الكلية	التربية البدنية وعلوم الرياضة
القسم	.....
المادة باللغة الانجليزية	Sports biomechanics
المادة باللغة العربية	البايوميكانيك الرياضي
المرحلة الدراسية	الثانية
اسم التدريسي	م.د. جاسم نافع حمادي
عنوان المحاضرة باللغة الانجليزية	Straight kinematics complement
عنوان المحاضرة باللغة العربية	تكملة الكينماتك المستقيم
رقم المحاضرة	5
المصادر والمراجع	البايوميكانيك الرياضي للدكتور سمير مسلط 1999
	البايوميكانيك في الحركات الرياضية – الدكتور حسين مردان، عمر اياد 2018
	البايوميكانيك الرياضي – اياد عبدالرحمن، غفار سعد 2022

محتوى المحاضرة

المحاضرة الخامسة

الكميات القياسية والكميات المتجهة

لدراسة الكميات الميكانيكية ومعرفة ماهيتها عند دراستنا لعلم البايوميكانيك نجد ان هناك تفريقا بين هذه الكميات من حيث طبيعة تعريفها، فعلى هذا الأساس تنقسم إلى كميات قياسية وكميات متجهة، فالكمية القياسية يكفي لتعريفها ذكر مقدارها فقط، أي يمكننا التعبير عن درجة حرارة الجو بمقدار معين، أو لتعريف كتلة جسم معين بأنها (10) كغم، وكذلك بالنسبة للكميات الأخرى التي تعرف بمقدارها فقط كـ(**المسافة، والزمن والطول**).

أما الكميات المتجهة فلا يكفي لتعريفها ذكر مقدارها فقط، بل ينبغي ذكر اتجاهها أيضا، فعند دراستنا للقوة ككمية ميكانيكية يجدر بنا ان نذكر بجانب قيمتها اتجاهها أيضا، حيث يمكن تمثيل مقدار القوة بخط يعبر عن مقدارها وفي النهاية يحدد الاتجاه من

خلال سهم يشير الى ذلك، فنقول أن قوة مقدارها (200) نيوتن أثرت في جسم آخر بالاتجاه المبين الذي يؤشره السهم، وكذلك الحال بالنسبة إلى الكميات المتجهة الأخرى مثل (**الإزاحة، التعجيل، وكمية الحركة.. الخ**)، فإذا ما أردنا دفع باب من اتجاهين مختلفين أي من الأمام والخلف بقوتين متساويتين فأننا سوف نجد أن الباب لا يتحرك مالم تغير اتجاه إحدى القوتين، فحركة الباب تعتمد على مقدار القوة واتجاهها.

السرعة والسرعة المتجهة

عندما يتحرك جسم من مكان إلى آخر فأن حدوث الحركة يتم في وقت معين ويختلف الوقت المستغرق لقطع مسافة محددة من جسم إلى آخر، فقطع مسافة (10) كيلومترات بواسطة سيارة مسرعة تستغرق وقتا أقصر من زمن قطع المسافة نفسها بواسطة الركض، ويعد الزمن الآخر أقصر من زمن قطع المسافة مشيا على الإقدام، وعلى هذا الأساس يمكن صياغة العلاقة بين السرعة والمسافة والزمن على النحو الآتي:

السرعة تساوي المسافة المقطوعة في وحدة الزمن

تتكون وحدة السرعة من وحدة مركبة وهي وحدة المسافة ووحدة الزمن فنقول عداء يركض بسرعة (6) متر/ثانية، أو سيارة تسير بسرعة (40) كم/ساعة.

كما ذكرنا سابقا أن السرعة تعد كمية متجهة أي ينبغي ذكر اتجاهها إضافة إلى مقدارها عند دراستها، أن استعمال كلمة السرعة التي نتداولها دائما في مجالنا الرياضي هي ترجمة لكلمة (Speed)، ولكن من وجهة النظر الميكانيكية البحتة يعبر هذا المصطلح عن كمية السرعة، وليس المقصود السرعة بمفهومها الميكانيكي أي السرعة المتجهة (Velocity) التي تمثل كمية السرعة التي يتحرك بها الجسم إضافة الى اتجاهها.

