع لكي تكون الضربة قوية ومؤثرة فحركة الجذع تكسب الذراع الضاربة طاقة حركية وإن إيقاف حركة الجذع قبل توجيه الضربة عندها تتحول الطاقة الحركية المتأتية من حركة الجذع إلى طاقة كامنة ومن ثم تكون الضربة الموجهة قوية .

كما نجد أن المرجحات الأمامية على المتوازي كلما زادت وكانت عالية أثرت في قيم الطاقة الميكانيكية للجسم حيث يترك الجسم يسقط تلقائياً باستخدام قيم قوة الجذب الأرضي بشكل أمثل ، وقبل الوصول إلى الوضع العمودي بقليل تبدأ مرجحة

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الجسم بأكمله للتغلب على التأثير السلبي للجذب والحصول على أعلى ارتفاع ممكن للحصول على الطاقة الكامنة .



شكل رقم (119)

وفي الوثب الطويل يحصل الواثب من خلال اقترابه على الطاقة الحركية لجسمه الناتجة من مجموع الطاقات الحركية للأجزاء وعندما تبلغ السرعة أقصاها تزداد الطاقة الحركية لارتباطها بمربع السرعة ، وعند الارتقاء تخزن الطاقة الحركية وتتحول إلى كامنة لتعود فتتحرر عند انطلاق اللاعب باتجاه الحفرة .

- أمثلة تطبيقية-

مثال (1) : بلغت سرعة اقتراب الواثب 8م/ث احسب ما مقدار الطاقة الحركية الناتجة علماً بأن كتلة الواثب 60كغم .

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

$$= \frac{1}{2} \times 60 \times 8^2$$

$$= 30 \times 64$$

$$= 1920 \text{ جول}$$

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مثال (2) : رياضي وزنه 980 نيوتن يمتلك طاقة 19600 جول ، فما مقدار سرعة جسمه؟

$$9.8 \times \text{ك} = 980$$

$$\text{ك} = 100 \text{ كغم}$$

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{1}{2} \times 100 \times \text{س}^2$$

$$\frac{1}{2} \times 100 \times \text{س}^2 = 19600$$

$$\therefore \text{س} = 19.8 \text{ م/ث}$$

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

حفظ كمية الحركة

يرى هذا القانون أن كمية الحركة للأجسام عند تأثيرها على بعضها بعضاً يطبق عليها مبدأ قانون نيوتن الثالث ، أي أن الجسم يقابل برد فعل مساو له ومعاكس بالاتجاه .

كمية حركة الأول = كمية حركة الثاني

Δ زخم الأول = Δ زخم الثاني

إن ما يفقده جسم من زخم باتجاه معين يساوي الزخم الذي اكتسبه الجسم الثاني في الاتجاه المعاكس .

فعند الرمي بالبندقية قبل الرمي تكون البندقية في حالة السكون أي أن كمية الحركة = صفراً ، وعند الاطلاق ترتد البندقية باتجاه معاكس لحركة المقذوف حتى تكون كمية الحركة مساوية للصفر ، أي أن الحالة الثابتة لجسم موضوع على أرض أفقية تكون نتيجة لوجود القوى المتساوية والمعاكسة للوزن ، وبتأثير فعل البندقية حدث رد فعل مساوي ومعاكس بالاتجاه ، وهذا ليس فقط لكن هناك قوة لحظية تتم بفترة زمنية محددة . حيث نجد الحركة المعاكسة عند توقف الحافلة المفاجئ .

وفي الضربة الساحقة في الكرة الطائرة نجد حفظ كمية الحركة واضحاً عند تحزيك الذراع الضاربة للكرة بسرعة زاوية عالية فيحدث دوران مضاد للأطراف السفلى لإيقاف دوران الأطراف العليا ، ولما كان عزم القصور الذاتي أكبر من الرجلين فإن سرعة الزاوية للرجلين هي التي تتحكم في وضع الجسم وتكون قليلة . فتنتقل كمية الحركة إلى الكرة لتدور الأخيرة حول محورها الطولي وبسرعة عالية .

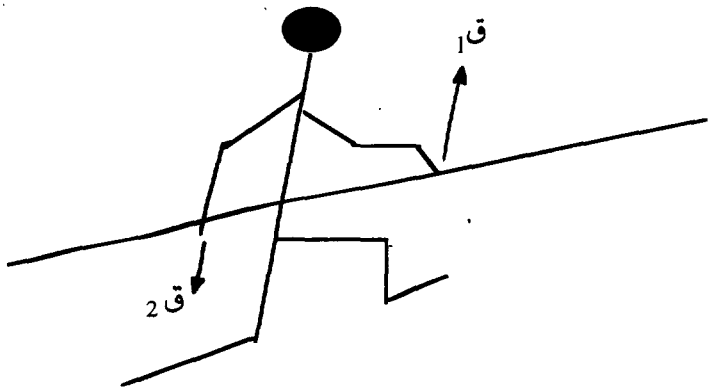
https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الفصل الثاني

الكينيتيك الزاوي (الدائري)

القوى المزدوجة

في بعض الحركات الرياضية تؤثر أكثر من قوة في جسم لحدوث الحركة ، فإذا ما أثرت قوتان في جسم فإن خط عمل هذه القوى لا يمر بمركز ثقل الجسم فتحدث الحركة الدائرية وعادة يحدث ازدواج في القوى فنجد أن ق$_1$ ، ق$_2$ تؤثران في العمود الزجاجي للقافز بالزانة ، فإذا ما أثرت ق$_1$ بمفردها فإنها تعمل على تحريك وتدوير إلى الأسفل باتجاه عكس عقرب الساعة ، والقوة الثانية عندما تمر بمفردها تعمل إلى الأعلى وتدوير بالاتجاه نفسه ، أما إذا أثرت القوتان المتساويتان بالوقت نفسه فإن عملهما يتحدد في تدوير الجسم فقط ، فعند قافز الزانة أثناء حمله للعمود واقترابه نجد أن القوى التي تسلطها اليد الخلفية تتجه إلى الأسفل ، أما الذراع الأمامية فتكون في خط عملها إلى الأعلى وباتجاه الأولى نفسه ، هاتان القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان بالاتجاه (قوى مزدوجة) .



شكل رقم (120)

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

عزم القصور الذاتي

عند دراستنا لقوانين نيوتن للحركة أثناء الحركة الخطية (المستقيمة) ، وجدنا أن القصور الذاتي يعني مقدار كتلة الجسم ، وأن هناك تناسباً طردياً بين القصور الذاتي والكتلة ، فكلما كانت الكتلة كبيرة كانت الحاجة إلى قوة كبيرة للتغلب على قصوره الذاتي .

أما في الحركات الدائرية فلا نكتفي بذكر مصطلح القصور الذاتي بل العزم أيضاً ، لأن مقاومة الحركة الدائرية لا يتوقف على الكتلة وإنما على بعد الجزء العمودي عن محور الدوران ، فعندما تدور الذراع أو الرجل فإن زوايا المفاصل تؤثر في قيم عزم القصور الذاتي لأنه يساوي :

عزم القصور الذاتي = الكتلة × (نصف القطر)^2

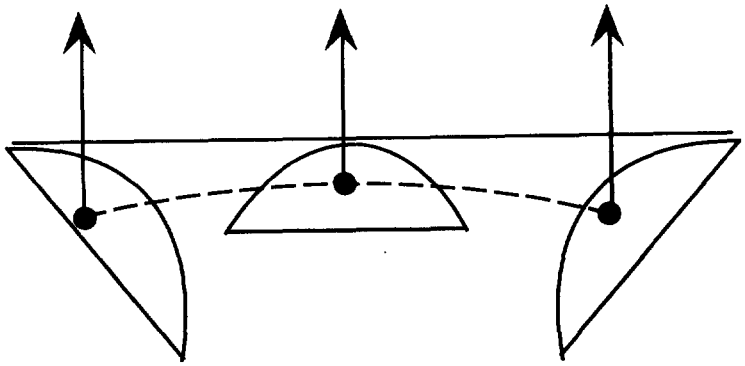
تستخدم المعادلة في حساب الحركةالمنتظمة الشكل و المعلومة الأبعاد ، إلا أنه يصعب عندما نتعامل مع جسم الإنسان الذي يتكون من أجزاء مختلفة الشكل والأبعاد لذلك فإن كتلتها غير منتظمة التوزيع ، لذا عن طريق حساب عزم القصور الذاتي لكل جزء من أجزاء الجسم على حدة في كل وضع من الأوضاع التي يتخذها أثناء الدوران . أي أن عزم القصور الذاتي للجسم بأكمله هو عباره عن مجموع عزم القصور الذاتي لأجزائه ، فلو أردنا معرفة عزم القصور الذاتي للذراع عند دورانها حول محور الكتف فيمكن حساب عزم الأجزاء .

