اذا كانت القوة متجهة بشكل افقي مع الأفق فان الزاوية بين المتجه والأرض تكون (صفر درجة) وان جيب تمام (صفر درجة هي 1) مما يعني ان القانون يصلح حتى بدون كتابة الدالة (جيب تمام) ، اما اذا كانت القوة عمودية مع الأفق كما في القانون الثاني فان جيب الزاوية (90 درجة هي 1) فيصلح القانون حتى بدون كتابة الدالة (الجيب) ، ولكن يجب توافر مصطلحات مثلا (الى الامام) او (بالاتجاه الافقي) او (الى الأعلى) او (بالاتجاه العمودي) ، اما اذا توفرت زاوية فالعملية تحتاج الى إيجاد قيمة الدرجة

مثال: احسب الشغل المنجز لدفع ثقل مقداره (1000 نيوتن) في تمرين دفع الثقل (البينج بريس) الى مسافة (0.30 متر).

الشغل = القوة × المسافة

الشغل = 1000 × 0.30

الشغل = 300 جول ، ويطلق عليه بالشغل الايجابي لان اتجاه القوة المسلطة على الثقل تكون باتجاه حركة الثقل وبعكس اتجاه الجذب الأرضي

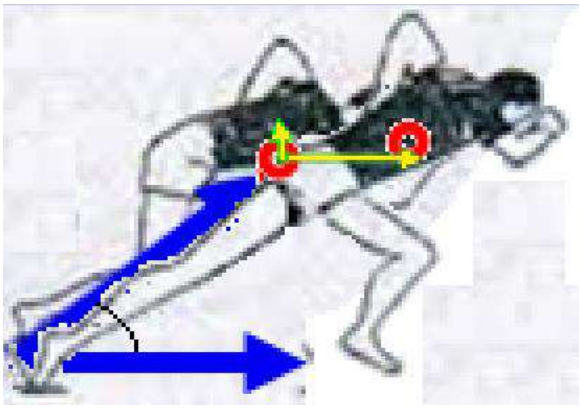
مثال:احسب الشغل المنجز لخفض ثقل مقداره (1000 نيوتن) في تمرين دفع الثقل (البينج بريس) الى مسافة (0.30متر).

الشغل = القوة × المسافة

الشغل = 1000 × 0.30

الشغل = - 300 جول وهنا نضع علامة السالب للدلالة على ان الحركة كانت بعكس الحركة الاصلية ومع اتجاه الجذب الأرضي.

مثال : ينطلق عداء كتلته (70كغم) من مسند البداية بزاوية (35 درجة) احسب الشغل المنجز اذا علمت ان مركز ثقله ينتقل الى (الامام) بمقدار (0.20 متر) وان (جا 35= 0.57 و جتا 35 = 0.82).



بما ان اتجاه الشغل المنجز نحو الامام فنستخدم قانون

الشغل = القوة × جيب تمام × الازاحة

نحول الكتلة الى وزن حتى نحول وحدة الكيلوغرام الى وحدة النيوتن (70 × 9.81 = 686.7 نيوتن)

الشغل = 686.7 × 0.82 × 0.20

الشغل = 563.1 × 0.20

الشغل = 112.6 جول المنجز لدفع الجسم نحو الامام

ولحساب الشغل المنجز عمودياً

الشغل = 686.7 × 0.57 × 0.20

الشغل = 391.4 × 0.20

الشغل = 78.3 جول جول المنجز لدفع الجسم نحو الاعلى

ويلاحظ بان الشغل المنجز لدفع الجسم نحو الامام اكبر من الشغل المنجز لرفع الجسم بسبب صغر الزاوية وهذا الأداء الصحيح اثناء الانطلاق اذ يجب ان يحافظ العداء على اتجاهه الافقي لكي لا يخسر قوته.

(138)

المبحث الخامس

القدرة (Power)

ان الذي يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار وفي كثير من الفعاليات في مجالنا الرياضي هو ليس التفاضل بين مقدار الشغل المنجز، ولكن بالزمن الذي انجز فيه هذا الشغل، فالذي ينجز الشغل بفترة زمنية اقل افضل من الذي ينجز الشغل نفسه ولكن بفترة زمنية اطول حيث يطلق على العلاقة بين الشغل والزمن بالقدرة، وعليه فيمكننا تعريف القدرة ميكانيكيا بانها **القابلية على انجاز شغل خلال زمن معين**. أي ان:

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

ويمكننا من القانون أعلاه اشتقاق مجموعة قوانين وهي :

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

ووحدة القدرة هي الواط

$$\text{الواط} = \frac{\text{نيوتن} \times \text{متر}}{\text{ثانية}}$$

ويمكننا اشتقاق قانون اخر في إيجاد القدرة بدلالة السرعة

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

القدرة = القوة × السرعة

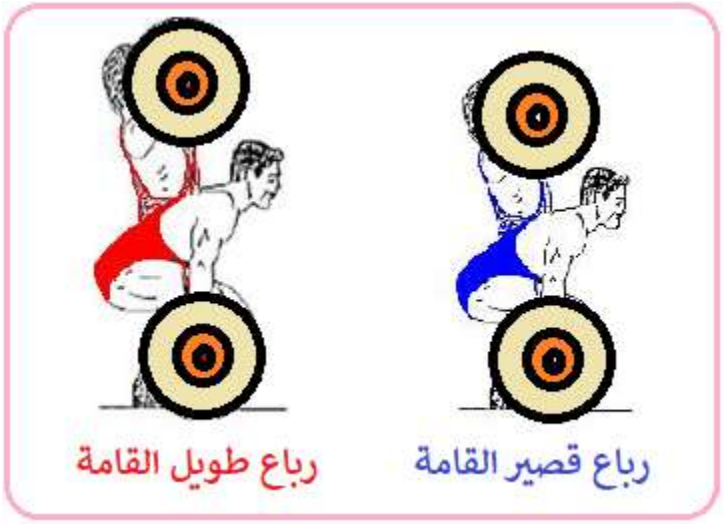
ويمكن اشتقاق قانون اخر في إيجاد القدرة بدلالة التعجيل

القدرة = الكتلة × التعجيل × السرعة

ان الانجاز الجيد يعتمد على القدرة التي تعني **(معدل الشـــغل المنجز خلال فترة زمنية معينة)** كما وتعني قابلية الرياضي على اســـتخدام قوته بوقت ومســـافة محددتين (وقت قصـير – مســافة كبيرة) فالقدرة هنا تكون اعظم اذا ما اســتخدمت القوة لمسافة طويلة ولفترة زمنية قصيرة او كليهما.

ان عاملي القوة والسرـــعة يلعبان دورا كبيرا في تحديد قيمة القدرة ولا يمكن الفصـــل بينهما عند دراســـة القدرة وعلى هذا الاســـاس وبســـبب كون الرمح خفيف بالمقارنة مع أداة الثقل فان رامي الرمح يركز على السرعة اكثر من القوة في رميه في حين يركز رامي الثقل على القوة في رمي الثقل بسبب ثقل الاداة.

ان تقنين الشـــدة في رياضـــة رفع الاثقال لا يعتمد على مقدار الثقل المرفوع فقط وإنما على سرعة رفعه أيضا ، ولكن ما هي السرعة المطلوبة ؟ وربما يمتلك الربّاع الطويل سرعة اكبر من الرباع القصير لرفع الثقل، أي إذ كان المطلوب من الرباع القصير التغلب على مســـافة رفع الثقل في اقل زمن ممكن فان على الرباع الطويل ان يتغلب على المســـافة التي تم تحديدها بســـبب طوله في نفس اقل من زمن الرباع القصـــير ليمتلك القدرة نفسها.



الشكل (2-49) يوضح مقارنة بين لاعبين مختلفين في الطول عند رفع الثقل

مثال (تغير القدرة بسبب تغير الزمن)

قارن قدرة الطالب (أ) الذي (طوله 1.70متر) يرفع ثقل مقداره (65كغم) الى مسافة (2.10متر) فوق رأسه في زمن قدره (2 ثانية) ، مع الطالب (ب) بنفس الطول والثقل المرفوع ولكنه يرفع الثقل بزمن قدره (2.50ثانية) ، وناقش النتائج.

نحتاج الى القانونين الاتيين:

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

بما ان القوة وحدتها في القانون بوحدة النيوتن وفي السؤال بوحدة الكيلوغرام فيتم تحويله بضربه بقيمة الجذب الأرض البالغة (9.81نيوتن)

الشغل(أ) = $65 \times 9.81 \times 2.10$

الشغل(أ) = 1339.1 جول

الشغل(ب) = $65 \times 9.81 \times 2.10$

الشغل(ب) = 1339.1 جول

المناقشة : نلاحظ ان كمية الشغل المنجز هي نفسها لان الثقل المرفوع نفسه والمسافة نفسها ، وبذلك لانستطيع من خلال مصطلح الشغل ان نحكم أي من الطالبين افضل من الاخر.

$$\text{القدرة(أ)} = \frac{1339.1}{2} \qquad \text{القدرة(أ)} = 669.6 \text{ واط}$$

$$\text{القدرة(ب)} = \frac{1339.1}{2.5} \qquad \text{القدرة(ب)} = 535.6 \text{ واط}$$

المناقشة : نلاحظ ان الطالب (أ) يمتلك قدرة افضل من الطالب (ب) بسبب رفعه الثقل باقل زمن.

مثال (تغير القدرة بسبب تغير الطول)

قارن قدرة الطالب (أ) الذي (طوله 1.70متر) يرفع ثقل مقداره (65كغم) الى مسـافة (2.10متر) فوق رأسـه في زمن قدره (2 ثانية) ، مع الطالب (ب) الذي طوله (1.80متر) يرفع نفس مقدار الثقل الى مسـافة (2.20متر) بنفس زمن الطالب (أ) ، وناقش النتائج.

نسـتخدم نفس القانون في المثال أعلاه ، وبما ان وحدة القوة في القانون هي النيوتن وفي السؤال بوحدة الكيلوغرام فيتم تحويله بضربه بقيمة الجذب الأرض

الشغل(أ) = 65 × 9.81 × 2.10

الشغل(أ) = 1339.1 جول

الشغل(ب) = 65 × 9.81 × 2.20

الشغل(ب) = 1402.8 جول

المناقشـة : نلاحظ ان فرق الارتفاع متسـاوي عند الطالبين فالاثنين يرفعون الثقل الى مسـافة (0.40متر) ولكن كمية الشـغل المنجز لدى الطالب (ب) اكبر من الطالب (أ) وذلك لان الطالب (ب) يرفع الثقل الى مسـافة ابعد من الطالب (أ) لان الطالبين يرفعان الثقل من الأرض . وهذا يعني ان قانون الشـغل يتأثر بالمسـافة عند ثبات الوزن.

$$\text{القدرة(أ)} = \frac{1339.1}{2} \quad \text{القدرة(أ)} = 669.6 \text{ واط}$$

$$\text{القدرة(ب)} = \frac{1402.8}{2} \quad \text{القدرة(ب)} = 701.4 \text{ واط}$$

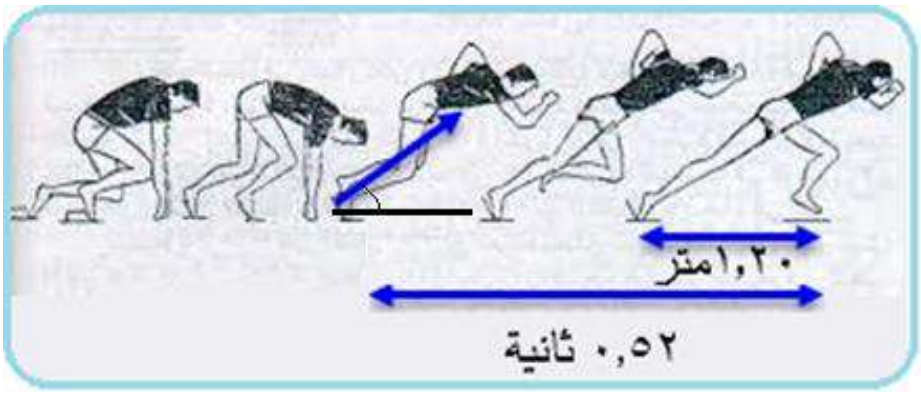
المناقشـة : نلاحظ ان الطالب (ب) يمتلك قدرة افضـل من الطالب (أ) بسـبب قدرته على رفع الثقل الى مسافة ابعد بنفس زمن الطالب (أ) أي انه يبذل شغل اكبر في نفس زمن الطالب (ب) الذي يبذل شغل اقل.

مثال : ينطلق عداء كتلته (70كغم) من مسند البداية بزاوية (35 درجة) فيخطو بمقدار (1.20 متر) في زمن قدره (0.52 ثانية)
وان (جا 35= 0.57 و جتا 35 = 0.82).

بما ان اتجاه الشغل المنجز نحو الامام فنستخدم قانون
الشغل = القوة × جيب تمام × الازاحة
نحول الكتلة الى من وحدة الكيلوغرام الى وحدة النيوتن
الوزن = الكتلة × التعجيل
الوزن =70 × 9.81 = 686.7 نيوتن
الشغل = 686.7 × 0.82 × 1.20
الشغل = 563.1 × 1.20
الشغل = 675.1 جول المنجز لدفع الجسم نحو الامام بمقدار (1.20 متر)
ولحساب القدرة

$$\text{القدرة(أ)} = \frac{675.1}{0.35} \quad \text{القدرة= 1928.9 واط}$$

اما اذا زاد الزمن الى اكثر من هذا الرقم فان القدرة تقل كون الزمن في المقام مما يعني ان القدرة تتناسب عكسيا مع الزمن حالها حال القوة



شكل (2-50) يوضح الانطلاق من مسندي البداية

(144)

المبحث السادس

الطاقة (Energy)

وتعني **(قدرة الجسـم على انجاز شـغل ما)** . والطاقة لا تخلق من العدم ولا تفنى ويمكن تحويل الطاقة من شـكل الى اخر ، وهناك اشـكال متعددة للطاقة والذي يهمنا في هذا المجال هو **الطاقة الميكانيكية (الحركية)** و**الطاقة الكامنة** ... فعند اداء الرياضي لحركة معينة فأنه يمتلك طاقة ميكانيكة وتختلف هذه الطاقة باختلاف وضـعه اثناء الحركة فعندما يكون الجسـم في حالة حركة فانه يمتلك طاقة تدعى بالطاقة الحركية ويختلف مقدار هذه الطاقة تبعا لاختلاف كتلة الجسـم المتحرك وسرعته اثناء الاداء ، وان الطاقة الحركية للجسـم اثناء حركته الخطية تختلف عن طاقة الجسم اثناء الحركة الدائرية . وقانونه:

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

او

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

وتقاس الطاقة بوحدات الكتلة (كيلوغرام) ووحدات السرـعة (متر\ثانية) وتسـمى بـ(الجول) أي وحدة قياس الشغل نفسها.

$$\text{ط}_\text{ح} = \frac{1}{2} \times \text{ك} \times \text{س}^2$$

كما ويمكن توضـيح درجة الاختلاف في مقدار الطاقة التي يمتلكها الجسـم في الحركات الخطية كما هو عليه في الحركات الـدائرية ، فنجـد اثناء الركض (الحركة الخطية) ان سرعة كل جزء من اجزاء جسـمه يتحرك بسرـعة اجزاء الجسـم الاخرى ،

واذا رمزنا لكل جزء برقم ما ، فان الطاقة الحركية لكل جزء يحمل رقما معينا وهي الطاقة (1) ، والطاقة (2) والطاقة (3) ... وهكذا وحيث ان الطاقة الحركية للجسم ككل تعادل مجموع الطاقة الحركية لاجزاءه ، لذلك يمكننا الحصول على الطاقة الحركية الكلية وفقا للعلاقة التالية :

الطاقة الحركية الكلية = ط$_{ح1}$ + ط$_{ح2}$ + ط$_{ح3}$

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

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

$$\text{ط}_{ح} \text{ الدورانية} = \frac{1}{2} \times \text{ك} \times \text{نق}^2 \times \text{سز}^2$$

ويلاحظ بان

عزم القصور الذاتي = الكتلة × (نصف القطر)^2

مثال : لوحظ ان عداء يركض احدى اجزاء السباق بسرعة قدرها (10 م\ثا) ، علما ان كتلته (86 كغم) ، احسب طاقة حركته.