أوضحنا في موضع سابق الفرق بين المسافة والإزاحة من وجهة النظر الميكانيكية، وبالنظر للارتباط الوثيق بين السرعة والمسافة فلابد لنا من توضيح العلاقة الرياضية بين السرعة ككمية لحركة الجسم والسرعة المتجهة وبين المسافة والإزاحة.

السرعة (Speed): تعني المسافة المقطوعة في وحدة الزمن، أو هي معدل تغير المسافة بالنسبة للزمن، وهي كمية قياسية: يكفي للتعبير عنها ذكر مقدارها، وحدة القياس: متر/ثانية.

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

السرعة المتجهة (Velocity): وهي الإزاحة المقطوعة في وحدة الزمن، أو هي معدل تغير الإزاحة بالنسبة للزمن، وهي كمية متجهة: يكفي للتعبير عنها ذكر مقدارها واتجاهها، وحدة القياس: متر/ثانية.

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

أصبح من الواضح التفريق بين مصطلحي السرعة والسرعة المتجهة من وجهة النظر الميكانيكية البحتة اللذين غالبا ما نعبر عنهما بمصطلح السرعة بشكل عام.

مثال:

عندما يتحرك سباح لقطع مسافة (50) متر بزمن قدرة (30) ثانية، وكان طول حوض السباحة (25) متر ذهابا وإيابا، استخرج السرعة والسرعة المتجهة؟

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \frac{\mathbf{50}\text{ متر}}{\mathbf{30}\text{ ثانية}} = 1.67 \text{ متر/ثانية}$$

$$\text{السرعة المتجهة} = \frac{\text{الازاحة}}{\text{الزمن}} = \frac{\mathbf{0}\text{ متر}}{\mathbf{30}\text{ ثانية}} = 0 \text{ متر/ثانية}$$

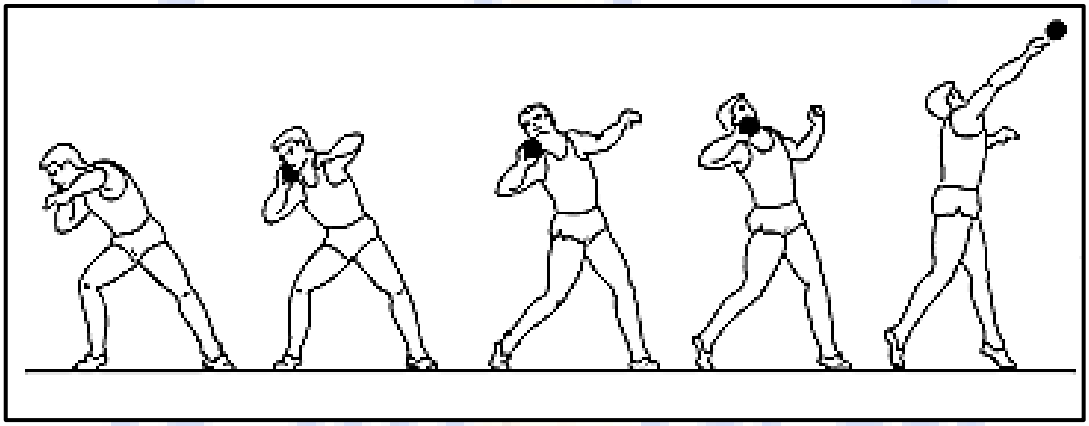
السرعة اللحظية أو الآنية

أحياناً تتغير سرعة الجسم في فترات زمنية قصيرة، فلتحديد سرعة ذلك الجسم في لحظة معينة يجب معرفة مقدارها في أصغر مسافة مقطوعة في أصغر فترة زمنية، عندئذ تسمى السرعة اللحظية أو الآنية، وهي **أصغر فرق في المسافة على أصغر فرق في الزمن**، ويمكن ان نستخرج هذه السرعة اللحظية عن طريق القانون التالي:

$$\text{السرعة اللحظية} = \frac{\text{أصغر فرق في المسافة}}{\text{أصغر فرق في الزمن}} = \frac{\Delta \text{ م}}{\Delta \text{ ن}}$$

مثال:

تبين ان أقل زمن يستغرقه الثقل عند انطلاقه من يد الرامي الى لحظة اجتيازه مسافة بقدر قطره قد بلغ (0.02) ثانية، احسب السرعة اللحظية لانطلاق الثقل؟ اذا علمت ان قطر الثقل هو (12) سم.