عزم القصور الذاتي للذراع يساوي :

عزم القصور الذاتي للعضد + عزم القصور الذاتي للساعد + ... الخ .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

أي يتم احتسابه بالنسبة لمحاور محددة ، فعندما يدور أي جزء من الجسم حول محوره الطولي ، فإن من المؤكد أن عزم قصوره الذاتي لن يكون مختلفاً عنه في حالة دوران الجزء نفسه حول محوره العرضي أو الطولي ، وذلك لأن توزيعات الكتلة تختلف مسافاتها عن المحور .

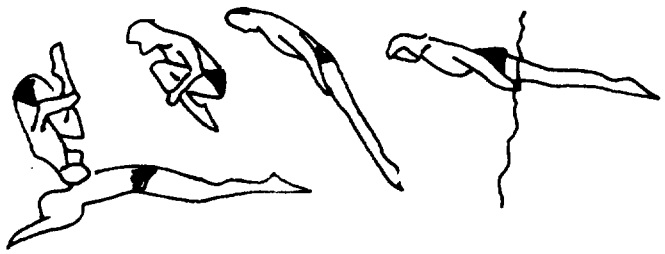


شكل رقم (121)

فعندما يدور الجسم في الهواء دون وجود محور ثابت فإنه يدور حول ثلاثة محاور افتراضية تتلاقى في نقطة مركز الثقل وعزم القصور الذاتي حول أي من هذه المحاور يسمى العزوم الأساسية .

فعندما يدور الجسم من وضع التكور حول المحور الجانبي من الدورانات الهوائية ، فإن عزم قصوره الأساسي يختلف في حالة استقامة الجسم أو انحنائه ويختلف باختلاف المحور الذي يدور عليه الجسم ، فعند الغطس تؤدي الدورة الهوائية إلى تغير عزم قصوره الذاتي 15 كغم/م^2 في حالة التكور .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (122)

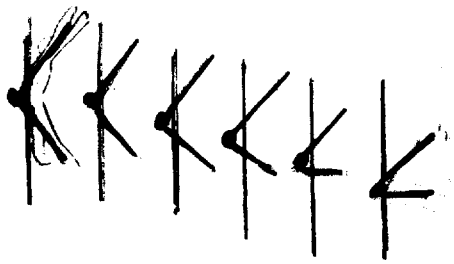
أما علاقة عزم القصور الذاتي بالسرعة الزاوية فتتناسب تناسباً عكسياً معها . فعندما يحاول الرياضي الدوران في الرقص على الجليد بسرعة بتقريب أجزاء الجسم نحو محور الدوران لتقليل عزم القصور الذاتي وإبعاده يتم تقليل سرعة الدوران بزيادة عزم القصورة الذاتي .

وعند رفع الرجل إلى الأعلى نجد سهولة في رفعها وهي منثنية عنها وهي ممدودة لارتباطها الوثيق في قيم عزم القصور الذاتي واقتراب مراكز الأجزاء من المحور الأساسي .

وفي حركات الوثب والقفز تساهم حركات الذراعين من خلال المرجحة في زيادة كمية الحركة الدورانية لحظة النهوض ، فنجد أن واثب الطويل يقوم بحركات بندولية ودورانية للذراعين والرجلين في الطيران مما يؤدي إلى إيقاف الدوران حول المحور الجانبي ، ويحاول الواثب المحافظة على توازنه أثناء طيرانه بالمحافظة على وضع الجذع قبل الهبوط ، فعند المشي في الهواء تصل قيمة عزم القصور الذاتي إلى 11.5كغم/م^2/ث^2) بينما في التعلق يبلغ (4.17كغم/م^2/ث^2) حيث تعمل رجل النهوض والذراع المقابلة لها على إيقاف حركة الدوران للأمام ، بينما في الأنواع الأخرى عدا المشي فإن الفعل الأساسي لإيقاف الدوران هي حركة رجل النهوض والذراع الأخرى ، وكمية الحركة الدورانية لحظة النهوض (الارتقاء) تنتج عن اتصال

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

القدم مع سطح الأرض وحركة الذراعين تزيد من كمية الحركة الزاوية لحظة النهوض .



شكل رقم (123)
الطيران في الوثب الطويل

شكل رقم (124)
الغطس

أما في الغطس إلى الماء فإن النهوض من سلم القفز يحقق للغطاس حركة خطية كافية لتحقيق الارتفاع المناسب وفي الوقت نفسه يوفر كمية حركة دورانية تناسب الانتهاء من واجبات الدوران المطلوب ولإنجاز عدد من الدورات بدون وجود المحور

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الطولي ،لأن كمية الحركة الدورانية لحظة النهوض تزداد بزيادة متطلبات الدوران فوجدت عند أحد أبطال العالم عند أداء ثلاث دورات ونصف أمامية من سلم متحرك بأنها من (66-70كغم/م^2/ث^2) من خلال القانون التالي :

كمية الحركة الدورانية = الكتلة × نق^2 × السرعة الزاوية

حيث أجريت الدراسة مستهدفة حساب هذا المتغير الحيوي بالنسبة لأجزاء الجسم المختلفة حول المحاور المارة بمركز الثقل بهدف توفير أحد أهم المتطلبات الأساسية لدراسة الحركة الدورانية في المجال الرياضي ، حيث اعتمدت الدراسة على الحسابات التقليدية لعزم القصور الذاتي لأجزاء الجسم المعررفة ، حيث إن العزم يساوي كما ذكرنا المجموع الجبري لعزوم الأجزاء حول المحاور نفسها وفقاً (الموضحة قيمتها في الجدول 10) .

عزم القصور الذاتي = مجموع (الكتلة × نق^2) لأجزاء الجسم المشتركة في العمل .

الجدول رقم (10)
لقيم عزم القصور الذاتي لأجزاء الجسم

الجزء	عزم القصور الذاتي
الرأس	0.0248
الجذع	1.2605
الذراع	0.0212
الساعد	0.0076
الكف	0.0005
الفخذ	0.1052
الساق	0.0504
القدم	0.0038

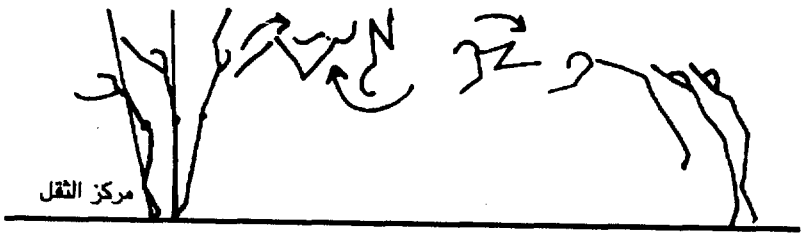
https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

- ملاحظة : هذه الأجزاء تم احتسابها بالنسبة لوزن الجسم . كما ظهر أن عزم القصور الذاتي للجذع يعد الأكبر بين أجزاء الجسم المختلفة في حركات الدوران .