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

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{86 \times (10)^2}{2}$$

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{8600}{2}$$

الطاقة الحركية = 4300 جول

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

وكذلك في الحالة التي يحاول فيها لاعب الكرة الطائرة بأداء مهارة الضرب الساحق فانه يتحرك حركة عمودية الى الاعلى بطاقة حركية الا ان سرعته تبدأ بالتناقص التدريجي حيث تقل طاقته الحركية تدريجيا وتصل الى درجة الصفر في اعلى نقطة يصلها جسمه وبعدها تتحول الطاقة الحركية الى طاقة مخزونة في الجسم في تلك النقطة فيستطيع استخدامها في اداء الضرب الساحق. ويمكن استخراج قيمة الطاقة الكامنة من خلال العلاقة التالية :-

الطاقة الكامنة = وزن الجسم × الارتفاع عن سطح الارض

ط$_ك$ = و × ع

مثال : احسب الطاقة الكامنة للاعب الكرة الطائرة كتلته (80 كغم) ويرتفع مركز ثقله عن الأرض بمقدار (40 سم) لحظة الضرب الساحق.

يتم تحويل الكتلة الى وحدة النيوتن ووحدة السنتيمتر الى المتر

الطاقة الكامنة = (80 × 9.81) × (40 ÷ 100)

طك= 784.8 × 0.40

طك= 313.9 جول

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

ومن اشكال الطاقة الكامنة الطاقة الكامنة المطاطية والطاقة الكامنة للجاذبية الارضية . فعلى سبيل المثال ان هبوط اللاعب على (الترامبولين) يؤدي الى تقعر جلدة الترامبولين نتيجة المطاطية التي تمتلكها المادة ويؤدي ذلك الى اتساع مساحة رقعة الترامبولين . ان هذا التقعر ما هو الا عملية خزن للطاقة اي تحويل الطاقة الحركية الى طاقة كامنة ، وعندما يبدأ اللاعب بالصعود الى الاعلى فأن الطاقة التي تم خزنها في الترامبولين تتحرر الى شكل طاقة حركية تساعد على قفز اللاعب عاليا بشكل اقوى .



الشكل (2-51) يوضح الطاقة الكامنة المطاطية في مسابقات التزامن على الترامبولين

ان المثال الشـائع في المجال الرياضي هو الاسـتفادة من الطاقة المخزونة في عصـا الزانة ليستفاد منها اللاعب في ارتفاعه.



الشكل (2-52) يوضح عصا الزانة كمثال للطاقة الكامنة

(150)

المبحث السابع

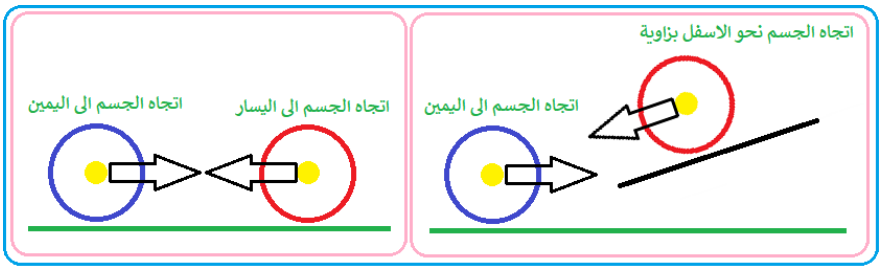
التصادم والارتداد (Collision and Rebound)



الشكل (2-53) يوضح الاصطدام في لعبة الركبي (كرة القدم الأمريكي)

ان كثيرا من الحركات في المجال الرياضي تخضع الى اسس التصادم والارتداد سواء كان بجسم اللاعب نفسه مثلما تحدث في العاب هوكي الجليد او الركبي او بأجزاء منه او بالأدوات التي يستخدمها اثناء ادائه للفعالية او للمهارة الرياضية ، و يمكن تقسيم التصادم الى :

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



شكل (2-54) يوضح التصادم المباشر وغير المباشر

ان امثلة التصـادم والارتداد كثيرة في المجال الرياضي ... ففي كرة السـلة مثلا تعد المناولة المرتدة احد اشـكال التصـادم بين الكرة والارض وارتدادها ثانية باتجاه الزميل ، كما ان اسـتقبال الارسـال او الدفاع في الكرة الطائرة تعد موضـوعاً مهما للارتداد ، فان أي خطأ في تسـاوي الارتداد من الذراعين قد يوجه الكرة الى مسـار مختلف.



شكل (2-55) يوضح الاصطدام والارتداد في الكرة الطائرة

ان قوة التصـادم هي عبارة عن القوة التي ترتطم بها الكرة بالارض ، اما القوة التي تعيد الكرة الى وضعها الاصلي بعد حدوث التغيير في شكلها نتيجة التصادم فانها تدعى قوة الارتداد ، ويمكننا توضـيح ذلك من خلال التصـادم بين المضرب والكرة ، فان قوة المضرـب على الكرة تكون بمثابة قوة الفعل ، اما عملية اسـتعادة الكرة الى وضعها تكون بمثابة قوة رد الفعل التي ترد فيه الكرة على المضرب .



الشكل (2-56) يوضح تحول كمية الحركة من جسم الى اخر

فلو اخذنا على سبيل المثال التصادم الحادث بين مضرب التنس والكرة ، فمن المعروف ان كلا من المضرب والكرة يمتلكان كمية حركة معينة هي عبارة عن كتلتيهما في سرعتيهما ، فلو فرضنا ان كتلة المضرب ($ك_1$) وسرعته قبل التصادم ($س_1$) وكتلة الكرة قبل التصادم ($ك_2$) وسرعتها ($س_2$) فان مجموع كمية حركتيهما = ك1س1+ك2س2 . ولكن الذي يحدث بعد التصادم هو تغير سرعة المضرب والكرة حيث تكون سرعة المضرب ($س_3$) وسرعة الكرة ($س_4$) فان مجموع كمية حركتيهما = $ك_1س_3+ك_2س_4$ ... وما يجب الانتباه اليه هو ان مقدار ما يفقده المضرب من كمية الحركة اثناء اصطدامه بالكرة تكسبها الكرة اذ ينص قانون حفظ الزخم على (ان كمية حركة الاجسام الكلية عند تأثير بعضها في بعضها تكون ثابتة) وعليه فان :-

كمية الحركة قبل التصادم = كمية الحركة بعد التصادم

$$ك_1 س_1 + ك_2 س_2 = ك_1 س_3 + ك_2 س_4$$

ويعرف **معامل الارتداد** بانه النسبة بين سرعة الجسمين بعد التصادم الى سرعتيهما قبل التصادم.

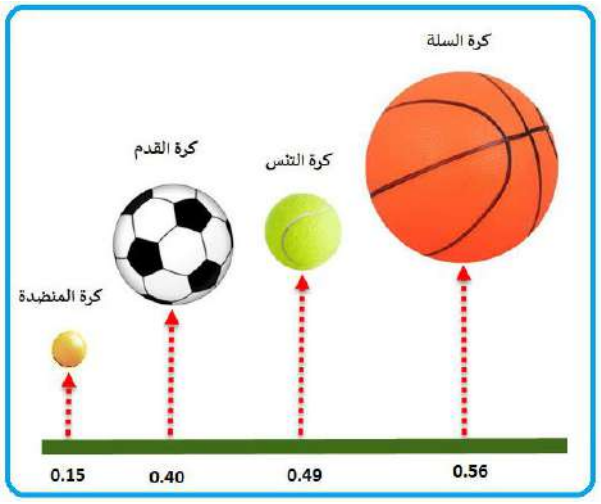
$$\text{معامل الارتداد} = \frac{\text{السرعة بعد التصادم}}{\text{السرعة قبل التصادم}} \quad \text{أي} \quad \frac{س_{ن1} - س_{ن2}}{س_{أ1} - س_{أ2}}$$

حيث ($س_{ن1}$) تعني السرعة النهائية للجسم الأول و ($س_{ن2}$) تعني السرعة النهائية للجسم الثاني

ويمكن صياغة المعادلة بالنسبة للارتفاعات القبلية والبعدية بما يلي :-

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

ويتراوح معامل الارتداد (صفر - 1) فاذا كانت سرعة الجسم بعد الاصطدام (الارتداد) هي نفسها قبل التصادم فان النتيجة ستكون (1) وهذا يعني ان الجسمين في حالة اصطدام **مرن** (كمية الحركة ستكون متساوية قبل وبعد التصادم وارتفاع الارتداد سيكون نفس ارتفاع السقوط) ، وعندما تكون النتيجة اقل من (1) فهذا يعني ان السرعة بعد التصادم كانت اقل من السرعة قبل التصادم أي ان الجسم فقد من سرعته عندئذ يسمى معامل الارتداد لجسمين كانا في حالة اصطدام **غير مرن** .



شكل (2-57) يوضح معامل الارتداد لبعض أنواع الكرات في المجال الرياضي

ففي مجال علوم الرياضة يمكننا ان نصل الى تعريف بسيط لكل نوع من أنواع التصادم على وفق كتلة وسرعة الاجسام (كمية الحركة) وهي:

1. التصادم المرن (Elastic Collision) : وفيه لايحدث فقدان في الطاقة الحركية أي ان ما يمتلكه الجسمان قبل التصادم تساوي قيمها بعد التصادم ويكون الزخم للأجسام قبل التصادم تساوي الزخم بعد التصادم ، ومن امثلة التصادم

المرن كرات البلياردو التي تصطدم بعضها بالبعض الاخر ، الكرة في لعبة تنس الطاولة ، الكولف ، الهوكي.

2. التصادم غير المرن (Inelastic Collision) : وفيه يحدث فقدان في الطاقة الحركية واختلاف في مقادير الزخم بعد التصادم بسبب تشوه الأدوات اثناء ضربها مثل اصطدام الكرة بالأرض في مهارة الضرب الساحق بلعبة التنس الأرضي اذ نشاهد ان الكرة ستتشوه ثم تستعيد نفسها ، فالأجسام المتصادمة تفقد سرعتها وطاقتها الحركية ، وكذلك عندما يتم نطح الكرة بالرأس او ركلها بالقدم في كرة القدم اذ يلاحظ جزء من الكرة قد تشوهت ثم تستعيد نفسها .

ويستفاد من قانون معامل الارتداد في فحص قانونية الكرة المستعملة من خلال كمية الهواء المضغوطة في الكرة بعد اسقاطها من ارتفاع لترتد الى ارتفاع معين محسوب سابقاً



شكل (2-58) يوضح التصادم غير المرن في لعبة كرة التنس

وهناك حالات مهمة جدا في مجال علوم الرياضة عندما يكون الجسمين متحركان في اتجاهين متعاكسين ليحققا تصادما وبعد ذلك يسيران بنفس الاتجاه فمثلا عند ضرب الكرة الطائرة بمهارة الضرب الساحق تكون سرعة الكرة اقل عندما يصطدم بها كف اللاعب الضارب فتزداد سرعتها بأثر من سرعة الكف الضاربة ، وهنا يصعب حساب معامل ارتداد الكرة لان سرعتها بعد التصادم تكون اكبر ومعامل الارتداد سيكون اكبر من (1).

فاذا اصطدمت كف لاعب الكرة الطائرة بالكرة عندما تكون الكرة في اعلى نقطة (الكرة ساكنة لا تمتلك طاقة حركية او زخم) فان كتلة وسرعة الكف الضاربة ستكون معلومة وكتلة الكرة أيضا ستكون معلومة فهل يمكن معرفة سرعة الكرة بعد التصادم مع الكف ؟



شكل (2-59) يوضح التصادم في مهارة الضرب الساحق في الكرة الطائرة

مثال : كتلة الكف ($ك_1$) (1كغم) تضرب الكرة الطائرة التي كتلتها ($ك_2$) هي (0.300كغم) بسرعة ($س_1$) (30م/ثا) ، احسب سرعة الكرة بعد التصادم.

من المعروف ان كلا من الكف والكرة سيتجهان بنفس الاتجاه

$ك_1 \times س_1 = (ك_1 + ك_2) \times س_{12}$

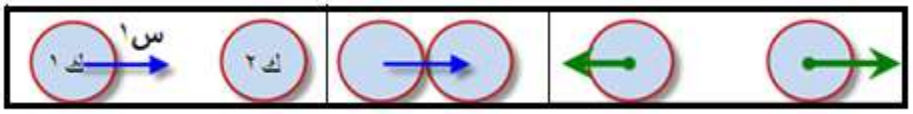
حيث $س_{12}$ تمثل سرعة الكف او سرعة الكرة بعد التصادم

$1 \times 30 = (1 + 0.300) \times س_{12}$

$$س_{12} = \frac{30 \times 1}{0.300+1}$$

$س_{12}$= 23.07 م/ثا سرعة الكرة وكون السرعة اقل من سرعة الاصطدام لان الكرة فقدت من شكلها عند التصادم

مثال : اصطدم جسم مرن كتلته ($ك_1$) مقداره (1كغم) يتحرك بسرعة ($س_1$) (1م/ثا) بجسم آخر مرن ساكن كتلته ($ك_2$) (2كغم) ، احسب سرعة الجسمين بعد التصادم.



الشكل (2-60) يوضح بعض حالات الاصطدام والارتداد

إن سرعة الجسم الأول بعد التصادم تعطى بالعلاقة :

$$\text{سرعة الجسم الأول (المتحرك) بعد التصادم} = \frac{2 \times ك_2 \times س_2 + (ك_1 - ك_2) \times س_1}{ك_1 + ك_2}$$

اما سرعة الجسم الثاني بعد التصادم فتعطى بالعلاقة الاتية :

$$\text{سرعة الجسم الثاني (الثابت) بعد التصادم} = \frac{2 \times ك_1 \times س_1 - (ك_1 - ك_2) \times س_2}{ك_1 + ك_2}$$

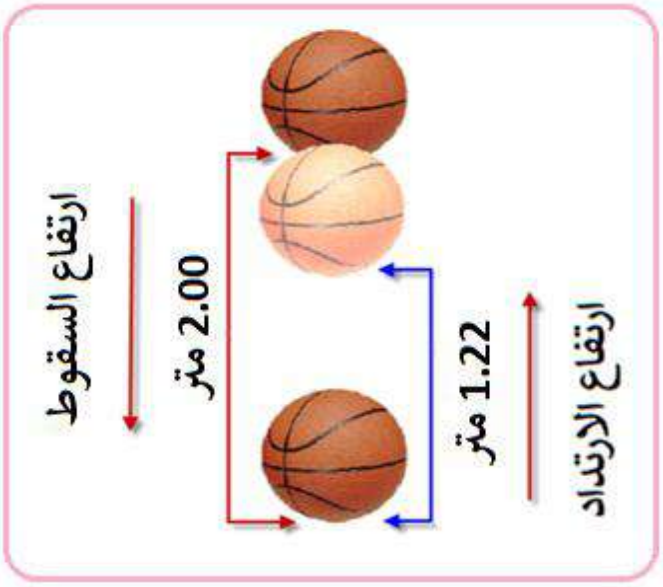
وبما ان الجسم الثاني ساكن فسرعته تساوي (صفر) ، والتصادم مرن (أي تم اهمال تأثير العوامل الخارجية)

سرعة الجسم المتحرك بعد التصادم = - 0.33 أي ان الجسم المتحرك ستفقد سرعة مقدارها 0.33 م/ثا

سرعة الجسم الثابت بعد التصادم = + 0.66

أي ان الجسم الثابت سيكتسب سرعة مقدارها 0.66 م/ثا

مثال : سقطت كرة السلة من ارتفاع (2 متر) محسوبا من اسفلها وارتدت الى ارتفاع (1.22 متر) جد معامل الارتداد



الشكل (2-61) يوضح ارتفاعي السقوط والتصادم والارتداد

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

$$\text{معامل الارتداد} = \frac{1.22}{2.00}$$

معامل الارتداد = 0.781

أولا) حساب متوسط قوة التصادم

يمكننا حساب متوسط قوة التصادم من خلال اشتقاق بعض القوانين ، اذ سنستفاد من قانون الدفع بعد اجراء بعض العمليات وكما في الأمثلة الاتية :

مثال : كرة التنس كتلتها (0.250كغم) اصطدمت بسرعة (30م/ثا) بالمضرب فارتدت عن المضرب بعكس اتجاهها بسرعة (35م/ثا) ، علما ان زمن تماس الكرة بالمضرب استغرقت (0.01ثا). ، احسب متوسط قوة الضربة

الدفع = التغير في كمية الحركة

القوة × زمن تأثيرها = الكتلة × ($س_2$-$س_1$)

وبما ان الحركة بعد الضرب كانت معاكسة فان علامة السرعة (35م/ثا) ستكون سالبة على اعتبار انها ارتدت نحو اليسار

القوة × 0.01 = 0.250 × (30 – (-35))

$$\text{القوة} = \frac{0.250 \times (35+30)}{0.01}$$

$$\text{القوة} = \frac{0.250 \times 65}{0.01}$$

$$\text{القوة} = \frac{16.25}{0.01}$$

القوة = 1625 نيوتن (كغم.م/ثا^2)

مثال : لوحظ بان العدائين يخففون من سرعتهم بعد اجتيازهم خط النهاية فلو ان عداءاً كتلته (70 كغم) كان يعدو بمعدل سرعة (10 م/ثا) وبعد اجتيازه لخط النهائية بفترة (2 ثانية) تبين ان معدل سرعته قد انخفض الى (8 م/ثا). احسب متوسط القوة التي استخدمها العداء لتخفيض سرعته.