الحل:

بداية نقوم بتحويل مقدار قطر الثقل من السنتمتر الى المتر وذلك بقسمة القيمة على 100، إذن (12 ÷ 100 = 0.12) متر

$$\text{السرعة اللحظية} = \frac{\text{أصغر فرق في المسافة}}{\text{أصغر فرق في الزمن}} = \frac{\mathbf{0.12}}{\mathbf{0.02}} = 6 \text{ متر/ثانية}$$

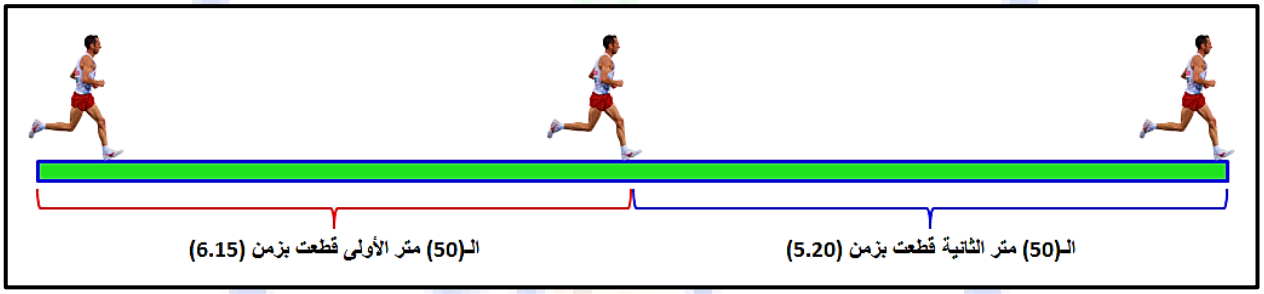
متوسط السرعة

اذا كان لدينا أكثر من سرعة يمكننا استخراج متوسط تلك السرع (معدل السرع) عن طريق حاصل جمع السرع على عددها.

$$\text{متوسط السرع} = \frac{\text{السرعة الأولى} + \text{السرعة الثانية} \ldots\ldots\ldots\ldots}{2}$$

كما في المثال الآتي:

عداء يركض (100) متر، يقطع الـ(50) الأولى بزمن قدره (6.15) ثانية، والـ(50) متر الثانية بزمن قدره (5.20) ثانية، احسب معدل سرعة العداء في ركض الـ(100) متر؟



الحل:

نستخرج السرعة الأولى: $\text{س} = \frac{\mathbf{50}\ \text{متر}}{\mathbf{6.15}\ \text{ثانية}} = 8.13\ \text{متر/ثانية}$

نستخرج السرعة الثانية: $\text{س} = \frac{\mathbf{50}\ \text{متر}}{\mathbf{5.20}\ \text{ثانية}} = 9.61\ \text{متر/ثانية}$

$$\text{معدل السرعة} = \frac{\text{س}\mathbf{1} + \text{س}\mathbf{2}}{\mathbf{2}} = \frac{\mathbf{9.61+8.13}}{\mathbf{2}} = \frac{\mathbf{17.74}}{\mathbf{2}} = 8.87\ \text{متر/ثانية}$$

السرعة كمية متجهة

إن السرعة هي إحدى الكميات الميكانيكية التي يتم تناولها بشكل مستمر سواء في العمل أو في الحياة اليومية أو أثناء دراستنا للحركة في المجال الرياضي.

ذكرنا سابقا أن خاصية السرعة من الناحية الميكانيكية هي خاصية الاتجاه، فعند دراستنا لفعل تأثير السرعة يتم التعامل مع هذه الكمية على أساس بياني، بمعنى اذا سار جسم بتأثير سرعتين في الوقت نفسه فأن الفعل التأثيري لهذه السرع يعتمد على اتجاهاتها فإذا كانت السرعتان في اتجاه واحد فإن محصلتهما هي عبارة عن جمعهما هندسيا.