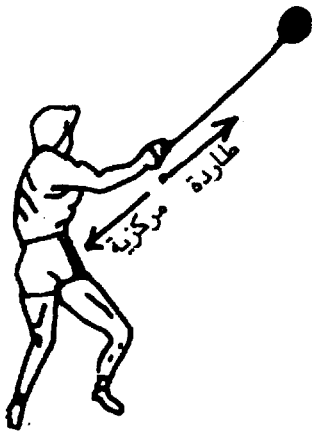
لذا نجد أن هناك تداخلاً بين متغيري السرعة الزاوية وعزم القصور الذاتي في تشكيل الحركة الزاوية لأي جسم في حالة دورانه ، حيث نجدها في حركات الجمباز والغطس بصفة خاصة تتميز بالتغيير المستمر في شكل الجسم بين المستقيم والمنحني والمتكور ، فالجسم ينطلق على الهواء تحت تأثير كمية الحركة الخطية التي تكون مسؤولة عن بلوغ الارتفاعات المطلوبة وفي الوقت نفسه يتم التغيير إلى الحركة الزاوية التي تعمل على أداء عدة دورات أو لفات مطلوبة لإنجاز الغطس مثلاً . فتغير وضع الجسم في التكور يتم بإبعاد أجزاء الجسم عن المحور الأساسي المار بمركز الثقل فيغير من مقدار عزم القصور الذاتي ويؤدي إلى نقص في السرعة التي يدور بها ، ويتناسب معدل التغيير لأي جسم مع العزم المسبب له ليأخذ اتجاه العزم نفسه فعندما نحتاج إلى دورتين هوائيتين خلفيتين فإن كمية الحركة الزاوية تكون كبيرة لمحاولة زيادة عزم القصور الذاتي والتعجيل الزاوي لحظة الانطلاق ، وتتطلب الدورة الواحدة مقداراً أقل مع أهمية توافر كمية الحركة الخطية لضمان ارتفاع الجسم في مسار مناسب للأداء .

وبصفة عامة فعلاقة عزم القصور الذاتي بالسرعة الزاوية أو التعجيل الزاوي يحددها مقدار دفع الدوران الناتج لحظة النهوض فعندما يصل مقدار عزم القصور إلى أدنى مستوى له تزداد السرعة إلى أقصى درجاتها على طول مسار الطيران .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (125)
يوضح القلبة الهوائية الخلفية



شكل رقم (126)

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

القوة تعمل بزاوية :

يجدر بنا الإشارة إلى أن القوة السابقة الذكر في الحركات الخطية ، تحدث إذا ما ارتفع الجسم بقوة وزاوية تقع ما بين صفر إلى 90° ، فإن هناك تعديلاً يتمثل في قوة إضافية ضرورية لرفع المركبة العمودية .

القوة = (الكتلة × التعجيل + الكتلة × التعجيل الأرضي) × جا <

فكلما ازدادت زاوية الدفع ازدادت القوة المطلوبة إذا ما كان الهدف هو تحقيق التعجيل اللازم للدفع -ففي حالة رفع جسم عمودياً للأعلى (السقوط) فإن جا الزاوية يساوي صفراً ، والوزن هو القوة نفسها المضافة لتوليد التعجيل العمودي بينما القوة المطلوبة بزاوية وباتجاه معين سوف تحلل .

مثال : لاعب وزنه 65 كغم يجري بتعجيل 3.5م/ث^2 ، فما مقدار القوة اللازمة علماً بأنه يركض في منحدر له زاوية 15° . جا < 15 = 0.2588 .

الحل :

القوة = 65 × 3.5 + 65 × 9.8 × 0.2588

= 112.644 نيوتن

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

انتقال كمية الحركة الدورانية

يمكن نقل كمية الحركة الدورانية من محور إلى آخر ، ويحدث ذلك في حركات القفز إلى الماء الذي يحاول فيها الغطاس نقل كمية حركته الدورانية من المحور الجانبي إلى المحور الطولي لعمل اللفات المختلفة ، وتناولت بعض الدراسات والباحثين كيفية تحويل الدوران من محور لآخر ، فحركة الذراعين غير المنتظمة مع الدوران في المقعد فإن كمية الحركة التي يمتلكها ليؤثر على جسم آخر (قانون نيوتن الثالث) لكن بعكس الاتجاه ، فعند الجلوس على مقعد دوار والذراع إلى الجانب ، فإن كمية الحركة الزاوية للشخص والمقعد تساوي صفراً ، أما إذا حرك الشخص ذراعه إلى جهة اليسار فإن حركة الفعل هذه تتولد عنها حركة رد فعل من الجزء السفلي من الجسم إلى الجهة اليمنى ، وهاتان الحركتان تبطل إحداهما الأخرى لتبقى كمية الحركة الزاوية ثابتة . يرى العالمان (نلسون) و(لوي) «أن هناك بعض الأساسيات التي تحدد حركة مرجحة في الذراع عند اللحظة التي تصل فيها سرعة الدوران إلى أعلى قيمة لها» أي توليد اللف عند لحظة زيادة سرعة الدوران ، فتأثير السرعة العالية لحركة الذراع حول المحور الطولي مع تأثير عزم القصور الذاتي حول المحور نفسه مع رفع حزام الكتف ليتم إحداث اللف المرغوب فيه . . ووجد أن أفضل الأوضاع التي يحدث اللف فيها عندما تكون الزاوية بين محور الفخذ والجذع (90) في وضع منحن ، بحيث يكون نصف القطر في هذا الوضع لأحد الأجزاء في أقصى قيمة له بالنسبة إلى المحور الطولي والذي يمر بمرحلتين :

المرحلة الأولى : توليد الدوران في أحد الأجزاء حول المحور الطولي ، ولما كانت كمية الحركة الدورانية ثابتة ، وما دام أنه لا يوجد عزم مقاومة يؤثر في الجسم فسوف

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

تظهر حركة دوران عكسية في الجزء الآخر حول المحور الطولي للجزء الأول ينتج عنها دوران باتجاه الجزء الأقل سرعة .

المرحلة الثانية : تشمل دوران الجزء الثاني حول المحور الطولي في الاتجاه نفسه الذي اتخذه في المرحلة الأولى ، وبالأسلوب نفسه فإن السرعة الدورانية هنا تكون أصغر ، وهنا يمكن أن يحقق لاعب الجمباز أو الغطس لفات حول المحور الطولي لأكثر من (540) .

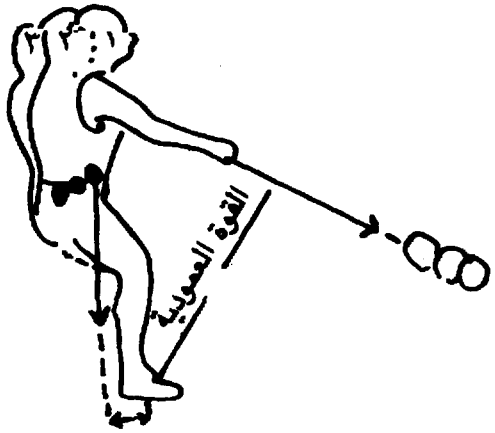
مما تقدم نجد إمكانية انتقال كمية الحركة الدورانية من أحد أجزاء الجسم إلى الجزء الآخر مما يتطلب أعلى سرعة للأجزاء البعيدة .

التغيير في كمية الحركة (الزاوية) الدورانية

ويطلق عليه أحياناً بدفع الدوران ، فعندما يؤثر دفع الدوران على جسم ، فإن الناتج يتمثل في تغيير كمية الحركة الدورانية للنظام كله والعلاقة بين الدفع وكمية الحركة ، ولما كان دفع الدوران هو ناتج العزم والزمن ، فإن التغيير الكبير يحدث في كمية الحركة الدورانية للجسم والذي يتم من خلال زمن تأثير قليل لعدد كبير من العزوم ، وإن العزم هو ناتج (القوة × ذراعها) .

ففي فعاليات الرمي يحقق الرامي أقصى كمية حركية للأداة قبل انطلاقها ، فالسرعة اللحظية تتناسب مع السرعة الدورانية طردياً طبقاً لطول نصف القطر ، بوصفه عاملاً محدداً لهذه العلاقة ، فمع ثبات عزم القصور الذاتي ، فالزيادة في كمية الحركة الدورانية تتحول إلى زيادة في كمية الحركة الخطية لحظة إطلاق الأداة ، ومن هنا كانت أهمية قيام لاعب المطرقة بمرجحة مطرقته حول الجسم من 2-3 مرات مع ثبات الأقدام ثم لف الجسم 3-4 مرات .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (127)

وبناء على ذلك فإن السرعة الدورانية إذا لم تقل ، فإن كمية الحركة الدورانية لكل رامٍ تزداد ، وعند الدورة الأخيرة يقوم بمد مفاصل جسمه والميل للخلف الذي يتطلب قدرة عالية في العمود الفقري لتحمل مثل هذا العبء الكبير مع قوة عضلية كبيرة في مفصلي الكتفين .