الدفع = التغير في الزخم

القوة × زمن تأثيرها = الكتلة × ($س_2$-$س_1$)

القوة × 2 = 70 × (8-10)

$$\text{القوة} = \frac{70 \times (-2)}{2}$$

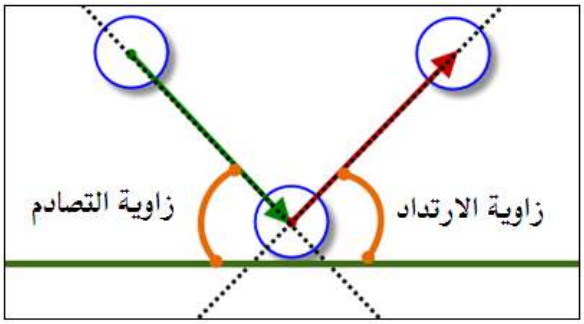
$$\text{القوة} = \frac{-140}{2}$$

القوة = -70 نيوتن **تدل العلامة السالبة الى ان القوة موجهة بعكس اتجاه الجسم**

ثانيا) زاوية التصادم وزاوية الارتداد

العوامل المؤثرة على زاوية الارتداد

1- زاوية تصادم الكرة بالنسبة للسطح المضروب: ان زاوية الارتداد تتناسب طرديا مع زاوية التصادم الى اقل من 90 درجة ، فاذا كان المطلوب مناولة مرتدة في كرة السلة فيجب ان نعرف زاوية ارتطام الكرة بالأرض لإيصالها الى المكان المناسب.



الشكل (2-62) يوضح زاويتي التصادم والارتداد

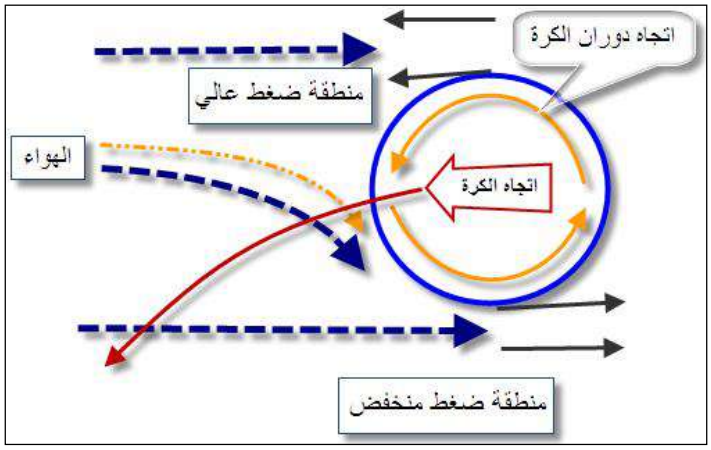
2- تركيب السطح المضروب : وتتأثر الكرة المرتدة بالسطح (تارتان رمل او خشب) وتتغير زاوية الارتداد على وفق تغير نوعية الأرض.

3- تركيب ومرونة الأداة : تعد مرونة الكرة من الاسباب الاخرى المؤثرة في زاوية الارتداد فمثلا اغلب الكرات تكون دائرية منتظمة باستثناء كرة الركبي اذ ان شكله بيضوي يؤثر على زاوية ارتداده ، فيجب توخي الدقة في حالة ارسال الكرات الغير المنتظمة لان ارتدادها سيكون مختلفا

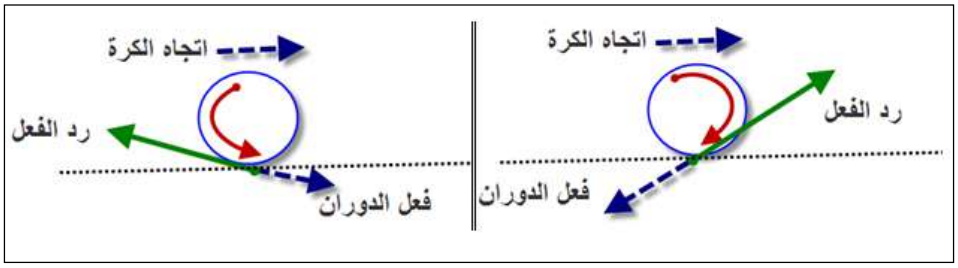
4- محيط وشكل السطح المضروب : الكرة التي تم اخمادها في كرة القدم يختلف من جزء الى اخر من اجزاء الجسم ، ويختلف توجيه الكرة للاعلى ام للاسفل.

5- دوران الجسم : عند دوران الكرة فان الكرة ستكون في حالتين وهما حالة التصادم وحالة الارتداد فتتفاعل اتجاه الكرة وفقا لفعل ورد الفعل ووفقا للضغط المتولد من الهواء المحيط ، (دوران الكرة يمينا او يسارا و دوران

الكرة اماما او خلفا) فعند اصطدام الكرة التي تدور الى الامام بالارض فان اتجاه الجزء السفلي يكون بعكس ارتداد الكرة وتتولد قوة معاكسة من الارض الى اتجاه الكرة فتزداد سرعتها والعكس صحيح.



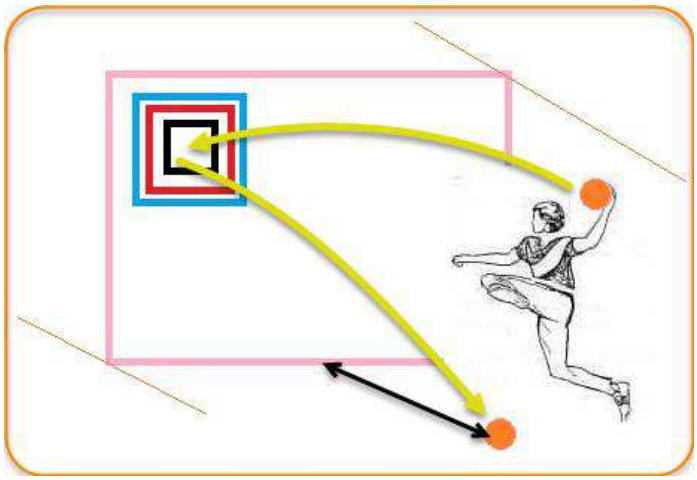
الشكل (2-63) يوضح اتجاه الكرة بعد دورانها



الشكل (2-64) يوضح ارتداد الكرة بعد دورانها

ثالثا) أهمية دراسة القوة والدقة والارتداد

في مجال الالعاب والفعاليات الرياضية فهناك الكثير من المهارات والاختبارات التي نحتاج ان نستفاد من الارتداد ففي كرة المنضدة والتي هي لعبة ارتداد الكرة نرى الكثير من اللاعبين يؤدون مهارة دوران الكرة لتغير اتجاهها بعد الاصطدام لتمويه الخصم وفي كرة التنس كذلك وفي كرة السلة اما في كرة اليد فهناك التصويب من الزاوية والتي لايجد فيه اللاعب مجالا الا ان يكون قريبا جدا من الخط الخارجي والذي هو امتداد خط أعمدة هدف كرة اليد فيضطر ان يقوم بعمل دوران للكرة وارسالها باستقامة نحو الزاوية الأخرى ولكن الكرة وهي تدور تصطدم بالأرض خلف حارس المرمى فتغير اتجاهها في بعض الأحيان بزاوية (90درجة) فاذا كان التصويب من يمين حار المرمى فالكرة تغير اتجاهها نحو اليسار ليدخل الهدف ، كما ان هناك بعض الاختبارات التي يستفادون من الاصطدام لقياس قوة الضربة كما في اختبار قوة ودقة التصويب بكرة اليد اذ في هذا الاختبار يتم التسديد على مربعات متداخلة مرسومة على الحائط وضرب الحائط بكل قوة وعندما تردتد الكرة تحسب المسافة على الأرض من الحائط الى موقع الاصطدام كمؤشر غير مباشر لقياس القوة.



شكل (2-65) يوضح اختبار قياس قوة ودقة التصويب في كرة اليد



شكل (2-66) يوضح بعض مهارات كرة المنضدة



شكل (2-67) يوضح صور متسلسلة لعمل دوران بكرة اليد

ومن خلال الصور المتسلسلة فاننا نلاحظ بان الكرة التي كانت متوجهة نحو الجانب الأيمن (الصور 1-4) بشكل مستقيم (إزاحة) قد غيرت اتجاهها عند الاصطدام بالأرض (الصورة 5) وفي الصورة رقم (6) ارتدت وهي تدور بعد ان تغير اتجاهها من خلال احتكاكها بالأرض عند الاصطدام فتغير مسار الكرة متجها الى خلف حارس المرمى (الصورة 7-12).

المبحث الثامن

الاتزان والتوازن (Equilibrium and Balance)



الشكل (2-68) يوضح استخدام العصا في الاتزان

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

والجسم يكون متزنا عندما تكون محصلة القوى المؤثرة فيه تساوي صفرا فمثلا ان الارض تجذب كتلة الجسم نحو الاسفل بمقدار (9.81 كغم.م\ثا^2) فتقوم العضلات بتسليط القوة نفسها وبما ان اتجاه قوة الجذب نحو الاسفل واتجاه قوة العضلات نحو الاعلى فان محصلة القوى المتعاكسة هي الطرح وبذلك نحصل على قيمة (الصفر) فيبقى الجسم متزنا ، ولو حاولنا دفع اللاعب نحو اليمين بقوة مقدارها (ق1) من اليسار فان اللاعب يقوم بعمل قوة مضادة بدفع الارض بالقدم اليمنى ليوفر قوة مقداره (ق2) تساوي (ق1) وتعاكسه في الاتجاه وبذلك نحصل على محصلة مقدارها (صفر) وفقا لقانون المتجهات ، اما اذا حدث خلل معين ولنفترض بان حركة دفع فجائية حدثت من يسار اللاعب ولم يستطيع اللاعب من تجهيز القوة المطلوبة او انه استطاع تجهيز القوة ولكن ليس في الفترة الزمنية نفسها فان محصلة القوة ستميل مع القوة الاكبر او القوة الاسرع ويؤدي الى فقدان الاتزان وخروج اللاعب من محيط تواجده ، ويحافظ رامي الثقل والرمح في نهاية حركتهما على اتزانهما بتقديم الرجل المتأخرة للحفاظ على الاتزان وايقاف زخم القسم

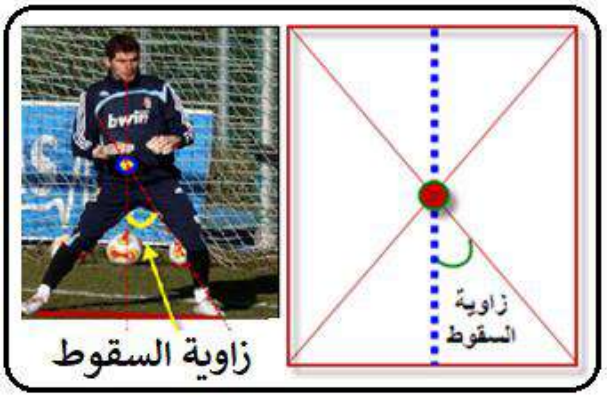
الرئيسي من الحركة بدفع معاكس لاتجاه الحركة وعدم اقتراف خطأ قانوني بسبب الزخم المتولد من استمرار تحريك مركز ثقل الجسم لوضعه على محيطه على طول مسار الحركة ، والاتزان يمكن في حالة الثبات وفي حالة الحركة.

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

ويختلف الاتزان عن التوازن فالاتزان (استاتيكي أي ثابت) أي ان الجسم مستقر اما التوازن فهو (داينامیك أي متحرك) وهي عبارة عن محاولة الجسم على الثبات كما لدى لاعبي المشي على الحبل ويعرف التوازن بانه (مجموعة من الحركات التي يلجأ اليها الجسم لتحقيق الاتزان)

أولا) زاوية السقوط

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



الشكل (2-69) يوضح زاوية السقوط

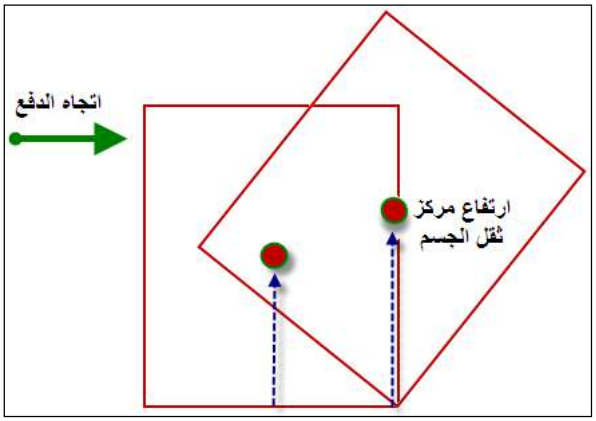
ثانيا) العوامل المؤثرة في الاتزان

يتأثر التوازن بعدة عوامل نذكر منها

1- كتلة الجسم
2- مساحة القاعدة (طولا وعرضا)
3- زاوية السقوط (الابتعاد والارتفاع)
4- معامل الاحتكاك (للأجسام المتحركة)

ثالثا) انواع الاتزان وفقا لموضع مركز ثقل الجسم

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



الشكل (2-70) يوضح تغير موقع مركز الثقل عند الاسقاط

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

رابعا) قياس درجات ثبات الاجسام

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

1- المقياس الهندسي : باستخدام قيمة زاوية السقوط
2- المقياس الدينمايكي : من خلال مقارنة عزم وزن الجسم مع عزم القوة المطلوبة لاخلال التوازن
3- مقياس الطاقة : باستخدام قانون الشغل من خلال قياس التغير الحاصل على مسافة مركز ثقل جسم الاداة من موضع لاخر عند محاولة تغيير اتزانه والقوة المطلوبة لذلك.

الباب الثالث

التحليل البايوميكانيكي

يعتمد التحليل البايوميكانيك للفعاليات الرياضية (مهارات واختبارات) على بعض القوانين والمواقف الحركية لهذه الفعاليات والحوادث وتجد مجموعة من المتطلبات الواجب توافرها لاتقان مهارة التحليل البايوميكاني للفعاليات والاختبارات ، ومثلنا اسردنا سابقا فان هذا التحليل سيقودنا الى معرفة نقاط الضعف لغرض تصحيحها وكذلك العضلات والاجزاء الأكثر بذلا للقوة او الأكثر مساهمة من مجموعة العضلات العاملة على الفعالية.

الفصل الاول

المبحث الاول

الأدوات والأجهزة في مجال البايوميكانيك والتحليل الحركي

توجد العديد من الأدوات والأجهزة التي ستساهم في التحليل البايوميكانيكي فمثلما تكشف ورقة تخطيط القلب عن صحة عضلات ومفاصل القلب فان أجهزة مشابهة تقوم بتزويدنا بهذه المعلومات على اشكال متعددة منها منحنيات ومنها ارقام ، ولازالت هذه الأدوات والأجهزة تتطور وفقا للارقام القياسية التي تبقى ثابتة لامد بعيد وتساهم زيادة المنافسات وزيادة البطولات في فتح افاق علمية جديدة.

ومن الأدوات المهمة هي:

1- اللواصق الفسفورية : وهي عبارة عن كرات او لواصق فسفورية يمكن فرزها من المحيط من خلال تسليط اشعة معينة او من خلال رصدها بالكاميرات ، ونضعها على مفاصل وبعض أجزاء الجسم ومن خلالها توجد برامج لها القابلية في تتبع مسار هذه اللواصق ، ومعرفة قيم الزوايا والازاحات والمسافات.



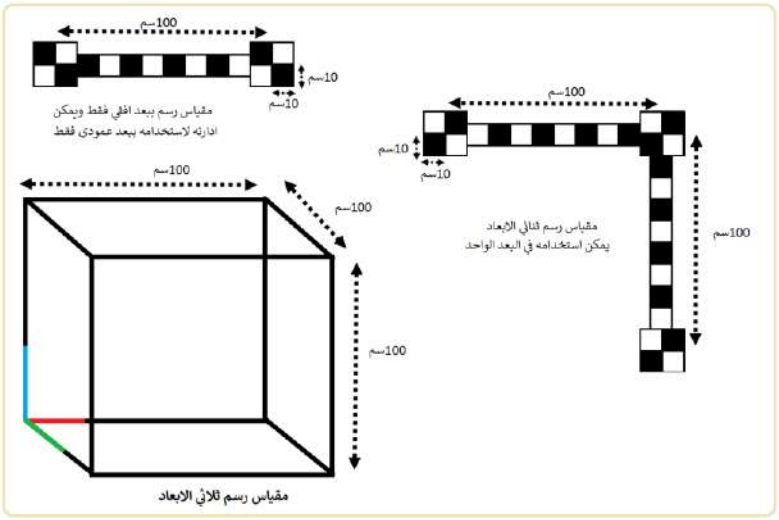
شكل (3-1) يوضح اللواصق او العاكسات الفسفورية

2- الكاميرات : وهذه تطورت من الكاميرات السينمائية الى الفيديوات بالاشرطة الممغنطة الى الفيدوات الرقمية والموبايلات ، وهذه الكاميرات تمتاز بامتلاكها القدرة على التصوير السريع مما يمكننا من خلالها رصد الحركات في أجزاء قليلة من الزمن.