محصلة السرعة = السرعة الأولى + السرعة الثانية

محصلة السرعة = 5 متر/ثانية + 1 متر/ثانية = 6 متر/ثانية

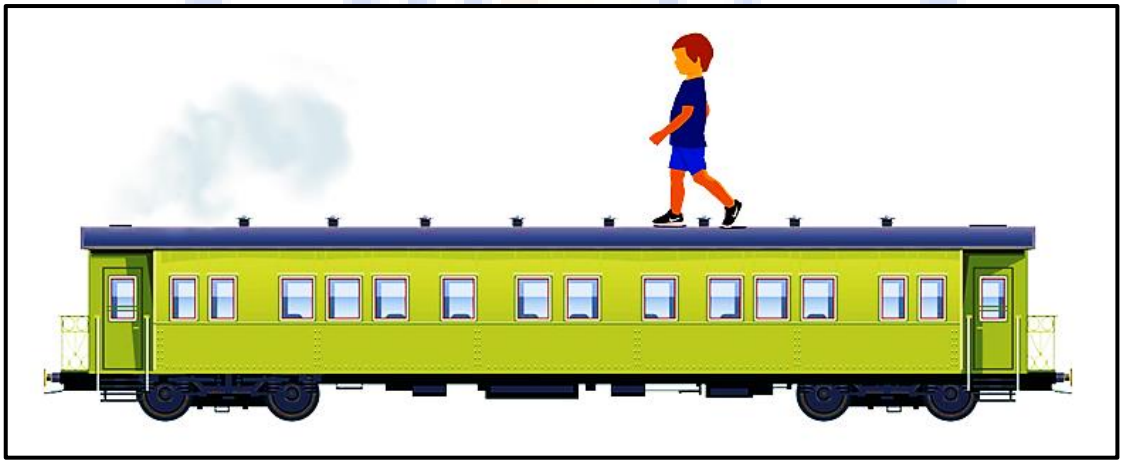
أما اذا كانت السرعتان في اتجاهات مختلفة وعلى خط عمل واحد فأن محصلتهما النهائية هي الفرق بينهما.

UNIVERSITY OF ANBAR

محصلة السرعة = السرعة الأولى – السرعة الثانية

محصلة السرعة = 5 متر/ثانية – 1 متر/ثانية = 4 متر/ثانية

وهناك أمثلة كثيرة في الحياة اليومية على هذه الخاصية، فإذا سار راكب القطار باتجاه حركة القطار نفسها فأن سرعة الراكب هي عبارة عن سرعته + سرعة القطار بينما اذا كان يسير نحو مؤخرة القطار فأن سرعته هي الفرق بين سرعة القطار – سرعة الراكب.



يمكن تطبيق المبدأ نفسه على الحركات الرياضية وخاصة فعاليات الرمي حيث يمكن جمع سرعات اليد الرامية في رمي الثقل مع سرعة الثقل في الاتجاه نفسه أو سرعة كرة

القدم عندما تتحرك باتجاه معين ويتم ضربها من اللاعب بالاتجاه نفسه فتكون السرعة النهائية في كلتا الحالتين هي المجموع الجبري للسرعتين، أما في فعالية رمي الرمح ففي المرحلة الأولى تكون سرعة الرمح هي سرعة الرامي نفسها، ولكن أثناء الخطوات الأخيرة من الرمي التي يتم فيه ترجيع الرمح إلى الخلف فأن سرعة الرمح هي الفرق بين سرعة الجسم وسرعة الرمح على الرغم من أن الحركة النهائية للرمح هي في اتجاه الرمي.

يتأثر جسم الإنسان في بعض الحالات بأكثر من سرعة ولكن خط عملها ليس على خط عمل واحد، ففي هذه الحالة تكون السرعة بزاوية فيمكن استخراجها عن طريق المحصلة فإذا كانت الزاوية قائمة فيتم استخراج المحصلة عن طريق تطبيق نظرية فيثاغورس.

UNIVERSITY OF ANBAR

مثال:

قارب يحاول عبور نهر بسرعة (8) متر/ثانية، وكان اتجاه تيار الماء أفقيا بسرعة (6) متر/ثانية، احسب مقدار سرعة القارب النهائية؟

الحل:

سرعة القارب النهائية = السرعة الأولى تربيع + السرعة الثانية تربيع

سرعة القارب النهائية = $\sqrt{8^2 + 6^2}$ = $\sqrt{64 + 36}$ = $\sqrt{100}$

إذن سرعة القارب النهائية = 10 متر/ثانية

التعجيل

عند قطع العداء لمسافة معينة وتكون حركته منتظمة فأن ذلك يعني أن سرعته في أي لحظة من لحظات الحركة هي ثابتة، أما إذا كانت حركته غير منتظمة فعندئذ تتغير سرعته من لحظة لأخرى حيث يطلق على التغيير في مقدار السرعة مصطلح **التعجيل**، ويعبر عن تزايد السرعة تدريجيا بـ(**التعجيل الموجب**)، أما إذا كانت السرعة تتناقص تدريجيا فيعبر عنه بـ(**التعجيل السالب**).