وفي الجمباز لأداء دورة الخلفية ، فإن كمية الدوران المطلوبة خلال مرحلة طيرانه تعتمد على ما اكتسبه الجسم من كمية حركة لحظة النهوض ، ويكون رد الفعل خارج مسار مركز الثقل لإتمام عملية الدوران حول المحور الجانبي للجسم مع ميلان الجسم للخلف ، وأثناء المد لمفاصل الفخذ والركبتين والقدمين مع المرجحة القوية للذراعين . أما المركبة العمودية (لرد فعل الأرض) ، فمن الأهمية أن تعمل أمام الجسم فتساعد على زيادة كمية الحركة الدورانية للخلف .

شكل رقم (128)

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

حفظ كمية الحركة الدورانية

عندما تكون قوة الجذب الأرضي هي القوة الخارجية المؤثرة في الجسم ، فإن كمية الحركة الدورانية تبقى كما هي دون تغيير ، ويمكن تعريف بقاء كمية الحركة الدورانية أو حفظها على أنها في غياب أي عزوم خارجية يبقى الجسم على حالته من حيث كمية الحركة الدورانية .

فالجاذبية الأرضية تعمل على مركز ثقل الجسم بشكل دائم على مركز الثقل وبالتالي لا ينتج عنها عزم مهما اختلف وضع الجسم ، وبالتالي فهي لا تؤثر في كمية الحركة الدورانية ، ويساعد هذا المبدأ على تحليل حركات الجمباز والغطس بخاصة ودراستها ، وفي تلك التي تحتاج إلى التحكم في عملية الدوران أثناء طيرانه في الهواء ، فعند القفز إلى الأمام يترك سلم القفز منطلقاً بكمية حركة دورانية محددة تنتج أساساً في دوران الجسم إلى القدمين لحظة التحريك ، هذه الكمية تبقى ثابتة حتى الهبوط إلى الماء ، ومع تحول اللاعب مع الوضع المستقيم إلى التكور لإتمام الدوران حول المحور الجانبي ، فإن نصف القطر يقل عزم قصوره الذاتي الأساسي ، ولما كانت كمية الحركة الدورانية ثابتة فإنه من الطبيعي أن تزيد سرعة الدوران . وكلما زاد تكور اللاعب ازدادت سرعة دورانه ، وبمجرد مد المفاصل بعد انتهاء الدوران بالتالي يزيد مرة أخرى نصف قطر قصوره فيزيد عزم القصور الذاتي ، هذا ما يعكس علاقة السرعة بعزم القصور الذاتي .

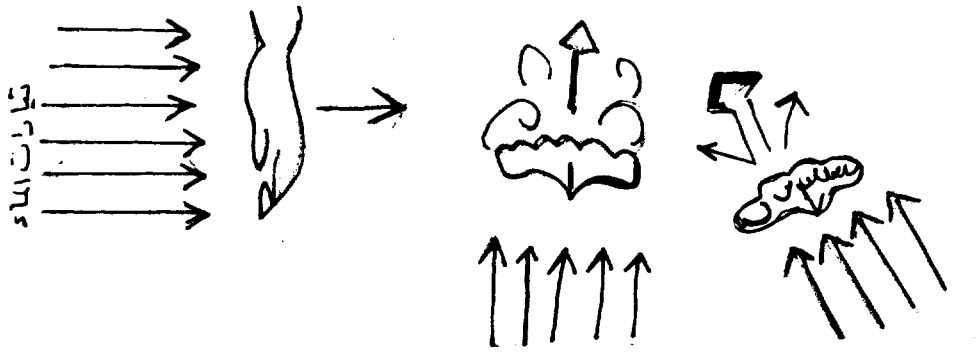
فلو انطلق لاعب الغطس بنصف قطر (0.5 متر) وبسرعة زاوية 4 نصف قطرية/ث ، فما مقدار سرعته الزاوية إذا أدى وضع التكور بحيث قلل من نصف قطره إلى 0.25م وكتلته 60 كغم .

$60 \times 0.5 \times 4 = 60$ كغم .م^2/ث^2

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

$60 \times (0.25)^2 = 61$ نصف قطرية/ث السرعة الزاوية

ونظراً لأن كتلة جسم اللاعب ثابتة فإن تغيير السرعة الدورانية مع غياب أي عزم خارجي سوف يصاحبها تغيير في عزم القصور الذاتي ، وهذا نجده عند لاعب الجمباز الذي يؤدي الدحرجة الأمامية على اليدين بقدر غير كاف في كمية الحركة الدورانية غالباً ما يضطر إلى ثني الركبتين عند الهبوط لاستكمال دوران الجذع وتجنب السقوط خلفاً .



شكل رقم (129)

وعند ضرب الكرة الطائرة الضربة الساحقة ، حيث يحرك اللاعب ذراعه الضاربة بسرعة دورانية عالية وبالتالي كمية حركته الدورانية عالياً ، وفي هذه الأثناء يحدث دوران مضاد من الطرف السفلي لإيقاف الدوران الناتج من الطرف العلوي ، وبما أن عزم القصور الذاتي للرجلين أكبر من الذراع الضاربة ، فإن السرعة الدورانية للرجلين تتحكم في وضع الجسم وتكون أقل كثيراً في الذراع الضاربة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الطاقة الحركية الزاوية

انطلاقاً من مفهوم الطاقة الحركية في الفعاليات الرياضية وما ينبغي على الرياضي أن يأخذه بعين الاعتبار لما لها من علاقة وثيقة بطبيعة الأداء .

الطاقة الحركية = $\frac{1}{2}$ الكتلة × مربع السرعة

إن الذي يهمنا هو دراسة الفرق بين الطاقة الحركية التي يمتلكها اللاعب أثناء الحركة الانتقالية وبين الحركة الدائرية ، فلو أخذنا على سبيل المثال حركة المتزحلق على الجليد الذي تكون حركته انتقالية فإن سرعة كل جزء من أجزاء جسمه يتحرك بسرعة اجزاء الجسم الأخرى ؛ وبما أن الطاقة الحركية للجسم كله تساوي مجموع الطاقات الحركية للأجزاء فإن :

الطاقة الحركية الكلية = الطاقة الحركية$_1$ + الطاقة الحركية$_2$ + ... الخ .

أما في الحركات الدائرية فنجد أن أجزاء الجسم تختلف سرعتها فيما بينها نظراً لاختلاف بعدها عن محور الدوران ، ففي حركة اللاعب حول العقلة نجد أن سرعة دوران الحوض أسرع من الكتف على الرغم من أن حركتها بسرعة زاوية واحدة ، وكذلك سرعة دوران الركبة أسرع من الحوض ، أما القدم فتكون أكثر أجزاء الجسم سرعة نظراً لطول نصف قطر الدائرة التي تدور حولها القدم ، أي أن سرعة أجزاء الجسم المحيطية تختلف فيما بينها وبما أن :

السرعة = السرعة الزاوية × نصف القطر

وإذا ما عوضنا عن قيمة السرعة بما يساويها من الطاقة الحركية فإن الطاقة الحركية في الحركة الزاوية تكون كالآتي :

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

$$ط_{ح} = \frac{1}{2} ك (س_{ز} \times نق)^2$$

∴ عزم القصور الذاتي = ك نق^2

لذا يمكن القول إن هناك تناسباً بين مقدار الطاقة الحركية التي يبذلها الرياضي وبين مقدار عزم القصور الذاتي للجسم أثناء أدائه للحركة الدائرية .