شكل (3-2) يوضح كاميرا سريعة

3- مقاييس الرسم : وهي على عدة اشكال منها مقاييس ثنائية الابعاد وأخرى ثلاثية الابعاد ، اما مقاييس ثنائية الابعاد فيمكن الاستعاضة عنها بمعرفتنا بالقياس الحقيقي لاحد أجزاء الجسم او الطول ومن خلال النسبة والتناسب نستطيع معرفة المقياس الحقيقي ، وذلك لان الصور تظهر صغيرة في الفيديو ويجب ارجاعها الى حقيقتها.



شكل (3-3) يوضح مقاييس الرسم المعتمدة في تحليل الحركات الرياضية

4- الأجهزة والتقنيات الحديثة: وهذه أيضا تطورت ولكننا نمتلك منها بعض الأجهزة وعلى الشكل الاتي:

أ- جهاز قياس القوة (منصة قياس القوة) ومن خلاله نستطيع معرفة مقادير القوى المسلطة على الأرض عند القفز مثلا وهي من الأجهزة الثابتة.





شكل (3-4) يوضح كيفية الأداء على جهاز منصة قياس القوة والنتائج المتحصلة

ب- جهاز قياس الضغط تحت القدمين (أجهزة تحليل المشي) ورصد حركات الرجلين اثناء القفز او الركض ومنها أنواع فمنها الثابتة أي الموقعية ومنها المتحركة مثل المثبته في الأحذية.



شكل (3-5) يوضح أجهزة قياس الضغط تحت القدمين

ت- أجهزة قياس التوازن : وتكون عبارة عن أقراص على محاور او على شكل عتلات يحاول اللاعب ان يبقيها في حالة الاتزان ويتم حساب وقت الاتزان من الوقت الكلي وهي من الاجهز اللتي تخص الاختبارات البايوميكانيكية.



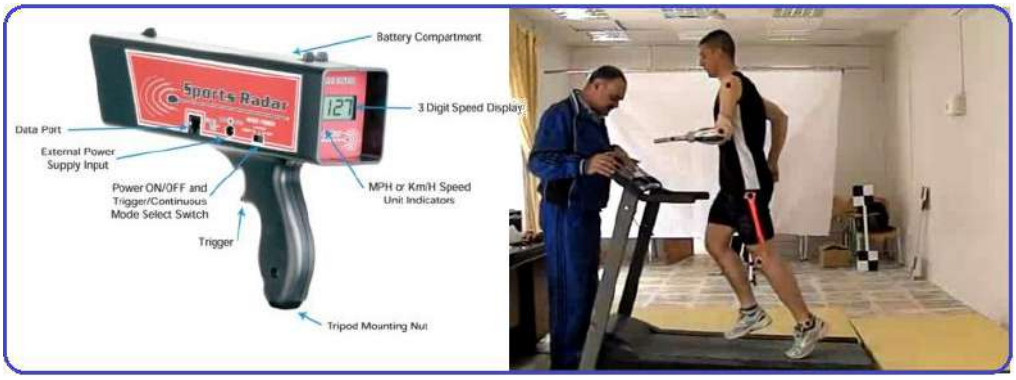
شكل (3-6) يوضح أجهزة قياس الاتزان

ث- أجهزة قياس النشاط الكهربائي للعضلات: وهي عبارة عن لواقط تثبت على أجزاء معينة من الجسم لغرض معرفة النشاط الكهربائي للعضلة في حالتي الشد والارتخاء.



شكل (3-7) يوضح جهاز (EMG) لقياس النشاط الكهربائي للعضلات

ج- اجهزة قياس السرعة : عبارة عن رادار مثل المستخدمة في قياس السرعة المسموحة في قيادة السيارات ، وهذه الأجهزة يمكن توجيهها الى ظهر اللاعب اثناء الركض ويمكن قياس سرعة الكرات والأدوات الأخرى.



شكل (3-8) يوضح بعض أجهزة قياس السرعة والتدريب عليها

ح- أجهزة قياس حركات الجسم بتقنية ثلاثي الابعاد .



شكل (3-9) يوضح جهاز لقياس حركات الرياضيين بتقنية ثلاثي الابعاد

خ- أجهزة قذف الكرات : نستخدمها في بعض الاختبارات الخاصة بتحليل حركات الضرب الساحق في الكرة الطائرة او الاستقبال في كرة التنس او حتى التدريب عليها في كرة القدم ، وهذه الأجهزة فيها إمكانية زيادة السرعة وتغيير الاتجاه ودوران الكرات.



شكل (3-10) يوضح مجموعة من أجهزة خاصة بقذف الكرات

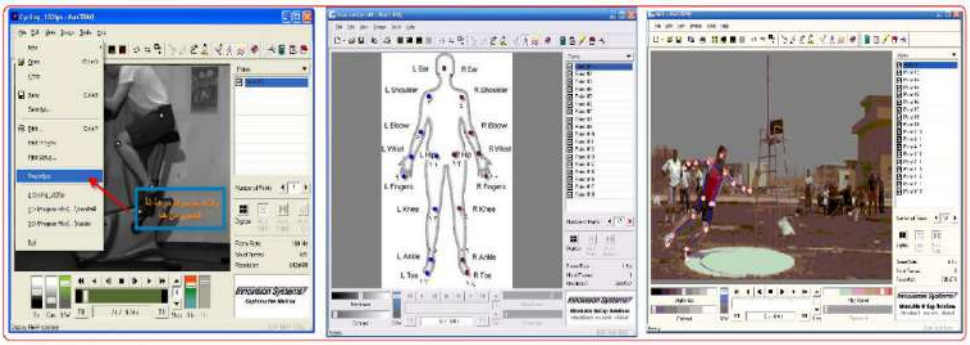
المبحث الثاني

برامج التحليل الحركي

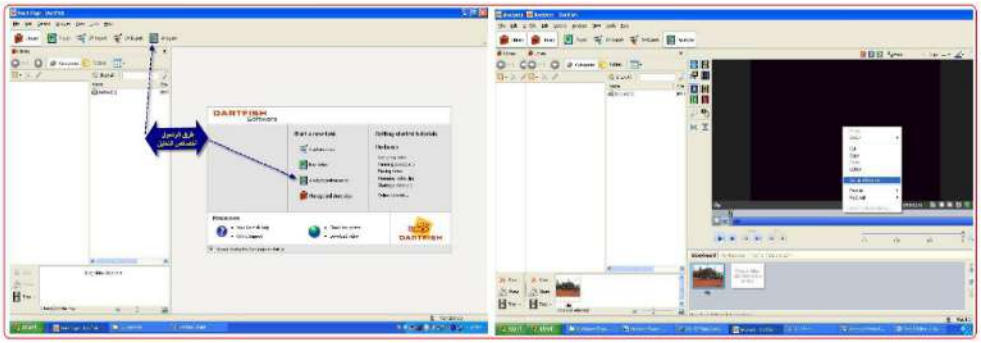
توجد العديد من برامج التحليل الحركي وهذه البرامج قد تكون مرفقة مع الأجهزة وقد تكون تعمل بوجود أفلام الفيدوات ، وهي على نوعين أولهما برامج تحليل حركي ثنائي الابعاد والأخر برامج تحليل حركي ثلاثي الابعاد ، وهذه البرامج لديها القابلية على إيجاد الاتي:

1- الزاويا
2- الازاحات
3- السرعة الخطية والزاوية
4- التعجيل الخطي والزاوي
5- القوة
6- القدرة
7- الطاقة
8- رسم المسارات
9- عمل جداول بالمتغيرات
10- الأزمنة
11- إيجاد اقصى ارتفاع
12- حساب زمن الطيران
13- رسم خطوط انتقال الضغط تحت القدم
14- المقارنة بالفيدوات مع النماذج
15- المقارنة بالبيانات
16- اشكال تخطيطية
17- تعقب النقاط

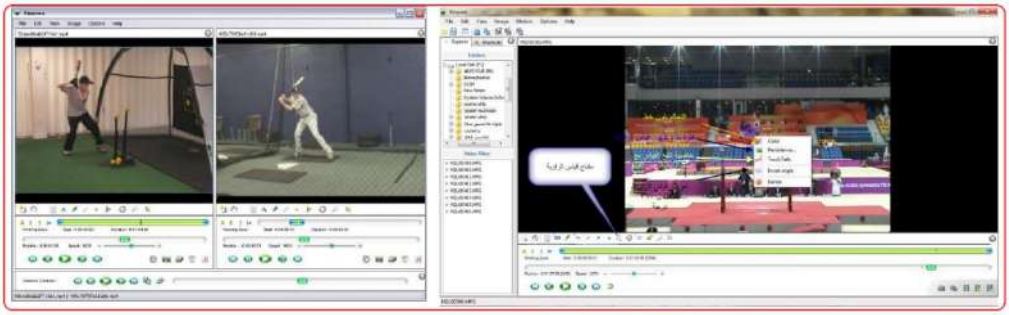
وغيرها من المتغيرات البايوميكانيكية الأخرى التي ممكن ان تظهر على شكل معادلات مقترحة كمعامل او مؤشرات.



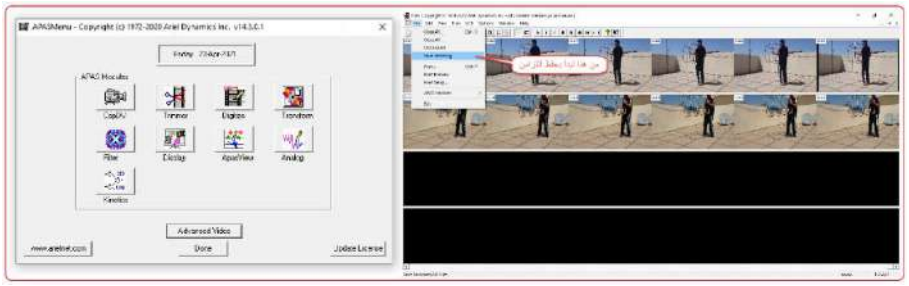
شكل (3-11) يوضح برنامج (MaxTRAQ)



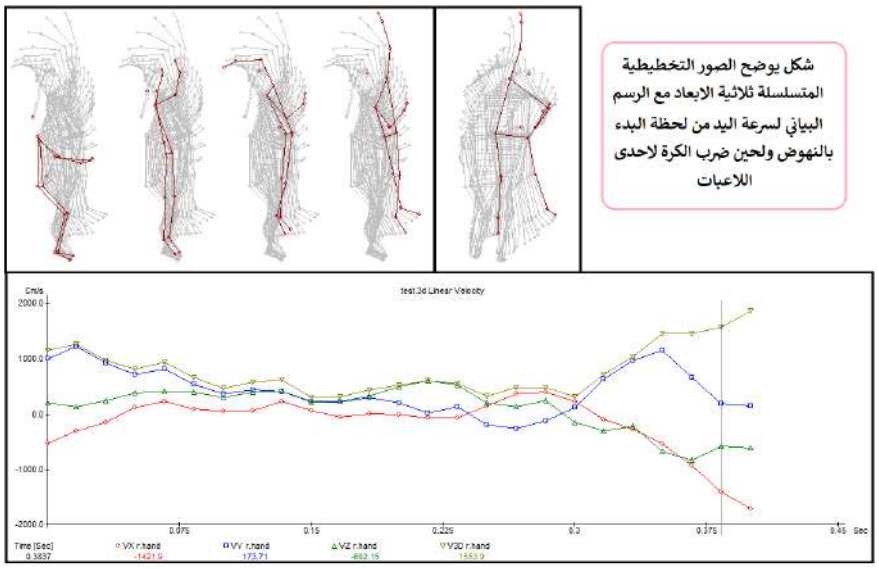
شكل (3-12) يوضح برنامج (DartFish)



شكل (3-13) يوضح برنامج (Kinovea)



شكل (3-14) يوضح برنامج التحليل الحركي ثلاثي الابعاد (APAS)



شكل (3-15) يوضح نتائج برنامج ثلاثي الابعاد

(178)

الفصل الثاني

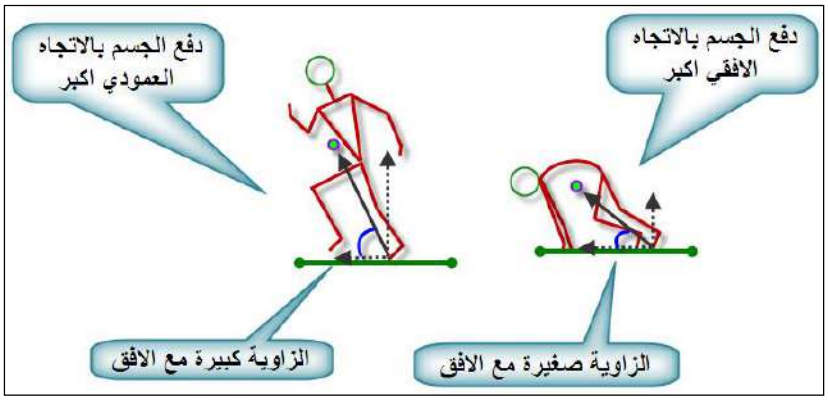
التحليل البايوميكانيكي لبعض الفعاليات الرياضية

المبحث الاول

التحليل البايوميكانيكي (البايوكينماتيكي والبايوكيناتيكي) للانطلاق من مسندي البداية

في فعاليات المسابقات القصيرة لالعاب الساحة والميدان

ان العداء ينطلق من الوضع المنخفض للبدء (الجلوس) ويساعد هذا الوضع في التغلب على القصور الذاتي بشكل افضل مقارنة بالانطلاق من البدء العالي وذلك باستخدام القوة بشكل افقي مما يدفع الرياضي الى الامام وفقا لهدف المسابقة وهو السباق الافقي ، ويبذل العداء في البدء المنخفض طاقة اكبر ويحقق منها سرعة اكبر اي ان الطاقة المبذولة تكون كبيرة ويحقق اللاعب من هذه الطاقة سرعة و تعجيل بدء اكبر للتغلب على القصور الذاتي ، ووفقا لنظرية المتجهات فكلما قلت الزاوية كلما زادت المحصلة وعليه فان البدء المنخفض افضل.

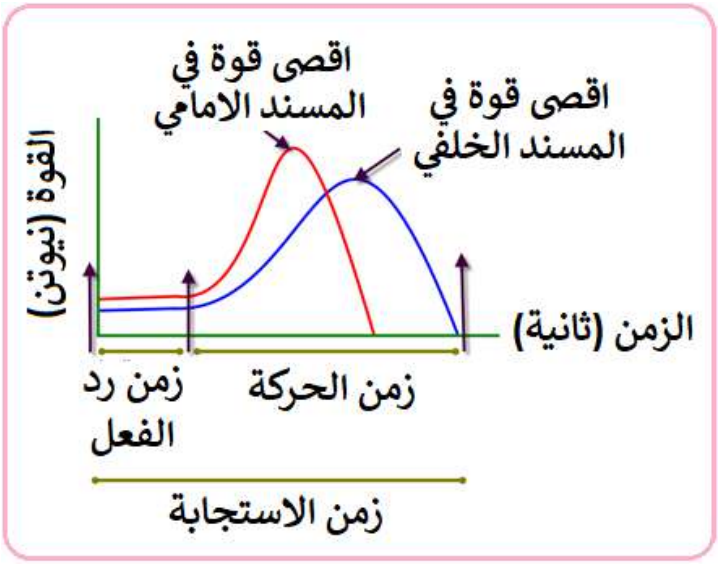


الشكل (3-16) يوضح المتغيرات البايوكينماتيكية في البدء المنخفض والعالي

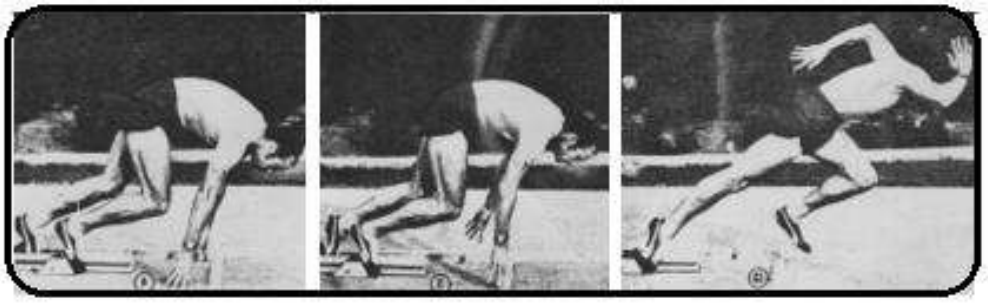
في وضع (تهيأ) ترتفع نقطة مفصل الورك (الحوض) الى الاعلى قليلا عن مستوى الكتفين وتحدد الزاوية المحصورة بين الخط الافقي الموازي للارض وارتفاع الحوض بين (15-18 درجة) ، اما زاوية مفصل ركبة الرجل الامامية فتصل الى (90 درجة) تقريبا وتحدد زاوية مفصل ركبة الرجل الخلفية بين (110-120 درجة) تقريبا.