لنضرب المثال الآتي زيادة في توضيح ماهية التعجيل، عندما يبدأ عداء بالركض ويقطع الـ(10) أمتار الأولى بزمن قدره (3) ثانية، والـ(10) أمتار التي تليها بزمن (1.8) ثانية، بينما الأمتار الـ(10) الثالثة بـ(1.6) ثانية، نستنتج من هذا أن قطع المسافات نفسها بأزمنة تقل تدريجيا يدل على أن سرعة الجسم تزداد تدريجيا ومن ثم تكون حركة العداء بتعجيل موجب، أما اذا حدث العكس بأن يقطع العداء مسافات متساوية بأزمنة تزداد تدريجيا، فإن هذا يعني ان الحركة تتم بسرعة تقل تدريجيا فعندئذ نقول أن العداء يتحرك بتعجيل سالب.

يتضح مما سبق ان العداء الذي يقطع مسافات متساوية بأزمنة متساوية فأن حركته في هذه الحالة منتظمة عندئذ يكون التعجيل مساويا للصفر، أما في حالة الحركة غير المنتظمة فذلك يعني حدوث تغير في سرعة الجسم.

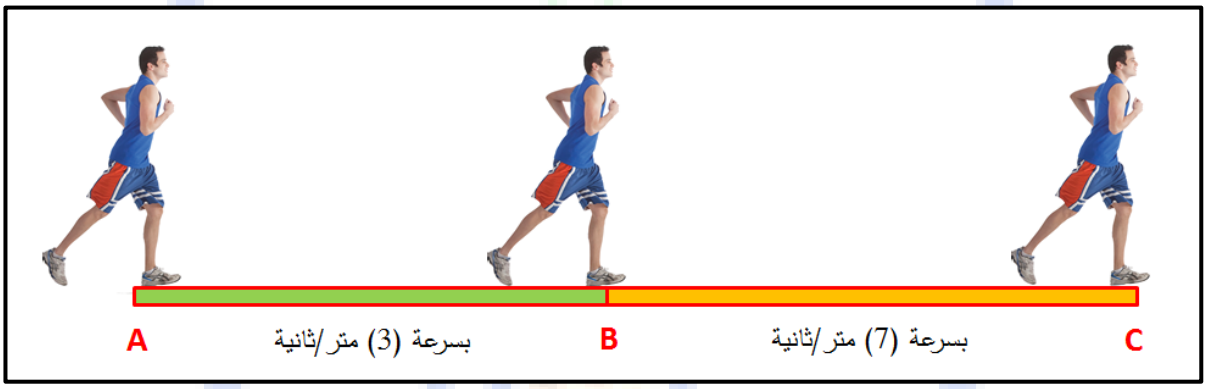
التغير في السرعة = السرعة النهائية – السرعة الابتدائية

ولما كان هذا التغير في السرعة يحدث في فترة زمنية محددة فمن الممكن إيجاد العلاقة بين مصطلح التعجيل والتغير الحادث في سرعة الجسم في فترة زمنية.

$$\text{ليصبح قانون التعجيل} = \frac{\text{السرعة الثانية} - \text{السرعة الأولى}}{\text{ن}}$$

فعلى سبيل المثال:

ينطلق عداء من نقطة (A) إلى (B) بسرعة (3) متر/ثانية، وعندما يصل الى نقطة (C) تبلغ سرعته (7) متر/ثانية، وكان زمن قطع المسافة الكلية هو (3) ثانية، احسب مقدار التعجيل؟



الحل:

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{السرعة الثانية} - \text{السرعة الأولى}}{\text{ن}} = \frac{3-7}{3} = \frac{4}{3} = 1.33 \text{ متر/ثانية}$$

وفي هذه الحالة يكون التعجيل موجبا.

أما إذا حدث العكس وكانت سرعة العداء عند النقطة (B) هو (7) متر/ثانية، وعند وصوله الى النقطة (C) كانت سرعته (3) متر/ثانية، فإن التعجيل يكون سالبا.