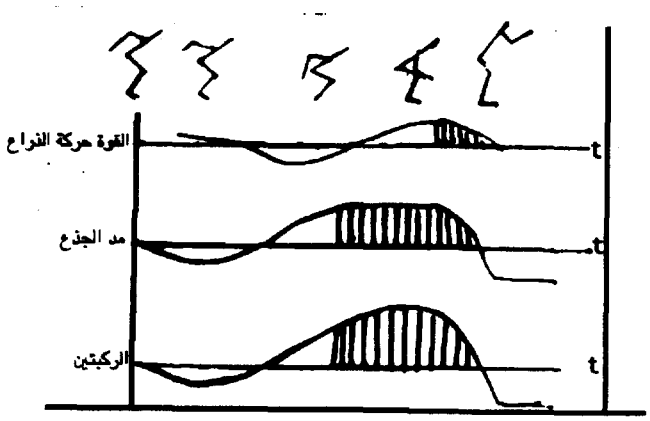
القوة الطاردة والمركزية

عند حدوث الحركة حول محاور ثابتة ، فإنها تتأثر بقوى خطية ، وأثناء حركة الدوران حول المحور ، نجد أن الجسم يقع تحت تأثير قوة طاردة إلى الخارج ، ولاستمرار مساره الدائري يجب أن توازيه قوة أخرى مركزية تحاول الحد من تأثير القوة الطاردة أي تسحب الجسم إلى مركز الدوران وعند انطلاق الجسم في حالة الدوران فإنه ينطلق في خط مماس الدائرة ، هذا المماس يكون عند نقطة حدوث الانطلاق ، ويتم احتساب القوة المماسية من خلال قانون نيوتن الثاني بالاستعاضة عن التعجيل حيث تساوي :

القوة المماسية = الكتلة × التعجيل المماسي

فعند تدوير الرامي للمطرقة يظهر تأثير هاتين القوتين على المطرقة ، فالقوة الطاردة تؤثر بشكل يؤدي إلى حركة المطرقة باتجاه المماس ، بينما التي يصدرها الرامي تكون باتجاه مركز الدوران ، فلو توقف تأثير سحب المطرقة نحو المركز لبقي تأثير القوة الطاردة واستمرت الحركة إلى الخارج ، أي هناك علاقة بين سرعة الجسم ومقدار القوة الطاردة ، فكلما ازدادت سرعة دوران المطرقة حول المحور الطولي للجسم كان العبء أكبر لتوليد قوة

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية



شكل رقم (131)

-أمثلةتطبيقية-

مثال (1) : عداء وزنه 980 نيوتن يركض بسرعة 10 م/ث على مجال ركض منحنى بنصف قطر 25 متر ، فما مقدار القوة المؤثرة والدرجة التي يعجل بها .

الحل :

1- نحول الوزن إلى كتلة

الوزن = الكتلة × التعجيل

980 = ك × 9.8

ك = 100 كغم

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

$$\text{القوة المركزية} = \frac{^{2}10 \times 100}{25} = 400$$

$$\text{أما الزاوية} = \text{ظا} < = \frac{^{2}10}{25 \times 9.8} = 0.408$$

وعند الرجوع إلى الجدول الخاص بدالة المثلثات نجد أن قيمة الزاوية = 22° أي يميل الجسم بـ 22° عن الخط العمودي للجسم .

مثال (2) : احسب مقدار نصف قطر المنحنى الذي يدور حوله عداء كتلته 80كغم بسرعة 8م/ث ، علماً بأن القوة الطاردة المؤثرة = 50 نيوتن؟

$$\text{القوة} = \frac{\text{ك} \times \text{س}^{2}}{\text{نق}}$$

$$\frac{8 \times 80}{\text{نق}} = 50$$

∴ نق = 102.4 متر

مثال (3) : ما مقدار زاوية ميلان العداء الذي يركض بسرعة 30 قدم/ث وبنصف قطر 60 قدم؟

$$\text{ظل زاوية الميلان} = \frac{(\text{السرعة})^{2}}{\text{التعجيل الأرضي} \times \text{نصف القطر}}$$

$$= \frac{^{2}30}{60 \times 32} = 0.468$$

= 25° تقريباً مقدار ميلان العداء .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الباب الخامس

السوائل

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الفصل الأول

ميكانيكية السوائل

يتعرض الماء لقوة الجذب الأرضي ، وبذلك فإن للماء وزناً على أنه من الضروري وضع الماء في أوان لقياس وزنه وبكمية محددة فقط ، هذه الكمية تعتمد على حجم الماء الموزون ، وإن وزن الماء يعنى (حجم الماء) وكمية القياس هذه بوحدة معروفة (بالباوند لكل/قدم^3) وعند الإشارة إلى الكمية بوحدة القياس هذه فإنها تدعى وزن كثافة الماء مع أن كثافة الماء تشير إلى الكتلة لكل وحدة حجم ، لذلك نجد من الضروري التفكير بمفهوم وزن الماء لكل وحدة حجم ما دام الوزن يتناسب طردياً مع الكتلة .

الكثافة

$$\text{الكثافة (المادة)} = \frac{\text{الوزن}}{\text{الحجم}}$$

إن كثافة الماء العذب تساوي 62.4 باوند/قدم^3 بينما كثافة الماء المالح أقرب إلى (64 باوند/قدم^3) . إن السبب الرئيسي يعود إلى الاختلاف في تركيب الأملاح حيث إن القدم المكعب الواحد من الماء المالح يكون ذا كتلة أكبر من القدم المكعب الواحد من الماء العذب ، ويجب أن نتذكر أن كثافة الماء لا يمكن أن تتغير بسبب العمق ، فلا يمكن ضغط كمية معينة من الماء لحجم معين من أجل تغيير الكثافة على عكس الهواء الذي يمكن ضغطه وتغيير كثافته ، لذا كانت كثافة الهواء على مستوى البحر أكثر منها في الطبقات العليا من الجو .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

قابلية الضغط وقوى الطفو

يعرف الضغط بأنه : «كمية القوة التي تظهرها الكتلة على السطح مقسمة على وحدة السطح» .

يعد ضغط الهواء أكبر كما وضحنا على مستوى سطح البحر منه في طبقات الجو العليا . وكلما اندفع الشخص في أعماق المياه ازدادت كمية ضغط الماء على جسمه طبقاً لوزن الماء من فوقه وفي أي عمق معين يكون الضغط متساوياً في كافة الاتجاهات ، فعلى سبيل المثال هناك قوة ضغط مقدارها 63.4 باوند/قدم^3 عند السطح الأسفل لقدم مربع من الماء طبقاً للماء الموجود فوقه ، وأن كمية من الماء ساندة لهذه القدم من الماء ستسلط قوة ضغط مقدارها 62.4 باوند/قدم^3 إلى الأعلى مما يعني أن كمية القوة الكلية العاملة بالاتجاه الأعلى تساوي وزن مكعب الماء الساند لتلك الكمية .

وحينما تعمل الجاذبية أسفل مكعب الماء بقوة تعادل وزنها ، فإن ضغط الماء في السطح للأسفل يعمل للأعلى بقوة معادلة لناتج الضغط والمساحة .

$$\text{الضغط} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$$

تخدم هذه القوة التي تعمل بالاتجاه العلوي دافعاً للأعلى بالنسبة إلى مكعب الماء وتدعى قوة (الطفو) التي تعمل خلال مركز ثقل مكعب الماء أو حجم الماء الساند هذه النقطة تدعى مركز الطفو .

إن قوة الطفو ترتبط بقاعدة ارخميدس «إذا غمر جزء من الجسم أو الجسم كله في سائل فإن الجسم يواجه قوة طفو للأعلى مساوية لوزن السائل المزاح بواسطة الجسم المغمور» .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

فإذا كانت كثافة الجسم المغمور أقل من كثافة الماء أو معادلة فإن الجسم يطفو ، وإذا كانت أكبر فإن الجسم يغرق ، لذا فإن قابلية الجسم على الطفو أو الغرق يعتمد على معدل كثافة الجسم .