يكون موقع مركز ثقل الجسم امام القدمين وفوق اليدين مباشرة اي فوق حافة قاعدة الارتكاز باتجاه الحركة ويحصل العداء من ذلك فائدتين ميكانيكيتين في آن واحد ، فالفائدة الاولى هو جعل الجسم قلقآ (من خلال تصغير زاوية السقوط احدى مظاهر الاتزان) مما تكون الحركة سهلة وسريعة في ذلك الاتجاه ، والفائدة الثانية هي زيادة القوة الافقية (بتوجيه خط عمل القوة الى الامام اكثر من الاعلى) وتقليل القوة العمودية.

قبل اطلاقة المسدس يكون العداء في وضع تهيئ وبعد الاطلاقة فانه يخضع الى عدد من المتغيرات منها زمن رد الفعل (RT) (وهو الزمن من الاطلاقة حتى لحظة قبل البدء بالحركة) ، وزمن الحركة (MT) (وهو الزمن من لحظة البدء بالحركة لحين انهاء الواجب الحركي) ، ويسمى مجموع الزمنين بزمن الاستجابة (Response Time).



الشكل (3-17) يوضح دالة القوة-الزمن وازمنة الاستجابة



الشكل (3-18) يوضح مراحل الانطلاق من مسندي البداية

ان وقت سماع الاطلاقة عند العدائين الجيدين يكون تقريباً بين (0.10-0.18 ثانية) وتصل زاوية البدء لديهم الى (40-42 درجة) بين جسم العداء ومجال الركض، وتترك القدم الخلفية للمسند الخلفي قبل الرجل في المسند الامامي وتكون الفخذ الامامية في حالة عمل عضلي ثابت ويحدث فيها تغيير طفيف جداً في زاوية مفصل الركبة ، ويبدأ التغيير الفعلي في زاوية الركبة حينما تتعدى ركبة الرجل الخلفية لركبة الرجل الامامية ...وتستمر حركة الاندفاع حتى الوصول الى الامتداد الكامل للرجل الامامية... ويبدأ الجسم في الامتداد بعض الشيء (بدرجة قليلة) عندما يبدأ العمل الديناميكي للفخذ الامامية ، ويكون جسم العداء في هذه اللحظة في شكل عمودي تقريباً على الارض ، وفي نهاية مرحلة الدفع تكون الفخذ والجذع على خط واحد . ان الزمن المستغرق للرد على المثير السمعي تشكل اهمية كبيرة في هذه المرحلة ويتحدد عند العدائين المتقدمين (0.05-0.07 ثانية) من استشعار المثير في الاذن وانتقاله الى الجهاز العصبي المركزي (بواسطة العصب الحسي) ثم بناء وتكوين الامر بالحركة وانتقال الامر من الجهاز العصبي المركزي الى العضلات بواسطة العصب الحركي واخيراً اثارة العضلة وحدوث النشاط الميكانيكي ويشكل زمن دفع الرجل الخلفية ثلث زمن دفع الرجلين ، ويخرج العداء من مساند البداية بزاوية ميل(45درجة).

ينص قانون نيوتن الثاني الى ان دفع أي قوة لجسم ما خلال فترة زمنية يساوي التغيير في كمية حركة الجسم خلال تلك الفترة ويرتبط الدفع مع القوة والزمن مع بقاء فعل القوة بالعلاقة **(الدفع = القوة × الزمن)** ، وبذلك فان الدفع او التغير الناتج في كمية الحركة من قوة كبيرة تعمل لفترة قصيرة يساوي التغير الناتج من قوة صغيرة تعمل لفترة

طويلة ويميل العداء الى انتاج قوة كبيرة في زمن قليل (قوة مميزة بالسرعة) ونجد ان الزيادة في القوة تتطلب عنفآ في سرعة بذلها (سرعة قوة) وهذا بالتالي يؤدي الى نقصان زمن بذل القوة مما يؤثر سلبا في الدفع.

يرتبط الدفع بكمية الحركة في علاقة مشتقة بعلاقة

القوة × الزمن = الكتلة × السرعة

حيث يمثل الطرف الايمن مصطلح الدفع والطرف الايسر يمثل كمية الحركة . وقد عرف (نيوتن) حاصل ضرب الكتلة في السرعة بانها كمية الحركة ، ان وجود القوة ككمية متجهة في معادلة الدفع يقودنا الى اعتبار الدفع كمية متجهة ايضا وبذلك فانه لابد ان تكون زاوية الدفع امثل ما يمكن للدفع بالاتجاه الافقي.

ان قياس مسار القوة – الزمن يفسر فيما اذا كانت الزيادة والنقصان في قوة الانقباض العضلي يتماشيان مع الواجب الحركي ويمثل الدفع دالة القوة – الزمن ، وتظهر المنحنيات هذه العلاقة من خلال المساحة المحصورة تحتها (المساحة تحت المنحنى = الدفع).

قارن (Kistler) بين مقادير القوى التي تبذل على مسند البداية من قدمي العداء وتوصل الى النتائج ادناه من تجاربه على (30 عداء) متقدم من اوضاع البدء الثلاثة (القصير – المتوسط – الطويل).

- يتم الدفع بواسطة القدمين معا مهما كانت الاوضاع المستخدمة والمسافة بين القدمين.
- قوة الدفع على المسند الامامي كانت ثابتة نسبيا مهما كان الوضع المستخدم.
- اختلفت القوى المبذولة على المسند الخلفي اختلافا مباشرا مع المسافة بين القدمين.
- تزداد القوى المبذولة من العداء ضد مساند البداية كلما زادت المسافة بين القدمين.

ولقد اوضح كثير من الباحثين من ان العجلة التي يكتسبها الجسم لاتعتمد على مقدار القوى المبذولة من الرجلين فقط ولكن على زمن بذل هذه القوة ايضا ، ومن خلال

متابعتنا لمراحل القانون ادناه نكتشف ان العلاقة بين القوة والزمن علاقة عكسية وتساهم القوة طرديا في كمية الحركة .

القوة = الكتلة × التعجيل

$$\text{القوة} = \text{الكتلة} \times \frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{القوة} = \frac{\text{الكتلة} \times \text{السرعة}}{\text{الزمن}} \qquad \text{القوة} = \frac{\text{كمية الحركة}}{\text{الزمن}}$$

جدول (3-1) ازمنة رد الفعل لنهائي سباق 100 متر في بطولة برلين 2009

الاسم	الانجاز	زمن رد الفعل
Usain Bolt	9.58	0.146
Tyson Gay	9.71	0.144
Asafa Powell	9.84	0.134
Daniel Bailey	9.93	0.129
Richard Thompson	9.93	0.119
Dwain Chambers	10.00	0.123
Marc Burns	10.00	0.165
Darvis Patton	10.34	0.149

ان معدل زمن رد الفعل في بطولة العالم (روما 1987) كان (0.185 ثانية) اما في بطولة العالم (برلين 2009) فقد بلغ زمن رد الفعل (0.139 ثانية) رغم التعديل الذي حدث على اخطاء الانطلاق ، وهذا دليل على مدى تطور تقنيات التدريب. ويعد أي نشاط عضلي قبل (0.10 ثانية) خطأ انطلاق.

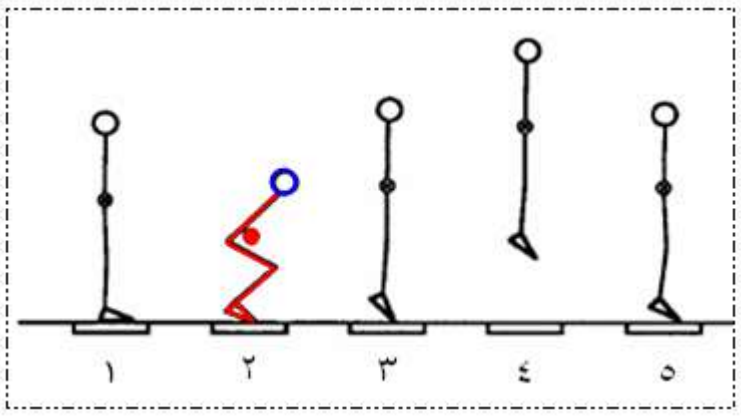
(184)

المبحث الثاني

تحليل اختبار الوثب العمودي من الثبات بحركة تمهيدية وبدونها

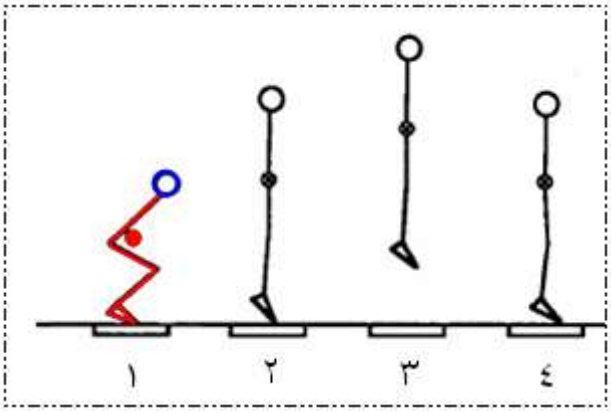
نقصد بالحركة التمهيدية الحركات التي تسبق اداء الواجب الرئيسي ـ للحركة وعلى الأغلب تكون بحركة معاكسة لاتجاه الحركة في القسم الرئيسي ـ والحركات التمهيدية ممكنة الملاحظة في كثير من الفعاليات او المهارات او حتى بعض الاختبارات فمثلا عند اختبار الوثب الطويل من الثبات يمكن اداء الحركة بدون مرجحة الذراعين وممكن أدائه بمرجحة الذراعين فعند اداء المرجحة نكون قد فعلنا حركة تمهيدية كما يمكن اداء قذف الثقل من الثبات وبدون فتل الجذع اما اذا قذفنا الثقل من الثبات ولكن بفتل الجذع نكون قد فعلنا حركة تمهيدية ولا يكون الحركات التمهيدية أقسام تحضيرية في اغلب الأحيان لعدم تكامل التعزيز المناسب للقسم التحضيري ويعني ذلك ان اداء حركة المرجحة في اختبار الوثب الطويل من الثبات لا يكون واجبا تعزيزيا للقسم التحضيري ما لم يعزز بثني الرجلين.

عند ملاحظتنا للشكل التالي وتحليلنا لحركة الوثب العمودي من الثبات فاننا نؤدي الاختبار من الوقوف كما موضح في الوضع رقم (1) ثم الثني كما في الوضع رقم (2) ثم المد للوثب كما في الوضع رقم (3) ثم الطيران في الوضع رقم (4) ثم الهبوط في الوضع رقم (5).



شكل (3-21) يوضح اختبار الوثب العمودي من الثبات بحركة تمهيدية

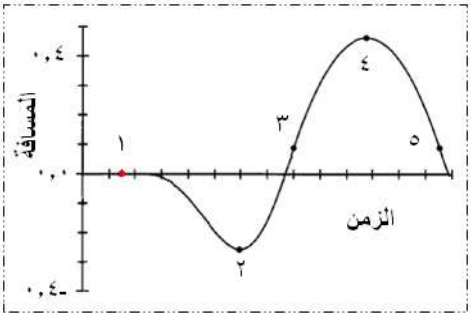
وإذا لاحظنا الشكل السابق وقارناه بالشكل التالي سنجد ان الحركة في الوضع رقم (1) هي (الثني) أي ان الحركة ستبدأ من الثني وهذا يعني فقدان القسم التحضيري (على افتراض عدم مرجحة الذراعين) ويتم القياس بوســـاطة شريط قياس يربط على الورك أي لا يتم التأشير باليد.



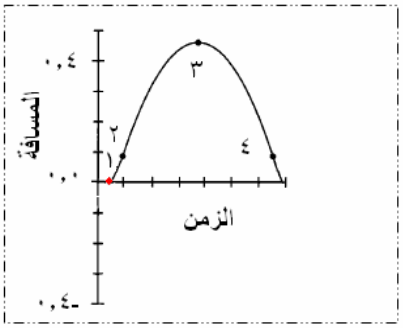
شكل (3-22) يوضح اختبار الوثب العمودي من الثبات بدون حركة تمهيدية

تحليل المسار الحركي لمركز كتلة الجسم

بمقارنة المسـار الحركي لمركز كتلة الجسـم للاختبار بشـكليه (بحركة تمهيدية وبدونها) في وحدة الزمن وكما واضـح في الشـكل التالي يلاحظ عند اداء الحركة بتمهيد وجود انخفاض في مركز كتلة الجسـم ثم ارتفاع وهذا يعني وجود زمن إضـافي عند اداء الاختبار بدون حركة تمهيدية



بحركة تمهيدية



بدون بحركة تمهيدية

شكل (3-23) يوضح المسار الحركي وفقا لوحدة الزمن عند اداء اختبار الوثب العمودي من الثبات

كما يلاحظ طول المســـار الحركي عند اداء الاختبار بحركة تمهيدية بمقارنتها بالحركة بدون التمهيد ، وان الفترة الزمنية للحركة التمهيدية اقل من الفترة الزمنية للطيران .

ارتفاع الطيران

ان مرحلة الطيران تقاس من لحظة كسر اتصال اخر جزء من القدم (الأصابع) للأرض لحين قبل إعادة الاتصال ، ان الجسم في هذا الاختبار سيكون خاضعا لقانون الطيران الحر والســـقوط الحر ويختلف هذا القانون عن قانون المقذوفات بكون الجســـم يســـير على خط عمودي من النهوض الى الهبوط بعكس قانون المقذوفات والذي يكون مسار الجسم على شكل قطع مكافئ أي ينهض من نقطة ويهبط في نقطة أخرى.

طرائق إيجاد اقصى ارتفاع

من الطرائق التقليدية لإيجاد الارتفاع هو اللجوء الى شريط القياس للحصـــول على النتيجة (يربط شريط القياس على ورك اللاعب وهو واقف ثم عند الطيران يكون شريط القياس والذي تم تثبيته بين قدمي اللاعب على بكرة مخصصة لهذا الغرض قد ســـجل فرق الارتفاع) ، اما الطرائق الفيزيائية او البايوميكانيكية لحســـاب الارتفاع فتتعدد بحســـب القوانين المناســـبة لإيجاد الارتفاع ، فيمكننا التعرف على مســـافة الارتفاع من خلال قانون الطاقة

يمكننا معرفة السرعة من خلال القانون

$$v_{to} = \frac{gt_{flight}}{2}$$

سرعة الارتقاء= $\frac{\text{الجذب} \times \text{زمن الطيران}}{2}$

تم تقدير زمن الارتفاع من المنحنيات البيانية السابقة باستخدام منصة لقياس (Force Platform) وذلك بقياس دالة (القوة – الزمن) وتبين ان الزمن بين كسر الاتصال وإعادته قد استغرق (0.533 ثانية)

يمكن حساب سرعة الارتقاء وفقا للقانون التالي

$$\text{سرعة الارتقاء} = \frac{0.533 \times 9.81}{2}$$

سرعة الارتقاء = 2.61 متر/ثانية

ووفقا لما سبق يمكننا معرفة سرعة الارتقاء بمعلومية زمن الطيران
وبما ان السرعة العمودية في أقصى ارتفاع يساوي صفر ، فان المعادلة تكتب وفق ما يأتي

$$y_{flight} = y_{peak} - y_{to} = \frac{v_{to}^2}{2g}$$

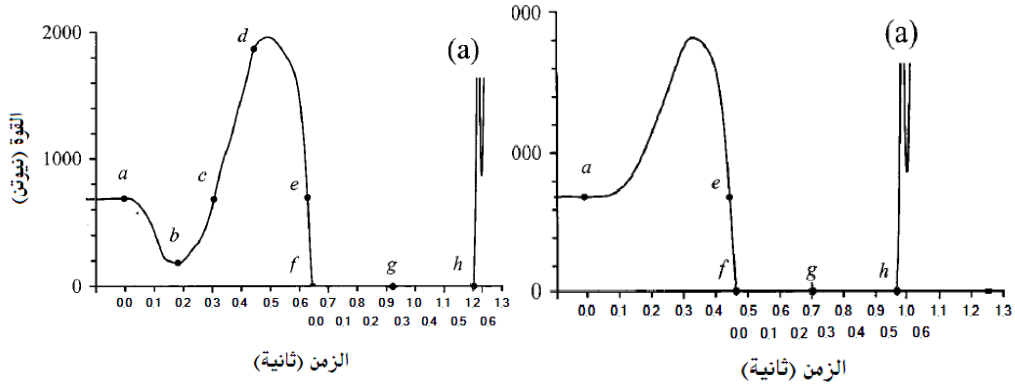
أي ان الارتفاع العمودي تساوي مربع سرعة (الارتقاء) مقسمة على ضعف الجذب الأرضي

$$\text{ارتفاع الطيران} = \frac{(\text{سرعة الارتقاء})2}{2 \times \text{ج}} \qquad \text{ارتفاع الطيران} = \frac{(2.61)^2}{9.81 \times 2} = 0.347 \text{ متر}$$

يمكننا بحساب فرق الارتفاع ان نتوقع الفرق بين استخدام الحركة التمهيدية عن عدم استخدامها اذ بلغ فرق الارتفاع بدون استخدام الحركة التمهيدية الى (0.337 متر) ، وبقي ان نتساءل مدى مساهمة الحركات التمهيدية في تغيير الوقائع فربما نستخدم هذه الحركات للاقتصاد في ناتج المهارة (شكلها وتوقيتها) اما في الاختبارات فيفضل عدم استخدام الحركات التمهيدية لبيان الناتج الحقيقي لما وضع من اجله الاختبار.

حساب مقادير القوى

وفقا لقانون نيوتن الثالث (لكل فعل رد فعل يساويه في المقدار ويعاكسه في الاتجاه) فان اداء الاختبار بحركات تمهيدية ستعطي أشكال بيانية (دالة القوة – الزمن) مختلفة عند عدم استخدام الحركات التمهيدية ، وكما يلاحظ من الشكل التالي فان منصة قياس القوة تسجل ردود الأفعال بين أجزاء الجسم وفقا لمنطقة الاستناد (الأرض) على شكل مقادير رقمية ورسوم بيانية ، ويلاحظ تسجيل مقادير اكبر عند وجود حركات تمهيدية (وهذا يفسر وجود القسم التحضيري والحركات التمهيدية في المهارات ويفسر ضرورة عدم استخدامها في الاختبارات)



بدون بحركة تمهيدية　　بحركة تمهيدية

شكل (3-24) يوضح منحنى القوة– الزمن عند اداء اختبار الوثب العمودي من الثبات

ومثلما ذكرنا سابقا فان طول المسار الحركي والذي يتضح بنزول المنحنى يكون سببا في ظهور مقادير اكبر للقوة بالمقارنة مع اداء الحركة بدون تمهيد ، وتفسر لنا لما يحدث كالأتي :

- ان الوقوف يعني إصدار مقادير قوة ثابتة للحفاظ على استقرارية الجسم (استاتيك) أي معادلة وزن الجسم بقوة العضلات (توتر او شد مستمر) اما عند الثني (تغلب وزن الجسم على قوة العضلات ، فان العضلات ستميل الى الارتخاء عن التوتر او الشد ويفاجأ هذا الارتخاء بشد قوي – قوة انفجارية- أي تحشيد او إطلاق أقصى ما يمكن للعضلة من طاقة لرفع الجسم وقذفها)

وهـذا مـا يقودنـا الى كميـة الحركـة والطـاقـة المخزونـة اذ ان اداء الاختبـار او المهارة من الحركة تساعد الواجب الرئيسي وتقودها سريعا الى الاتجاه المقرر.

ولقد تم حســـاب مقادير القوى لشـــكلي الاختبار والجدول الاتي يوضـــح التفصيلات الأخرى

جدول (3-2) يبين مقادير بعض متغيرات القفز العمودي

المتغيرات	وحدة القياس	بحركة تمهيدية	بدون حركة تمهيدية
زمن الطيران المسجل على منصة القوة	ثانية	0.533	0.524
سرعة الارتقاء	متر\ثانية	2.61	2.57
أقصى ارتفاع	سنتمتر	34.7	33.7
الشغل المحسوب للقوة الكلية	جول	469	470
الشغل المحسوب لوزن الجسم	جول	237	238

كما يمكننا ملاحظة الفرق في الزمن وحتى تقدير الارتفاع من خلال القوة المسجلة على منصة قياس القوة

المصادر والمراجع

1. جيرد هوخموث (1999) : الميكانيكا الحيوية (ترجمة) كمال عبد الحميد ، القاهرة ، دار المعارف.
2. حسين مردان عمر (1988) : المتغيرات الحركية في اجتياز المانع واثرها في اجتياز المانع الاخر ، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة بغداد ، كلية التربية الرياضية.
3. حسين مردان عمر (1996) : دراسة تحليلية لبعض المتغيرات الديناميكية من البدء الى اجتياز المانع الاول ، أطروحة دكتوراه غير منشورة ، جامعة البصرة ، كلية التربية الرياضية.
4. حسين مردان عمر (2021) : مواضيع في البايوميكانيك ، ط2 ، ديالى ، مطبعة جامعة ديالى.
5. حسين مردان عمر ، اياد عبد رحمن (2018) : البايوميكانيك في الحركات الرياضية ، ط2 ، النجف الاشرف ، مطبعة الرياض.
6. حيدر فياض العامري (1019) : واقعية نظام التحليل الحركي ، العراق ، مطبعة جامعة الكوفة.
7. سمير مسلط الهاشمي (2010) : البايوميكانيك الرياضي ، ط3 ، بغداد ، مطبعة النبراس للطباعة والتصميم.
8. سوزان هيل (2015) : اساسيات البايوميكانيك (ترجمة) حسن هادي الزيادي ، اياد عبد الرحمن ، باسم حبيب الحمداني ، بغداد ، المكتبة الرياضية للنشر والتوزيع.
9. سوسن عبد المنعم و اخرون (1977) : البايوميكانيك في المجال الرياضي ، ج1 ، مصر ، دار المعارف.
10. صائب عطية العبيدي ، سمير مسلط الهاشمي ، موفق مجيد المولى (1991) : الميكانيكا الحيوية التطبيقية ، الموصل ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل.

11. صريح عبد الكريم الفضلي ، إيهاب داخل حسين (2019) : علم الحركة التطبيقي كنيسولوجيا ، بغداد.
12. صريح عبدالكريم الفضلي (2020) : موسوعة التطبيق العملي للقوانين الميكانيكية في علوم الرياضة ، ط1 ، القاهرة ، مركز الكتاب للنشر.
13. صريح عبدالكريم الفضلي ، عبدالرزاق جبر الماجدي (2018) : التحليل التشريحي الوظيفي وميكانيكية الألعاب الرياضية ، بغداد ، دار ومكتبة عدنان.
14. صريح عبدالكريم الفضلي ، وهبي علوان البياتي (2007) : موسوعة التحليل الحركي ، ج1 ، التحليل التشريحي وتطبيقاته الحركية والميكانيكية ، بغداد.
15. صفاء عبدالوهاب إبراهيم ، محمد مطلك بدر الحاج لازم (2020) : البايوميكانيك الرياضي ، بغداد ، مكتبة وجدي للطباعة والاستنساخ.
16. طالب ناهي الخفاجي (1984) : فيزياء الرياضة البدنية ، بغداد ، دار الحرية للطباعة.
17. طلحة حسام الدين (1993) : الميكانيكا الحيوية (الأسس النظرية والتطبيقية) ، ط1 ، القاهرة ، دار الفكر العربي.
18. طلحة حسام الدين (1994) : الأسس الحركية والوظيفية للتدريب الرياضي ، القاهرة ، دار الفكر العربي.
19. طلحة حسام الدين (1998) : علم الحركة التطبيقي ، ط1 ، ج1 ، القاهرة ، مركز الكتاب للنشر.
20. عادل عبد البصير (1998) : المدخل لتحليل ثلاثي الأبعاد ، القاهرة ، مركز الكتاب للنشر والتوزيع.
21. عادل عبد البصير (1998) : الميكانيكا الحيوية والتكامل بين النظرية والتطبيق في المجال الرياضي ، القاهرة ، دار الكتب للنشر.
22. عبد علي نصيف ، كيرهارد ميزر (1972) : البيوميكانيك. بغداد ، مطبعة الميناء.
23. عدي جاسب حسن (2009) : التقييم الميكانيكي في مدرسة كرة القدم ، ط1 ، مصر ، صوت القلم العربي.

24. علي سلوم جواد (2007) :البايوميكانيك : الأسس النظرية والتطبيقية في المجال الرياضي ، العراق.
25. فردريك ج. بوش ، دافيد أ. جيرد (2001) : اساسيات الفيزياء (ترجمة) سعيد الجزيري واخران ، ط1 ، القاهرة ، الدار الدولية للاستثمارات الثقافية.
26. فردوس مجيد امين ، محمد حسين حميدي (2021) : الميكانيكا البيولوجية ، ديالى ، المطبعة المركزية ، جامعة ديالى.
27. فؤاد توفيق السامرائي (1982) : البايوميكانيك والرياضة ، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر ، الموصل.
28. قاسم حسن حسين ، إيمان شاكر (1998) : مبادئ الأسس الميكانيكية للحركات الرياضية ، ط1 ، عمان ، دار الفكر للطباعة والنشر.
29. قاسم محمد عباس (2020) : علاقة خصائص منحنى (القوة-الزمن) وبعض المتغيرات البيوكينماتيكية بدقة التصويب من الحركة للاعبي الارتكاز بكرة السلة ، أطروحة دكتوراه غير منشورة ، جامعة القادسية ، كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة.
30. كارل ج. بايتون ، روجر م. بارتلت (2020) : التقويم البيوميكانيكي للحركة في الرياضة والتمرين (ترجمة) بسمان عبدالوهاب عبدالجبار ، وهبي علوان حسون البياتي ، عمان ، دار امجد للنشر والتوزيع.
31. كمال عبد الحميد ، سليمان علي (1999) : الميكانيكا الحيوية وطرق البحث العلمي للحركات الرياضية ، ط2 ، القاهرة ، مركز الكتاب للنشر .
32. لؤي غانم الصميدعي (1987) : البايوميكانيك والرياضة ، الموصل ، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر.
33. لؤي غانم الصميدعي ، بسام محمود الامام ، سعدالله عباس رشيد (2011) : الفيزياء والبايوميكانيك في الرياضة ، أربيل ، مطبعة جامعة صلاح الدين.
34. لؤي غانم الصميدعي ، سعدالله عباس رشيد (2018) : البايوميكانيك الرياضي ، عمان ، دار المعتز للنشر والتوزيع.

35. محمد جاسم محمد الخالدي (2012) : البايوميكانيك في التربية البدنية والرياضية ، الكوفة.
36. محمد جاسم محمد الخالدي ، حيدر فياض حمد العامري (2010) : اساسيات البايوميكانيك ، ط1، العراق ، شركة دار الاحمدي.
37. نجاح مهدي شلش (1987) : مبادىء الميكانيكا الحيوية في تحليل الحركات الرياضية ، الموصل ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل.
38. نجاح مهدي شلش ، حسين مردان عمر ، ايمان صبيح (1999) : تأثير التغذية الراجعة بأستخدام المنحنيات البايوميكانيكية لنتيجة الاداء في الانطلاق من مسندي البدء ، مجلة دراسات وبحوث التربية الرياضية ، العدد التاسع ، جمهورية العراق ، جامعة البصرة ، كلية التربية الرياضية.
39. نزار مجيد الطالب (1976) : المدخل الى علم البيوميكانيك ، بغداد ، معمل ومطبعة اوفسيت الوراق.
40. هدى حميد عبدالحسين ، مسلم بدر المياح (2020) : مبادئ الميكانيكا الحيوية وتطبيقات التحليل الحركي ، ج1 ، النجف الاشرف ، مطبعة دار الضياء.
41. وجيه محجوب (1987) : التحليل الحركي ، بغداد ، مطبعة التعليم العالي.
42. وجيه محجوب (1990) : التحليل الحركي الفيزياوي الفسلجي للحركات الرياضية ، بغداد ، مطابع التعلم العالي.
43. ياسر نجاح حسين ، احمد ثامر محسن (2015) : التحليل الحركي الرياضي ، النجف الاشرف ، دار الضياء للطباعة.
44. يوسف الشيخ (1982) : الميكانيكا الحيوية وتطبيقاتها ، القاهرة ، دار المعارف.

45. Ariel, G., Finch, A. and Penny, A. (1997): Biomechanical analysis of discus throwing at the 1996 Atlanta Olympic Games. Biomechanics in Sports XV.p365-371.
46. BADURA (IAT Leipzig) and others (2017) : Biomechanical analyses of selected events at the 12th IAAF World Championships

in Athletics, Berlin 15–23 August 2009, A Project by the German Athletics Federation.

47. CLAYNE. R. Jensen (1983) : Applied Kinesiology and Biomechanics New York 3rd edition>
48. Doris I Miller , Richard C Nelson (1973) : Biomechanics of Sport – LEA and FEBIGER – Philadelphia>
49. Duane Knudson (2007): Fundamentals of Biomechanics,2nd ed, Springer Science+Business Media, LLC, 233 Spring Street, New York.
50. Dyson Geoffrey (1977) : The Mechanics of Athletics, London university of London.
51. Ecker, T (1985) : Basic track and field Biomechanics, Losatostaf New press
52. Ellen kreighbaum (1996) : Katharine M. Barthels: Biomechanics, USA.
53. Hussein M. Omer. (2018) : Analysis of Projectiles law for throwing events (Discus, Javelin, Shot put and hammer) in track and field, Journal of Zankoy Sulaimnia part (B-for Humanities) 647-668
54. Jae-Hu Jung, Dong-Soo Kim, Ho-Youl Kang, Woen-Sik Chae, Young-Tae Lim, Chang-Jin Yoon, and Haeng-Seob Lee. (2012) : KINEMATIC ANALYSIS OF THE WOMEN'S JAVELIN THROW AT THE IAAF WORLD CHAMPIONSHIPS, DAEGU 2011, 30th Annual Conference of Marko.
55. James G Hay (1985) : Biomechanics of sport techniques, 2nd ed. N.Y.
56. Jams Hay (1988) : the Biomechanics of sport techniques third edition, N.Y.
57. Jaro Perttunen, Heikki Kyrolanen, Paavo V. Komi, Ariheinonen (2000) : Biomechanical loading in the triple jump, Journal of Sports Sciences.

58. Luciano Allegretti Mercadante and others (2007) : 3D KINEMATICAL ANALYSIS OF THE HAMMER THROW IN COMPETITIONS; XXV ISBS Symposium 2007, Ouro Preto – Brazil;p314-317.
59. Marwa Sakr. (2012) : Women's Hammer Throw Measurement Information System And Kinetic Energy of Body Segments and Hammer Head, Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften.
60. Milan Coh (2003) : Biomechanical analysis of Colin Jackson's hurdle clearance technique, New studies in athletics.
61. Mohammed S. Khalil Al-Samarrai (2015) : Motion Streamline Evaluation of Individual Jumps Through Acceleration Variables in Show Jumping Horses, International Journal of Advanced Sport Sciences Research Vol.3 No.1, March 2015, 530-538
62. Nicholas P. Linthorne (2001) : Analysis of standing vertical jumps using a force platform, American Association of Physics Teachers, Vol. 69, No. 11, November.
63. Simon Coleman (2001) : Kinematics Analysis of the Volley Ball Jump Serve character of character of Solano.
64. Susan J .Hull (1995) : Basic biomechanics, 2nd edition U.S.A McCrae- Hill companies.
65. Watson S.W (1993) : Physical fitness and A athletics performance (London, Long Man).