لوحظ أنه ليس من الضروري للجسم الطافي أن يكون بلا حركة ويوضع موازياً لسطح الماء ، لأن الجسم عندما يطفو فإن وزنه يكون أقل (أو مساوياً) لوزن مساو لحجم من الماء . فإذا كان وزن الجسم (180 باوناً) بعد شهيق عميق وكان حجم الجسم (3 أقدام مكعبة ، وغمر الشخص في الماء فإنه قادر على إزاحة (187.2 باوند) وعليه فإن الجسم سيتعرض إلى قوة تعمل للأعلى مقدارها (7.2 باوند) (187.2 - 180 = 7.2 باوند) ، إن هذه القوة تعمل على رفع جسمه للأعلى بحيث إن جزءاً من جسمه يكون فوق سطح الماء . وبما أن جزءاً من الجسم طفا فوق الماء إذن أصبحت كمية الماء المزاح أقل وبذلك قلت كمية قوة الطفو حتى يصبح وزن الماء المزاح مساوياً إلى 180 باوند . أخيراً فإنه يمكن حساب كثافة الشخص كالآتي :

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الوزن}}{\text{الحجم}}$$

$$= \frac{180}{3} = 60 \text{ باوند/قدم}^3$$

وهي كثافة قليلة إذا ما قورنت بكثافة الماء (62.3) باوند/قدم^3 . وعندما نتكلم عن جسم الإنسان فإننا نتكلم عن المعدل الكلي لكثافة الجسم ولمختلف أنسجة الجسم وأعضائه ومقاطعه ، فالهيكل العظمي أكثر كثافة من الماء بنسبة 50٪ أما العضلات فإنها أكثر كثافة بقليل من الماء ، أما الأنسجة الدهنية فتعد أقل كثافة من الماء وبدون وجود هواء في جسم الإنسان فإن كثافة الجسم تكون أكبر من كثافة الماء ،على أنه يجب الإشارة إلى تغير كثافة منطقة القفص الصدري طبقاً للشهيق والزفير ، حجم الرئتين يزداد عن طريق الشهيق بمقدار (0.15) قدم^3 على الرغم من أن الهواء داخل الرئتين يهمل في

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

هذه الحالة يقدر (0.01) باوند وبذلك نرى أن السيطرة على كمية الهواء داخل الرئتين يعد عاملاً حاسماً في قابلية الطفو .

عند أخذ وضع قياس الطفو والسباح هنا نفرض أن وزنه 180 باونداً والكثافة (6- باوندات/قدم^3) فعند ما يقوم السباح بالزفير القوي داخل الماء فإن كثافته تقل بمقدار (0.15 قدم^3) ، وبذلك يصبح معدل كثافة جسم السباح (63.16 باوند/قدم^3) .

$$\frac{180}{3 - 0.15} = \frac{180}{2.85} = 63.16 \text{ باوند/قدم}^3$$

وبمقارنة معدل كثافة جسمه الآن مع كثافة الماء نجدها أكبر في هذه الحالة نستطيع حساب قوة الطفو إلى الأعلى .

$2.85 \times 62.4 = 177.84$ باوند

وبمقارنة قوة الطفو مع وزن السباح نجدها تقل بمقدار 2.16 باوند .

$180 - 177.84 = 2.16$ باوند

هذه القوة (2.16 باوند) ستعمل على دفع الجسم للأسفل وغرقه ، ويمكن القول إن مجموعة من الأشخاص تحدد قابليتهم على الطفو على كمية الهواء في الرئتين أو عدم وجوده ، وهناك مجموعة من الأشخاص لا تتدخل كمية الهواء داخل الرئتين في تحديد قابلية الطفو لأن كثافة أجسامهم تبقى أقل من كثافة الماء سواء أكانت الرئتين مملؤتين بالهواء أو فارغتين ، ومثل هؤلاء تكثر تراكيب أجسامهم الأنسجة ذات الكثافة القليلة ، وتمتلك النساء نسبة 24٪ من الشحوم ، الرجال (17٪) مما يساعد النساء على سرعة الطفو ، وإن الأشخاص ذوي السمنة لهم قابلية الطفو أكبر من ذوي التركيب العضلي .

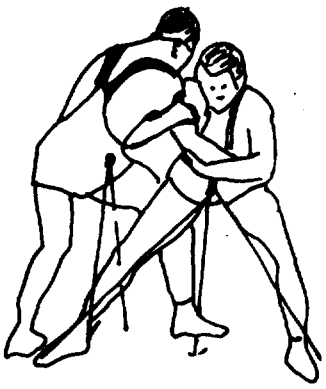
- وضعيات الطفو المختلفة لجسم الإنسان :

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مركز الثقل نقطة وهمية تتوازن حولها كتلة الجسم ، ويمكن اعتبارها النقطة الوهمية التي تعمل خلالها قوة الجذب الأرضي مباشرة ، وهذه النقطة معرضة لتغير موقعها بتغير مواقع الكتل المختلفة في جسم الإنسان .

أما مركز الطوفان فهي نقطة تمثل مركز ثقل حجم الماء المساوي لحجم الجسم المغمور ، ويمكن اعتبارها النقطة التي تعمل قوى الطفو من خلالها .

يقع مركز الطفو أقرب إلى الصدر بينما يحتل مركز ثقل الجسم موقعاً أقرب إلى الحوض .



شكل رقم (132)
عزم الدوران الذي تحدثه الجاذبية

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

نشاهد اللاعب في (أ) عند ابتداء الطفو يتخذ وضعية الاستلقاء في الماء حيث يواجه قوة تعمل للأسفل مساوية لمقدار وزن الجسم ، ويكون خط فعل القوة ماراً في مركز ثقل الجسم . السباح في الوقت نفسه يواجه قوة تعمل للأعلى مساوية في مقدارها وزن السائل المزاح ويكون خط فعلها ماراً بمركز الطفو .

إن خط فعل قوة الجذب (الوزن) يوازي خط فعل قوة الطفو لكنهما يعملان باتجاه معاكس ، فقوة الجذب يكون اتجاهها للأسفل وقوة الطفو يكون اتجاهها للأعلى ، فإذا لم يتطابق خطاً فعلي القوتين (عندما لا يتعامد مركز ثقل الجسم على مركز الطفو) فإن ذراعا القوتين تنشأ بين خطي فعليهما مما يؤدي إلى حدوث ما يعرف ميكانيكا بعزم الدوران (Torque) ، باعتبارها كمية تدويرية فإنها تعمل على تدوير جسم السباح في المستوى الأمامي وحول المحور الجانبي المار في مركز الطفو نحو الأسفل (ب) ، كذلك هناك ميل للجزء العلوي من الجسم للدوران للأعلى وهاتان الحركتان الدائريتان تضعان مركز ثقل الجسم عمودياً تحت مركز الطفو ، وعند حدوث هذا الوضع يتطابق خط فعل قوة الجذب (الوزن) وخط فعل قوى الطفو ويصل الجسم إلى مرحلة الاستقرار في (جـ) .

يجب ملاحظة أن زيادة المسافة الأفقية بين خط فعل قوة الجذب وقوة الطفو تؤدي إلى زيادة كمية الدوران (عزم الدوران) مما يؤدي إلى سرعة كبيرة في دوران الجسم للأسفل . وعليه يمكن السيطرة على تغيير وضعية الطفو بتغير موضع أعضاء الجسم لأجل نقل مركز ثقل الجسم قريباً إلى مركز الطفو لتقليل كمية عزم التدوير .

أما في حالة وقوع مركز الثقل تحت مركز الطفو لنحصل على كمية تدوير يكون مقدارها صفراً .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

قوى الرفع المائية

هي المصدر الرئيسي في توليد قوى الدفع على الأجسام المتحركة في السوائل .

لا تظهر قوى الدفع على كل الأجسام المتحركة في الماء ، ولكي تظهر فإن الجسم المتحرك يجب أن يمتلك شكلاً باتجاه التيار يخلق قوة الرفع كما في يدي الإنسان ورجليه لكن من الضروري أن يتخذ الشكل والوضع نسبة إلى التيار من أجل الحصول على قوة الدفع الضرورية التي ترتبط بزاوية الهجوم (angle of attack) والتي تتشكل بين اتجاه التيار وسطح الجسم ، وكلما كبرت ازدادت قوى المقاومة ، وهذا بدوره يؤدي إلى جعل التيار أكثر اضطراباً مما يساعد على ضياع قوى الدفع لكن من الممكن الحصول على زاوية مناسبة لشكل الجسم وسرعته المعينة . إن قوى الدفع مثل القوى المقاومة ترتبط بالسرعة ، فالجسم الأسرع خلال الماء وبزاوية هجوم معينة يخلق قوى الدفع الأكبر ، وما يجب إدراكه أنه ليس من الضروري أن تكون قوى الدفع باتجاه الأعلى لأن اتجاه قوى الدفع يكون عمودياً على مسار التيار .