مصادر الانترنيت

1- https://www.leesaxby.com/foot-function-and-running
2- https://hypertextbook.com/facts/1999/SaraBirnbaum.shtml
3- https://engaging-data.com/kinetic-energy-sports/

الملاحق

ملحق (1)

جدول النسب المثلثية (الجيب ، الجيب التمام ، الظل) للزوايا (0 - 359)

الظل	الجيب تمام	الجيب	الدرجة	الظل	الجيب تمام	الجيب	الدرجة	الظل	الجيب تمام	الجيب	الدرجة	الظل	الجيب تمام	الجيب	الدرجة
tg α	cos α	sin α	α°	tg α	cos α	sin α	α°	tg α	cos α	sin α	α°	tg α	cos α	sin α	α°
-1	-0.707	0.7071	**135°**	∞	0	1	**90°**	1	0.7071	0.7071	**45°**	0	1	0	**0°**
-0.966	-0.719	0.6947	**136°**	-57.29	-0.018	0.9998	**91°**	1.0355	0.6947	0.7193	**46°**	0.018	0.9998	0.0175	**1°**
-0.933	-0.731	0.682	**137°**	-28.636	-0.035	0.9994	**92°**	1.0724	0.682	0.7314	**47°**	0.035	0.9994	0.0349	**2°**
-0.9	-0.743	0.6691	**138°**	-19.081	-0.052	0.9986	**93°**	1.1106	0.6691	0.7431	**48°**	0.052	0.9986	0.0523	**3°**
-0.869	-0.755	0.6561	**139°**	-14.301	-0.07	0.9976	**94°**	1.1504	0.6561	0.7547	**49°**	0.07	0.9976	0.0698	**4°**
-0.839	-0.766	0.6428	**140°**	-11.43	-0.087	0.9962	**95°**	1.1918	0.6428	0.766	**50°**	0.088	0.9962	0.0872	**5°**
-0.81	-0.777	0.6293	**141°**	-9.5144	-0.105	0.9945	**96°**	1.2349	0.6293	0.7771	**51°**	0.105	0.9945	0.1045	**6°**
-0.781	-0.788	0.6157	**142°**	-8.1443	-0.122	0.9925	**97°**	1.2799	0.6157	0.788	**52°**	0.123	0.9925	0.1219	**7°**
-0.754	-0.799	0.6018	**143°**	-7.1154	-0.139	0.9903	**98°**	1.327	0.6018	0.7986	**53°**	0.141	0.9903	0.1392	**8°**
-0.727	-0.809	0.5878	**144°**	-6.3138	-0.156	0.9877	**99°**	1.3764	0.5878	0.809	**54°**	0.158	0.9877	0.1564	**9°**
-0.7	-0.819	0.5736	**145°**	-5.6713	-0.174	0.9848	**100°**	1.4281	0.5736	0.8192	**55°**	0.176	0.9848	0.1736	**10°**
-0.675	-0.829	0.5592	**146°**	-5.1446	-0.191	0.9816	**101°**	1.4826	0.5592	0.829	**56°**	0.194	0.9816	0.1908	**11°**
-0.649	-0.839	0.5446	**147°**	-4.7046	-0.208	0.9781	**102°**	1.5399	0.5446	0.8387	**57°**	0.213	0.9781	0.2079	**12°**
-0.625	-0.848	0.5299	**148°**	-4.3315	-0.225	0.9744	**103°**	1.6003	0.5299	0.848	**58°**	0.231	0.9744	0.225	**13°**
-0.601	-0.857	0.515	**149°**	-4.0108	-0.242	0.9703	**104°**	1.6643	0.515	0.8572	**59°**	0.249	0.9703	0.2419	**14°**
-0.577	-0.866	0.5	**150°**	-3.7321	-0.259	0.9659	**105°**	1.7321	0.5	0.866	**60°**	0.268	0.9659	0.2588	**15°**
-0.554	-0.875	0.4848	**151°**	-3.4874	-0.276	0.9613	**106°**	1.804	0.4848	0.8746	**61°**	0.287	0.9613	0.2756	**16°**
-0.532	-0.883	0.4695	**152°**	-3.2709	-0.292	0.9563	**107°**	1.8807	0.4695	0.8829	**62°**	0.306	0.9563	0.2924	**17°**
-0.51	-0.891	0.454	**153°**	-3.0777	-0.309	0.9511	**108°**	1.9626	0.454	0.891	**63°**	0.325	0.9511	0.309	**18°**
-0.488	-0.899	0.4384	**154°**	-2.9042	-0.326	0.9455	**109°**	2.0503	0.4384	0.8988	**64°**	0.344	0.9455	0.3256	**19°**
-0.466	-0.906	0.4226	**155°**	-2.7475	-0.342	0.9397	**110°**	2.1445	0.4226	0.9063	**65°**	0.364	0.9397	0.342	**20°**
-0.445	-0.914	0.4067	**156°**	-2.6051	-0.358	0.9336	**111°**	2.246	0.4067	0.9135	**66°**	0.384	0.9336	0.3584	**21°**
-0.425	-0.921	0.3907	**157°**	-2.4751	-0.375	0.9272	**112°**	2.3559	0.3907	0.9205	**67°**	0.404	0.9272	0.3746	**22°**
-0.404	-0.927	0.3746	**158°**	-2.3559	-0.391	0.9205	**113°**	2.4751	0.3746	0.9272	**68°**	0.425	0.9205	0.3907	**23°**
-0.384	-0.934	0.3584	**159°**	-2.246	-0.407	0.9135	**114°**	2.6051	0.3584	0.9336	**69°**	0.445	0.9135	0.4067	**24°**
-0.364	-0.94	0.342	**160°**	-2.1445	-0.423	0.9063	**115°**	2.7475	0.342	0.9397	**70°**	0.466	0.9063	0.4226	**25°**
-0.344	-0.946	0.3256	**161°**	-2.0503	-0.438	0.8988	**116°**	2.9042	0.3256	0.9455	**71°**	0.488	0.8988	0.4384	**26°**
-0.325	-0.951	0.309	**162°**	-1.9626	-0.454	0.891	**117°**	3.0777	0.309	0.9511	**72°**	0.51	0.891	0.454	**27°**
-0.306	-0.956	0.2924	**163°**	-1.8807	-0.47	0.8829	**118°**	3.2709	0.2924	0.9563	**73°**	0.532	0.8829	0.4695	**28°**
-0.287	-0.961	0.2756	**164°**	-1.804	-0.485	0.8746	**119°**	3.4874	0.2756	0.9613	**74°**	0.554	0.8746	0.4848	**29°**
-0.268	-0.966	0.2588	**165°**	-1.7321	-0.5	0.866	**120°**	3.7321	0.2588	0.9659	**75°**	0.577	0.866	0.5	**30°**
-0.249	-0.97	0.2419	**166°**	-1.6643	-0.515	0.8572	**121°**	4.0108	0.2419	0.9703	**76°**	0.601	0.8572	0.515	**31°**
-0.231	-0.974	0.225	**167°**	-1.6003	-0.53	0.848	**122°**	4.3315	0.225	0.9744	**77°**	0.625	0.848	0.5299	**32°**
-0.213	-0.978	0.2079	**168°**	-1.5399	-0.545	0.8387	**123°**	4.7046	0.2079	0.9781	**78°**	0.649	0.8387	0.5446	**33°**
-0.194	-0.982	0.1908	**169°**	-1.4826	-0.559	0.829	**124°**	5.1446	0.1908	0.9816	**79°**	0.675	0.829	0.5592	**34°**
-0.176	-0.985	0.1736	**170°**	-1.4281	-0.574	0.8192	**125°**	5.6713	0.1736	0.9848	**80°**	0.7	0.8192	0.5736	**35°**
-0.158	-0.988	0.1564	**171°**	-1.3764	-0.588	0.809	**126°**	6.3138	0.1564	0.9877	**81°**	0.727	0.809	0.5878	**36°**
-0.141	-0.99	0.1392	**172°**	-1.327	-0.602	0.7986	**127°**	7.1154	0.1392	0.9903	**82°**	0.754	0.7986	0.6018	**37°**
-0.123	-0.993	0.1219	**173°**	-1.2799	-0.616	0.788	**128°**	8.1443	0.1219	0.9925	**83°**	0.781	0.788	0.6157	**38°**
-0.105	-0.995	0.1045	**174°**	-1.2349	-0.629	0.7771	**129°**	9.5144	0.1045	0.9945	**84°**	0.81	0.7771	0.6293	**39°**
-0.088	-0.996	0.0872	**175°**	-1.1918	-0.643	0.766	**130°**	11.43	0.0872	0.9962	**85°**	0.839	0.766	0.6428	**40°**
-0.07	-0.998	0.0698	**176°**	-1.1504	-0.656	0.7547	**131°**	14.301	0.0698	0.9976	**86°**	0.869	0.7547	0.6561	**41°**
-0.052	-0.999	0.0523	**177°**	-1.1106	-0.669	0.7431	**132°**	19.081	0.0523	0.9986	**87°**	0.9	0.7431	0.6691	**42°**
-0.035	-0.999	0.0349	**178°**	-1.0724	-0.682	0.7314	**133°**	28.636	0.0349	0.9994	**88°**	0.933	0.7314	0.682	**43°**
-0.018	-1	0.0175	**179°**	-1.0355	-0.695	0.7193	**134°**	57.29	0.0175	0.9998	**89°**	0.966	0.7193	0.6947	**44°**

=يتبع=

الظل	الجيب تمام	الجيب	الدرجة	الظل	الجيب تمام	الجيب	الدرجة	الظل	الجيب تمام	الجيب	الدرجة	الظل	الجيب تمام	الجيب	الدرجة
tg α	cos α	sin α	α°	tg α	cos α	sin α	α°	tg α	cos α	sin α	α°	tg α	cos α	sin α	α°
-1	0.7071	-0.707	**315°**	-∞	0	-1	**270°**	1	-0.707	-0.707	**225°**	0	-1	0	**180°**
-0.966	0.7193	-0.695	**316°**	-57.29	0.0175	-1	**271°**	1.0355	-0.695	-0.719	**226°**	0.018	-1	-0.018	**181°**
-0.933	0.7314	-0.682	**317°**	-28.636	0.0349	-0.999	**272°**	1.0724	-0.682	-0.731	**227°**	0.035	-0.999	-0.035	**182°**
-0.9	0.7431	-0.669	**318°**	-19.081	0.0523	-0.999	**273°**	1.1106	-0.669	-0.743	**228°**	0.052	-0.999	-0.052	**183°**
-0.869	0.7547	-0.656	**319°**	-14.301	0.0698	-0.998	**274°**	1.1504	-0.656	-0.755	**229°**	0.07	-0.998	-0.07	**184°**
-0.839	0.766	-0.643	**320°**	-11.43	0.0872	-0.996	**275°**	1.1918	-0.643	-0.766	**230°**	0.088	-0.996	-0.087	**185°**
-0.81	0.7771	-0.629	**321°**	-9.5144	0.1045	-0.995	**276°**	1.2349	-0.629	-0.777	**231°**	0.105	-0.995	-0.105	**186°**
-0.781	0.788	-0.616	**322°**	-8.1443	0.1219	-0.993	**277°**	1.2799	-0.616	-0.788	**232°**	0.123	-0.993	-0.122	**187°**
-0.754	0.7986	-0.602	**323°**	-7.1154	0.1392	-0.99	**278°**	1.327	-0.602	-0.799	**233°**	0.141	-0.99	-0.139	**188°**
-0.727	0.809	-0.588	**324°**	-6.3138	0.1564	-0.988	**279°**	1.3764	-0.588	-0.809	**234°**	0.158	-0.988	-0.156	**189°**
-0.7	0.8192	-0.574	**325°**	-5.6713	0.1736	-0.985	**280°**	1.4281	-0.574	-0.819	**235°**	0.176	-0.985	-0.174	**190°**
-0.675	0.829	-0.559	**326°**	-5.1446	0.1908	-0.982	**281°**	1.4826	-0.559	-0.829	**236°**	0.194	-0.982	-0.191	**191°**
-0.649	0.8387	-0.545	**327°**	-4.7046	0.2079	-0.978	**282°**	1.5399	-0.545	-0.839	**237°**	0.213	-0.978	-0.208	**192°**
-0.625	0.848	-0.53	**328°**	-4.3315	0.225	-0.974	**283°**	1.6003	-0.53	-0.848	**238°**	0.231	-0.974	-0.225	**193°**
-0.601	0.8572	-0.515	**329°**	-4.0108	0.2419	-0.97	**284°**	1.6643	-0.515	-0.857	**239°**	0.249	-0.97	-0.242	**194°**
-0.577	0.866	-0.5	**330°**	-3.7321	0.2588	-0.966	**285°**	1.7321	-0.5	-0.866	**240°**	0.268	-0.966	-0.259	**195°**
-0.554	0.8746	-0.485	**331°**	-3.4874	0.2756	-0.961	**286°**	1.804	-0.485	-0.875	**241°**	0.287	-0.961	-0.276	**196°**
-0.532	0.8829	-0.47	**332°**	-3.2709	0.2924	-0.956	**287°**	1.8807	-0.47	-0.883	**242°**	0.306	-0.956	-0.292	**197°**
-0.51	0.891	-0.454	**333°**	-3.0777	0.309	-0.951	**288°**	1.9626	-0.454	-0.891	**243°**	0.325	-0.951	-0.309	**198°**
-0.488	0.8988	-0.438	**334°**	-2.9042	0.3256	-0.946	**289°**	2.0503	-0.438	-0.899	**244°**	0.344	-0.946	-0.326	**199°**
-0.466	0.9063	-0.423	**335°**	-2.7475	0.342	-0.94	**290°**	2.1445	-0.423	-0.906	**245°**	0.364	-0.94	-0.342	**200°**
-0.445	0.9135	-0.407	**336°**	-2.6051	0.3584	-0.934	**291°**	2.246	-0.407	-0.914	**246°**	0.384	-0.934	-0.358	**201°**
-0.425	0.9205	-0.391	**337°**	-2.4751	0.3746	-0.927	**292°**	2.3559	-0.391	-0.921	**247°**	0.404	-0.927	-0.375	**202°**
-0.404	0.9272	-0.375	**338°**	-2.3559	0.3907	-0.921	**293°**	2.4751	-0.375	-0.927	**248°**	0.425	-0.921	-0.391	**203°**
-0.384	0.9336	-0.358	**339°**	-2.246	0.4067	-0.914	**294°**	2.6051	-0.358	-0.934	**249°**	0.445	-0.914	-0.407	**204°**
-0.364	0.9397	-0.342	**340°**	-2.1445	0.4226	-0.906	**295°**	2.7475	-0.342	-0.94	**250°**	0.466	-0.906	-0.423	**205°**
-0.344	0.9455	-0.326	**341°**	-2.0503	0.4384	-0.899	**296°**	2.9042	-0.326	-0.946	**251°**	0.488	-0.899	-0.438	**206°**
-0.325	0.9511	-0.309	**342°**	-1.9626	0.454	-0.891	**297°**	3.0777	-0.309	-0.951	**252°**	0.51	-0.891	-0.454	**207°**
-0.306	0.9563	-0.292	**343°**	-1.8807	0.4695	-0.883	**298°**	3.2709	-0.292	-0.956	**253°**	0.532	-0.883	-0.47	**208°**
-0.287	0.9613	-0.276	**344°**	-1.804	0.4848	-0.875	**299°**	3.4874	-0.276	-0.961	**254°**	0.554	-0.875	-0.485	**209°**
-0.268	0.9659	-0.259	**345°**	-1.7321	0.5	-0.866	**300°**	3.7321	-0.259	-0.966	**255°**	0.577	-0.866	-0.5	**210°**
-0.249	0.9703	-0.242	**346°**	-1.6643	0.515	-0.857	**301°**	4.0108	-0.242	-0.97	**256°**	0.601	-0.857	-0.515	**211°**
-0.231	0.9744	-0.225	**347°**	-1.6003	0.5299	-0.848	**302°**	4.3315	-0.225	-0.974	**257°**	0.625	-0.848	-0.53	**212°**
-0.213	0.9781	-0.208	**348°**	-1.5399	0.5446	-0.839	**303°**	4.7046	-0.208	-0.978	**258°**	0.649	-0.839	-0.545	**213°**
-0.194	0.9816	-0.191	**349°**	-1.4826	0.5592	-0.829	**304°**	5.1446	-0.191	-0.982	**259°**	0.675	-0.829	-0.559	**214°**
-0.176	0.9848	-0.174	**350°**	-1.4281	0.5736	-0.819	**305°**	5.6713	-0.174	-0.985	**260°**	0.7	-0.819	-0.574	**215°**
-0.158	0.9877	-0.156	**351°**	-1.3764	0.5878	-0.809	**306°**	6.3138	-0.156	-0.988	**261°**	0.727	-0.809	-0.588	**216°**
-0.141	0.9903	-0.139	**352°**	-1.327	0.6018	-0.799	**307°**	7.1154	-0.139	-0.99	**262°**	0.754	-0.799	-0.602	**217°**
-0.123	0.9925	-0.122	**353°**	-1.2799	0.6157	-0.788	**308°**	8.1443	-0.122	-0.993	**263°**	0.781	-0.788	-0.616	**218°**
-0.105	0.9945	-0.105	**354°**	-1.2349	0.6293	-0.777	**309°**	9.5144	-0.105	-0.995	**264°**	0.81	-0.777	-0.629	**219°**
-0.088	0.9962	-0.087	**355°**	-1.1918	0.6428	-0.766	**310°**	11.43	-0.087	-0.996	**265°**	0.839	-0.766	-0.643	**220°**
-0.07	0.9976	-0.07	**356°**	-1.1504	0.6561	-0.755	**311°**	14.301	-0.07	-0.998	**266°**	0.869	-0.755	-0.656	**221°**
-0.052	0.9986	-0.052	**357°**	-1.1106	0.6691	-0.743	**312°**	19.081	-0.052	-0.999	**267°**	0.9	-0.743	-0.669	**222°**
-0.035	0.9994	-0.035	**358°**	-1.0724	0.682	-0.731	**313°**	28.636	-0.035	-0.999	**268°**	0.933	-0.731	-0.682	**223°**
-0.018	0.9998	-0.018	**359°**	-1.0355	0.6947	-0.719	**314°**	57.29	-0.018	-1	**269°**	0.966	-0.719	-0.695	**224°**