إن أهمية الحصول على أقصى قوة باستخدام سطوح عريضة خلال حركات الدفع التي تقوم بها الأطراف ، وكذلك تتم عن طريق إظهار ضغط خلفي لأكبر مسافة كلما أمكن لتقليل القوى غير المرغوب فيها ، وبناء على هذا الأساس فإنه يتحتم استخدام السطح الكلي لليد وبشكل زعنفي مع عدم إدخال الكف للماء بشكل مبكر لأنه يقصر من الضربة .

ويؤدي وضع الجسم (ارتفاعه) في الماء دوراً آخر في تحديد الإنجاز ، فارتفاع الجسم يتعلق بطبيعة طفو السباح وسرعته ، وإن محاولات السباح ركوب سطح الماء برفع الرأس

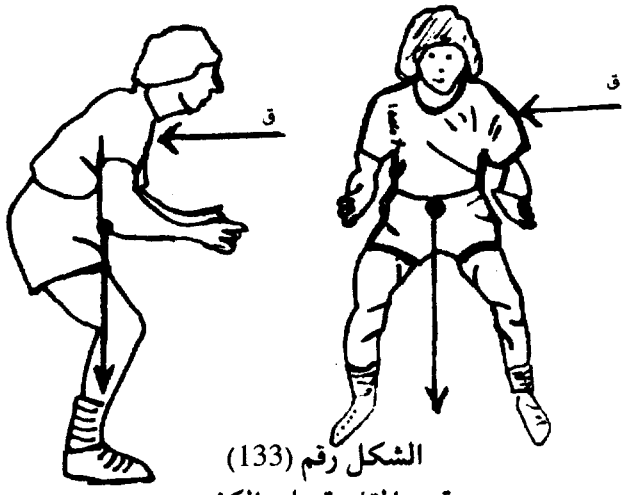
https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

والدفع للأسفل يؤدي إلى زيادة المقاومة على جسم السباح وبخاصة القوى الموجبة للمقاومة .

إن حركة الجسم السريع داخل الماء يترك منطقة ضغط واطئة خلف الجسم تحاول سحب الجسم للخلف ، وللتغلب على هذه المشكلة أو التقليل منها ببقاء القدمين قرب بعضهما أثناء الحركة مع وضع الجسم المغزلي ليقل من تأثير المقاومة .

قوى الدفع

عند دفع الماء بواسطة الكف يلقى الكف مقاومة من الماء ، في هذه الحالة تنشأ منطقة ضغط عال في واجهة الكف ومنطقة ضغط واطئ في ظهر الكف ، حيث يكون تأثير قوى (الضغط) أكثر تأثيراً من مقاومة السطح وقوى الاحتكاك (لاحظ الشكل أ + ب) يوضح مقاومة على اليد في حالة حركتها إلى الخلف خلال الماء بحيث إن تيار الماء يكون عاملاً بشكل مباشر على الكف ، أما (جـ) فيوضح أن مركبة القوى هنا هي الوحيدة التي تعمل على اليد في الاتجاه الأمامي في حالة حركة اليد للخلف بشكل مائل فتقلل من اتجاه المقاومة الأمامية العاملة على الكف .



الشكل رقم (133)
قوى المقاومة على الكف

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

قوة الدفع هي القوى التي تظهر على الجسم المتحرك خلال السوائل وبزاوية هجوم صغيرة . إن اتجاه قوى الدفع تكون عمودية على اتجاه تيار الماء الذي تتحرك فيه اليد التي تعد شكلاً مستدقاً ومناسباً في إظهار قوة الدفع في الماء والتي يشعر بها السباح كقوى ضغط تعمل على الكف .

إن قوى الدفع التي يواجهها من اليدين ترتبط بمنطقة الضغط الواطئ خلف اليد وكذلك الضغط العالي على الكف ، هذه القوى الدافعة المتجهة لحركة اليدين في الماء تستخدم بكفاية عالية لتحريك الجسم للأمام حتى بدون استخدام الرجلين ، إن القوى المسلطة على الكف تخدم كمقبض ثابت ، وبسبب ارتباط الذراع بوحدة الجسم كله عن طريق الكتف فإن العضلات الضامة للكتف تتقلص للمحافظة على وضعية الجسم والذراعين بحيث إن الأكتاف لا يمكنها القيام بحركة الأبعاد لأكثر من ذلك وبذلك يستند الرأس فوق سطح الماء .

أما الرجلان فإن حركة الدفع تمكن قوى المقاومة للعمل باتجاه أمامي ضد القدمين والساقين عند حركتهما للخلف ، وهذا يوضح حركة الساقين بالنسبة للجسم وليس بالنسبة للماء .

تتحرك الرجلان بحيث إن تيار الماء عبرهما يمر باتجاه أمامي أي باتجاه حركة السباح . وإن حركة الساقين تكون مرتبطة بحركة الجسم للأمام ، وعليه فإنها ستواجه تيار الماء الخلفي لحركة الجسم كله ، وفي الوقت نفسه فإن حركة الرجلين تكون شبيهة بذيل السمكة في الماء .

أما الجسم الذي يشكل كتلة مركزية للاستقرار والأقل حركة عدا الثني الجانبي والتدوير حول المحور الطولي فإن مركبة التيار الخلفية هي نتيجة سحب الساق للأمام بواسطة الجسم المتحرك .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

مما تقدم نجد أن الحركة أثناء السباحة تكون نتيجة قوتين تؤثران على السباح أولاهما قوة الدفع إلى الأمام وهذه تتأتى رد فعل للحركات التي يؤديها بأجزاء جسمه داخل الماء ، أما القوة الأخرى فتتمثل بمقاومة الماء ويكون اتجاهها عكس اتجاه السباح .

إن الحركات الأساسية التي يقوم بها السباح داخل الماء تعتمد على اندفاعه إلى الأمام وهي عبارة عن حركة جزءين رئيسيين في الجسم هما الذراعان والرجلان ، وتختلف الدراسات حول الأهمية النسبية لكل من الذراع والرجل في توليد قوة الدفع ، وبشكل عام تنتج عن حركة الذراع حيث يكون لحركتها الزاوية نتيجة وضعها في الماء أثر أكبر في الحركة الزاوية للرجل في اندفاع الجسم للأمام . هناك تناسب بين سرعة الذراع وسرعة اندفاعها ، وهذا يتوقف على السرعة الزاوية للذراع ، ففي حالة بقاء نصف القطر ثابتاً فإن زيادة سرعة السباح تحتاج إلى زيادة السباحين ذي الأذرع الطويلة على الرغم من أنه يبذل قوة أكبر نتيجة قوة المقاومة التي تتلقاها الذراع من الماء نتيجة السحب .

إن تأثير قوة المقاومة في الجسم تختلف من حيث اتجاهها فبالنسبة إلى حركة الذراع تكون مقاومة الماء عمودية لفترة طويلة أثناء حركتها في الماء ، أما تأثير مقاومة الماء على الرجل فتكون أقل لكونها ماثلة مع المحور (الرجل) . أما أهم المؤثرات في سرعة السباح فهي تكرار الضربة وطولها . لكن تتمثل أهم المقاومات في :

1- السرعة النسبية بين الجسم والسائل .

2- شكل الجسم داخل الماء .

3- تركيب سطح الجسم .

4- ضغط السائل .

5- درجة الحرارة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الفصل الثاني

الأسس الميكانيكية وتطبيقاتها في رياضة السباحة

1- أسس المقاومة والدفع .

2- قوى الإعاقة المائية .

3- تأثير السرعة في احتكاك السوائل .

4- مساحة السطح وتركيبه في مقاومة السطح .

5- تأثير الضغط ودرجة الحرارة .

1- أسس المقاومة والدفع :

تعتمد حالة الجسم الحركية سواء زادت الحركة أم قلت على كمية القوة المطبقة على الجسم وهناك نوعان من القوة :

1- القوى المعيقة .

2- القوى الدافعة .

هاتان القوتان يتم خلقهما أثناء حركة السباح في الماء ، وهما تواجهان السباح وحتى الجسم المتحرك في الهواء ، لكن اختلاف كثافة الماء تولد قوى إعاقة ورفع أكبر مما في الهواء .

2- قوى الإعاقة المائية :

أ- سطح الإعاقة (الجلد) :

يشار إلى هذا المصطلح بالاحتكاك الجلدي وهو عبارة عن قوة مقاومة يسببها انسياب الماء إلى الخلف وعلى طول سطح الجسم المتحرك للأمام على سطح الماء ، وعند مقارنة

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

5- تأثير الضغط ودرجة الحرارة :

كلما ازدادت الكثافة والضغط تزداد المقاومة الواقعة على جسم السباح ، أما درجة الحرارة التي تتولد بين الجسم والسائل فإنها تجعل الماء أقل لزوجة فتقل المقاومة إذا تحرك الجسم بالسرعة نفسها في وسطين أحدهما بارد والآخر دافئ فالمقاومة في الماء البارد أكبر .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

الباب السادس

المبادئ الحركية والقواعد الميكانيكية

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

فمن المعلوم بأن توفير قوة دفع إذا أريد لكتلة الجسم أن تتحرك بسرعة معينة فإن :

القوة الزمنية = الكتلة × السرعة

وبما أن غرضنا الحصول على زيادة في زخم الجسم المندفع كي يستفاد من ذلك الزخم في زيادة المسافة التي يقطعها الجسم عمودياً أو أفقياً ، وبما أن القوة المتوفرة لدى الرياضي ثابتة ، لذا يجب أن يكون زمن استخدام القوة طويلاً نسبياً كي يساعد ذلك على زيادة زخم الجسم . ولا بد أن نلاحظ هنا أن زيادة الزمن لا يعني التقلص البطيء للعضلة ولكن يجب أن يكون التقلص العضلي بأقصى سرعته وخاصة في الحركات السريعة .

إن حجم دفعة القوة يمكن ملاحظتها في المساحة التي يحصرها الخط البياني ، فكلما كانت هذه المساحة كبيرة كانت دفعة القوة كبيرة في القفز عالياً بدون فترة تحضيرية ثم بفترة تحضيرية .

فعند القفز عالياً بدون فترة تحضيرية من ثني الركبتين (ثبات) تظهر دفعة معينة تقاس من المساحة المحصورة لمنحنى «القوة- الزمن» .

أما عند القفز عالياً بفترة تحضيرية بثني والحركة إلى الأسفل تؤدي إلى دفعة قوة باتجاه التعجيل التناقصي (السالب) (تحت الخط البياني) وفي نهايته تكون سرعة الهبوط في أقصاه لأجل توقف سرعة الهبوط وبقوة إلى الأعلى ، عند أقصى ثني للركبتين يزداد التعجيل إلى أقصاها ونلاحظ كبر مساحة ما تحت المنحنى مقارنة بالشكل الأول (بدون فترة تحضيرية) والتي توضح من خلال إنتاج أقصى قوة ممكنة لمقاومة وزن الجسم والقصور الذاتي . وتشير المصادر إلى أن نسبة التوقف إلى المساحة الكلية للقوة الايجابية (فوق خط الوقت) تشكل 15-45٪ . مما تقدم نستنتج :

1- كل حركة يجب أن يكون لها فترة تحضيرية إذا أريد لها أن تكون اقتصادية .

2- إذا كانت مسافة التعجيل محددة فيلزم أن يكون تأثير القوة كبيراً من البداية إلى نهاية الحركة للحصول على مساحة كبيرة .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

3- تعمل الجاذبية الأرضية على هبوط الجسم إلى الأسفل .

4- تعمل القوة العضلية على إيقاف الهبوط ويكون تأثير القوة عكس اتجاه الجذب الأرضي وتسمى قوة البداية .

5- ملاحظة انسيابية حدوث الانتقال في الثني إلى المد .

ثانياً- المسافة المناسبة للتعجيل :

ينطبق على الحركات الرياضية ذات السرعة العالية :

1- أن العمل المطبق والسرعة النهائية متعلقان بالتعجيل من خلال :

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

أي كلما كان الثني كثيراً كانت المسافة للقفز إلى الأعلى أعلى حيث إن توافق العمل العضلي بين أجزاء الجسم المختلفة تؤدي إلى وصول مركز الثقل إلى سرعته القصوى ، ومن الأسس الميكانيكية نجد أن نهاية القصوية تعني أن التعجيل = صفراً أي ينتهي تأثير القوة كما في رمي الرمح أو الثقل أو دفعه باستخدام اليد أو القدم ، فعند رمي رمح يجب أن يكون هناك توافق حركي يحدث تأثيراً في قوى العضلات المادة للأطراف السفلى زمنياً مع تلك التي تعمل على تحريك الرمح أي عضلات الطرف العلوي في زمن واحد وبانسيابية مع توجيه السرعات المختلفة إلى اتجاه واحد (الرمي) .

ولو قام لاعب بأداء حركة الوثب بالقدمين للأعلى من الوقوف فإننا نجد أن المرجحة تساعد حركة الطرف السفلي للجسم ولإتمام ذلك على وجه كامل إذا كان امتداد المفاصل في الركبة والحوض ينتهي عنده تأثير القوى مع وصول سرعة مركز ثقل الذراعين في الصعود لأعلى إلى أقصى درجة ، بمعنى وصول القوة العضلية التي تعمل على تحريك باقي الجسم بتعجيل عن طريق مد المفاصل إلى الأعلى .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

المصادر

1- بسطويس أحمد : أسس نظريات الحركة ، دار الفكر العربي (1996) .

2- جير وهوخموث : الميكانيكا الحيوية (ترجمة كمال عبد الحميد) (1977) .

3- حسام طلحة : العلوم التشخيصية للحركة ، دار المعارف (1995) .

4- حسام الدين طلحة : كينسلوجية الرياضة ، دار الفكر العربي (1996) .

5- صائب العبيدي وآخرون : البيوميكانيك . الموصل (1991) .

6- سمير مسلط الهاشمي : البيوميكانيك في المجال الرياضي ، بغداد (1988) .

7- سمير مسلط الهاشمي : الميكانيكا الحيوية ، بغداد (1991) .

8- سوسن عبد الحميد وآخرون : البيوميكانيك في المجال الرياضي ، دار المعارف (1977) .

9- قاسم حسن حسين وآخرون : تحليل الميكانيكا الحيوية في فعاليات ألعاب السباق والميدان (1991) .

10- قاسم حسن حسين : التحليل الحركي في القفز العالي ، بغداد (1990) .

11- قاسم حسن حسين ونزار الطالب : الأسس النظرية والميكانيكية في تدريب الفعاليات العشرية للرجال والخماسية للنساء ، 1979 .

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

12- عبد علي نصيف وآخرون : البايوميكانيك ، بغداد (1972) .

13- محمد عادل رشدي : أسس التدريب الرياضي ، ط2 ، طرابلس (1982) .

14- محمد عادل رشدي ، محمد صبحي حسانين وآخرون : القوام السليم للجميع ، ط1 ، دار الفكر العربي (1995) .

15- وجيه محجوب وآخرون : التحليل الحركي ، بغداد (1982) .

16- لؤي العميدي : البيوميكانيك والرياضة ، الموصل (1987) .

17- Cooper, John. M and others: Track and Field For Coach and athlete, 2nd ed, (New Jersey, 1970).

18- Cooper, Johnt. H: Kinesiology of high Jumping. Biomech anics of sports. Thomas, P, Martin (State University of New York, 1976).

19- Cretez Meyer and others: Track and Field Athletics, 8th ed, the C.V. (Mosby Company, Saint Louis, 1974).

20- Dapena, Jesus: Some New throughts on high Jumping, No 88, Congress of Europena Athletics Coaches Association, (England, 1983).

21- Dehert, Ken: Track and Field omnibook, 2nd ed (Published by Tafnews press, California, 1976).

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية

www.hollanduniversity.org

22- Dyson, geoffery: The Mechanics of Athletics, (Holmes and Meier Publishers, New York, 1977).

23- Empfehlungen: Fúr Die Beretung und Zensierungim Sehulsport Voik und Wissen Voikseigener, (Varlage, Berlin, 1984).

https://www.facebook.com/mawso3aegypt/ موسوعة التربية الرياضية بجمهورية مصر العربية