ملحق (2)

جدول التخطيط الأسبوعي والسنوي لتوزيع مفردات المادة

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي — العام الدراسي: 2023-2024

جامعة ---------- — المادة: البايوميكانيك

كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة — عدد الساعات: ساعتين نظرية

فرع ---------- — مدرس المادة: ----------

الفصل الدراسي الأول والثاني

الاسبوع	التاريخ	الفصل	الباب	المبحث	الموضوع
1	2023-10-01				
2	2023-10-08				
3	2023-10-15				
4	2023-10-22				
5	2023-10-29				
6	2023-11-05				
7	2023-11-12				
8	2023-11-19				
9	2023-11-26				
10	2023-12-03				
11	2023-12-10				
12	2023-12-17				
13	2023-12-24				
14	2023-12-31				مراجعة عامة
15	2024-01-07				امتحان الفصل الدراسي الأول

====== يتبع =====

(200)

الاسبوع	التاريخ	الفصل	الباب	المبحث	الموضوع
16	2024-01-28				
17	2024-02-04				
18	2024-02-11				
19	2024-02-18				
20	2024-02-25				
21	2024-03-03				
22	2024-03-10				
23	2024-03-17				
24	2024-03-24				
25	2024-03-31				
26	2024-04-07				
27	2024-04-14				
28	2024-04-21				
29	2024-04-28				مراجعة عامة
30	2024-05-05				امتحان الفصل الدراسي الثاني

ملحق (3)

بيانات لبعض الأدوات والأشخاص

ت	الوزن	(غرام)	الطاقة الحركية	(كيلو جول)	السرعة	(كيلومتر/ساعة)	الزخم	(كغم.م/ثا)
N.	Weight	gm.	Kinetic Energy	Kj	Speed	kph	Momentum	kg m/s
1	Usain Bolt	94000	Usain Bolt	7246.2	Badminton	417	Usain Bolt	1167.2
2	Hammer throw	7260	Hammer throw	3052.8	Golf drive	349	Hammer throw	210.5
3	Discus	2000	Discus	625	Jai Alai	302	Discus	50
4	Javelin	800	Jai Alai	458.6	Tennis serve	253	Javelin	25
5	Handball	450	Javelin	391.7	Baseball batted	195	Handball	16.6
6	Football throw	400	Handball	307.1	Lacrosse	179	Football kick	14.3
7	Football kick	400	Football kick	255.8	Hockey puck	177	Soccer kick	14.3
8	Soccer kick	400	Soccer kick	255.8	Frisbee (disc)	166	Jai Alai	10.9
9	Volleyball	270	Golf drive	216.4	Baseball pitch	163	Football throw	10.7
10	Frisbee (disc)	175	Baseball batted	212.1	Cricket bowl	161	Volleyball	9.9
11	Hockey puck	160	Hockey puck	193.5	Handball	133	Frisbee (disc)	8.1
12	Cricket bowl	157	Frisbee (disc)	185.5	Volleyball	132	Hockey puck	7.9
13	Baseball pitch	145	Volleyball	181.5	Football kick	129	Baseball batted	7.8
14	Baseball batted	145	Lacrosse	176.1	Soccer kick	129	Lacrosse	7.1
15	Lacrosse	143	Cricket bowl	156.9	Table tennis	121	Cricket bowl	7
16	Jai Alai	130	Baseball pitch	147.8	Javelin	113	Baseball pitch	6.6
17	Tennis serve	58	Football throw	143.9	Hammer throw	104	Golf drive	4.5
18	Golf drive	46	Tennis serve	142.9	Football throw	96	Tennis serve	4.1
19	Badminton	5	Badminton	33.5	Discus	90	Badminton	0.6
20	Table tennis	3	Table tennis	1.5	Usain Bolt	45	Table tennis	0.1

https://engaging-data.com/kinetic-energy-sports/

ملحق (4)

الوحدات والتحويلات

الوحدات والتحويلات

المصطلح	النظام المتري	النظام البريطاني	التحويل
Length	meter (m)	foot (ft)	1 ft = 0.3048 m
Mass	kilogram (kg)	slug	1 slug = 14.59 kg
Time	second (s)	second (s)	1 s = 1 s
Force	newton (N = kg × m/s^2)	pound (lb = slug × ft/s^2)	1 lb = 4.448 N
Pressure	pascal (Pa = N/m^2)	pounds per square inch (psi = lb/in^2)	1 psi = 6895 Pa
Energy	joule (J = N × m)	foot pounds (ft-lb)	1 ft-lb = 1.356 J
Power	watt (W = J/s)	horsepower (hp)	1 hp = 7457 W

ملحق (5)

(تعريفات وقوانين ميكانيكية)

1. البايوميكانيك (Biomechanics): علم يبحث في حركة جسم الانسان او الحيوان او النبات او بعض ألاجزاء بطريقة موضوعية ملموسة سواء على سطح الارض او في الماء او في الفضاء بهدف تحديد التكنيك المثالي للحركة ، كما يهتم بدراسة حركة الانسان تحت شروط بيولوجية تشريحية.
2. ديناميكية الحركة (Dynamic Movement): وهو تأثر الحركة بالقوى الداخلية او الخارجية فعندما تتأثر الحركات بقوى الجاذبية ووضع مركز ثقل الجسم والقوة الناتجة من الانقباض العضلي ترتبط بأسس الميكانيكا وقوانينها.
3. الاستاتيك (Static): وهو علم السكون الذي يبحث في حالة استقرار وشروط واتزان الاجسام تحت تأثير القوى الدافعة بمستوى واحد والتي تتلاقى في نقطة ولما كان الجسم البشري جسم حي وعندما تطبق هذا العلم على الجسم الحي.
4. الكينماتيك (Kinematics): فرع من فروع الديناميك ، يدرس الحركة ويصفها وصفا مجردا دون البحث في مسبباتها وهو يصف حركة الاجسام من جوانب الزمن والازاحة والانطلاق ويطبق على الحركات الخطية والدائرية .
5. الكيناتيك (Kinetic): وهو العلم الذي يدرس القوى التي تسبب الحركة وأنه يصف حركة الاجسام من جوانب الوزن والكتلة والزخم والقوة والشغل والطاقة.
6. التحليل الحركي (Movement Analysis): هو تناول الظاهرة الحركية المراد دراستها بعد تجزئتها الى عناصرها الأولية الاساسية المؤلفة لها وقد يكون التحليل تشريحيا ، فسيولوجيا ، كيميائيا ، نفسيا ، تربويا ، ميكانيكيا.
7. التحليل النوعي (Quality Analysis): هو تحليل يعتمد على الملاحظة البصرية او الفديوية والحكم من خلال تقييم الأداء بالوصف والتعرض الى نقاط القوة والضعف فمثلا يوجد ميلان زائد او زاوية الطيران قليلة او ارتفاع الطيران غير كافي ويمكن ان يعتمد على نتائج التحليل الكمي في وصف الأداء.

8. التحليل الكمي (Quantity Analysis): هو التحليل الذي يعتمد على الحكم من خلال القيم الرقمية المؤثرة فيها ومدى الترابط بين هذه القيم وتشمل قيم الزوايا والأزمنة والمسافات والمصطلحات التي تشتق منها.
9. الحركة (Movement): وتعني هي انتقال الجسم او أي جزء منه من مكان الى مكان اخر وباتجاه معين.
10. الحركة المنتظمة او الثابتة (Constant Movement): وهي الحركة التي يقطع الجسم فيها مسافات متساوية في ازمنة متساوية ، أي يتحرك بمعدل سرعة ثابته بحيث لا يحدث تغير في سرعته .
11. الحركة غير المنتظمة (Non-Constant Movement): وهي الحركة التي يقطع فيها الجسم مسافات غير متساوية في ازمنة متساوية ، وتقسم الى : حركة بتعجيل ثابت (تزايدي او تناقصي) ، حركة بتعجيل متغير (تزايدي او تناقصي).
12. الحركة الخطية (Linear Motion): وفيها يتم انتقال الجسم او مراكز ثقله او أجزائه من وضع الى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية متوازنة خلال انتقالها وان سرعة هذه الاجزاء متساوية وتحدث في خط مستقيم.
13. الحركة الدائرية (Rotation Motion): وهي الحركة التي يسير بها الجسم بشكل دائري حول محور داخل الجسم او محور خارجه بحيث يرسم الجسم ككل او مراكز ثقله او اجزاءه مسارات وخطوط دائرية ذات أنصاف أقطار غير متساوية وان اجزاء الجسم تنتقل هنا بسرع مختلفة تبعا لاختلاف بعدها عن محور الدوران.
14. السرعة (Speed): هي المسافة المقطوعة في وحدة الزمن .
15. السرعة المتجهة (Velocity): هي الازاحة المقطوعة في وحدة الزمن .
16. السرعة اللحظية او الانية (Instantaneous Velocity): اقل مسافة ممكنة في اقل زمن ممكن .
17. المحصلة (Result): هو مقدار القيمة الناتجة من جمع او طرح متجهات للسرعة او القوة سواء كانت على خط مسار واحد او متعامدة او تشكل زاويا بينها.

18. التعجيل (Acceleration): هو التزايد او التناقص في السرعة ، وقد يكون التعجيل موجب (تصاعدي) او سالب (تناقصي) ، وقد يكون منتظم او غير منتظم .
19. السرعة الزاوية (Angular Velocity): هي معدل الانتقال الزاوي للجسم في وحدة الزمن.
20. السرعة المحيطية (Circumferences Speed): هي النسبة بين المسافة التي يقطعها الجسم على محيط دائرة الى الزمن المستغرق .
21. الزاوية نصف القطرية (Radian): هي الزاوية المقابلة لقوس الدائرة الذي قطعه الجسم في حركته والذي يساوي طوله نصف قطر الدائرة .
22. المقذوف (Projectiles): جسم حر الحركة في الهواء انطلق بتأثير قوة .
23. المقذوفات الرأسية (Vertical Projection): هي المقذوفات التي تأخذ المسار العمودي (راسي).
24. المقذوفات الأفقية (Horizontal Projection): هي المقذوفات التي تحدث مسارا أفقيا .
25. العتلات او الروافع (Levers): وهي سلسة عمل تحتوي على ثلاث نقاط هي نقطة الارتكاز ، نقطة تأثير القوة ، نقطة تأثير المقاومة ، ولكي تبقى العتلة في حالة توازن يجب ان يكون ذراع القوة مساويا الى ذراع المقاومة وعلى أساس المعادلة التالية :
26. القوة (Force): وتعني كل ما يغير او يحاول ان يغير من شكل الجسم او حالته الحركية مقدارا او اتجاها.
27. القوة المركزية (Centripetal Force): وهي القوى التي تحاول الحد من تأثير القوى اللامركزية (الطاردة) ، أي التي تسحب الجسم الى مركز الدوران .
28. القوة الطاردة (Centrifugal Force): وهي القوة الناتجة من حركة الجسم بشكل دائري والتي تعمل على سحب الجسم الى الخارج بعيدا عن المركز .
29. النيوتن (Newton): قوة اذا أثرت على جسم كتلته 1 كيلوغرام اكسبته تعجيلا مقداره 1م/ثا2.

30. الداين (Dine): قوة اذا أثرت على جسم كتلته 1 غرام اكسبته تعجيلا مقداره 1سم/ثا2.
31. الشغل (Work): لو أثرت قوة معينة في جسم وتحرك بفعل تأثير القوة فأنه يكون قد انجز شغلا ويقاس بالجول.
32. القدرة (Power): وهي الشغل المنجز في وحدة الزمن ، وتقاس بالواط .
33. الطاقة (Energy): هي قابلية الجسم على انجاز شغل، وينص القانون العام للطاقة بأنه الطاقة لا تفنى ولا تستحدث وإنما تتحول من شكل الى اخر.
34. الطاقة الحركية (Kinetic Energy): وهي الطاقة المسببة للحركة في الجسم.
35. الطاقة الكامنة (Potential Energy): وهي الطاقة التي يمتلكها الجسم في وضع معين اثناء الثبات (طاقة ميكانيكية) ويعبر عنها :
36. قوة الاحتكاك (Force Friction): وهي القوة الناشئة بين الجسم المتحرك والسطح الذي تتم عليه الحركة وتساوي هذه القوة ، القوة الدافعة للجسم بالمقدار وتعاكسها في الاتجاه.
37. معامل الاحتكاك (Friction coefficient): هي ناتج قسمة قوة الاحتكاك على مقدار الضغط الذي يسلطهُ الجسم على السطح . وان معامل الاحتكاك يختلف اذا كانت الجسم ساكناً او متحركا ، فاذا كان الجسم في حالة الثبات عندئذ يكون معامل الاحتكاك اكبر مما لو كان الجسم في حالة حركة .
38. عزم القصور الذاتي (Moment of Inertia): يفهم من القصور الذاتي هو مقدار المقاومة التي يمتلكها الجسم للحفاظ على السكون او الحركة ضد التغيير. اما عزمه فهو عبارة عن مجموع اجزاءه وهذا يتوقف على مقدار كتلة الجسم وبعده عن المحور.
39. التصادم (Impact): أي جسم في حالة حركة عند ملامسة لجسم اخر سواء كان كامنا او متحركا تطلق عليه التصادم.
40. الزخم (Moment): عبارة عن كمية الحركة التي يمتلكها الجسم اثناء حركته وقانونه (الكتلة × السرعة).

41. عزم الدوران (Torque of Rotations): ان العزم هو حاصل ضرب القوة في المسافة العمودية بين خط عملها ومركز دوران الجسم . ويعرف هذا الناتج في الاستاتيك عزم القوة او عزم الانحناء . وينشأ عزم الدوران عند تأثير قوة على جسم حر الحركة ويكون خط تاثيرها بمسافة عمودية عن مركز ثقل الجسم .
42. دفع القوة (Impact): هي القوة التي تؤثر في فترة زمنية معينة.
43. زاوية السقوط (Angle of Incidence): وهي الزاوية التي تتكون من البعد العمودي لمركز ثقل الجسم عن سطح الارتكاز ومن البعد الافقي له عندما يكون وافقا فوق حافة السقوط ، وان لكل جسم زاوية سقوط ويمكن تحديدها بمعرفة ظلها.
44. قانون الجاذبية الأرضية (Law of Gravity): كل كتلة في الكون تجذب أي كتلة اخرى بقوة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب الكتلتين وعكسيا مع مربع البعد بين مركزيهما.
45. التوازن والسكون (Static): ان التوازن والسكون في الحركات الرياضية المختلفة ، يمكن معرفة عن طريق العلاقة بين الجاذبية وموضع مركز الثقل ، ان التوازن يتم عندما تكون محصلة القوى الخارجية المؤثرة على الجسم تساوي صفرا.
46. الوزن النوعي (Quality Weight): من حيث العلاقة بين وزن الجسم ومقدار ما يزيحه من الماء نتيجة انغماره .
47. الضغط (Pressure): اذا أثرت قوة في جسم وكانت نقطة تأثيرها أي المساحة التي يقع عليها التأثير الفعلي للقوة صغيرة فأن الضغط المتولد نتيجة القوة يكون كبيرا ويفهم من هذا ان النسبة بين القوة المؤثرة والمساحة التي تؤثر فيها القوة من وجهة النظر الميكانيكية تسمى الضغط .
48. ثلاثي الابعاد (Three Dimension): ويدرس الجسم من خلال ثلاثة محاور وهي المحوريين (X ، Y) الافقيين والمحور العمودي (Z).

49. الكينماتيك احادي البعد (One-Dimensional Kinematics): ويهتم بكل المواضيع التي تخص المسافة والازاحة والسرعة والتعجيل وتحليل المركبات والاتجاهات في احد البعدين الافقي او العمودي
50. الكينماتيك ثنائي البعد (Two-Dimensional Kinematics): ويهتم بكل المواضيع التي تخص المقذوفات والمحصلة والحركة في البعدين الافقي والعمودي.

البايوميكانيك والرياضة

Biomechanics and Sports

Prof. Dr. Hussein Mardan Omer

الطبعة الأولى
2023

كتب للمؤلف

- الإحصاء المتقدم في العلوم التربوية والتربية البدنية مع تطبيقات SPSS - الطبعة الاولى (2006)
- الإحصاء الرياضي في الاكسل – الطبعة الاولى (2010)
- البايوميكانيك في الحركات الرياضية – الطبعة الأولى (2011)
- الإحصاء التحليلي بين النظرية والتطبيق – الطبعة الأولى (2011)
- البايوميكانيك في الحركات الرياضية – الطبعة الثانية (2018)
- مواضيع في البايوميكانيك – الطبعة الأولى (2019)
- مواضيع في البايوميكانيك – الطبعة الثانية (2021)

رقم الإيداع في دار الكتب والوثائق ببغداد (1156) لسنة (2023م)

ISBN

Biomechanics and Sports

