الكينماتك الخطي وحركات جسم الانسان

Linear Kinematics and the motions of human body

Prepared by:

Prof. Ahmed Waleed Abdulrahman

Postgraduate Studies (M.A) 2021 – 2022

مقدمة:

إن الرياضة أصبحت في مفهومها العام علماً وفناً له أصوله وقواعده التي تميزه عن العلوم الأخرى، فهي تعتمد على علوم الفيزياء والكيمياء والطب وغيرها من العلوم الأخرى، وان البايوميكانيك يجمع مختلف هذه العلوم من اجل تقديم الأفضل للأداء الرياضي وانجازه، لذا أصبح علم البايوميكانيك من العلوم المهمة في التربية الرياضية لاستعمالاته الواسعة في مختلف المجالات بل أصبح العلم الجوهري لكل العمليات التعليمية والتدريبية ولا يمكن الاستغناء عنه وعلى أساسه يتم تفسير مجريات تلك العمليات كافة.

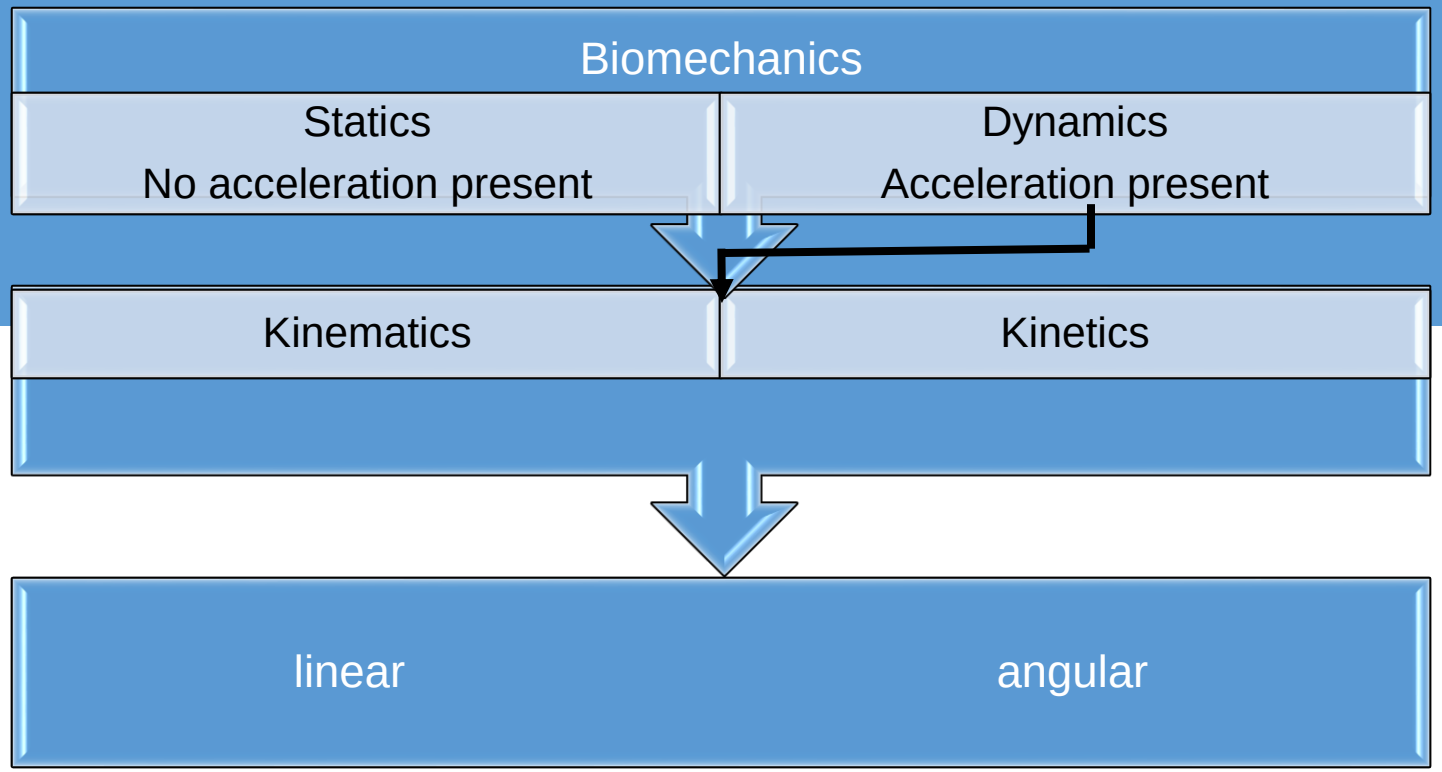
يقصد بالبايوميكانيك (Biomechanics) **التعرف على الارتباط الوثيق بين الجانبين البايولوجي الحيوي (Bio) والميكانيكي (Mechanics) لدراسة الحركة الرياضية وبالتالي الوصول بالاداء الى الافضل من خلال إيجاد التكنيك الامثل واستثمار وتوظيف القوى بشكل جيد ورسم المسارات الحركية الملائمة لأجزاء الجسم بأكمله..** وعموما ينقسم البايوميكانيك الى **قسمين أساسين:**

1.السكون أو الستاتيك Statics: وهو العلم الذي يغطي الحالات التي تكون فيها جميع القوى المؤثرة على الجسم متوازنة والجسم في حالة سكون أو ثبات.

2.المتحرك أو الداينميك Dynamics: وهو العلم الذي يبحث طبيعة القوى المتحركة وغير المتوازنة والتي تسبب تغيراً في سرعته وإتجاهه، وينقسم هذا العلم الى قسمين داخليين:

* الكينماتيك Kinematics: وهو العلم الذي يعني دراسة الحركة دراسة وصفية من حيث زمانها ومكانها بصرف النظر عن القوى التي تسبب الحركة، وقد يكون الكينماتيك إنتقالياً مستقيماً ويسمى بـالكينماتيك الخطي (Linear Kinematics) أو يكون حول محور ثابت ويسمى بـالكينماتك الزاوي أو الدوراني (Kinematics Angular)

* الكينيتيك Kinetics: هو العلم الذي يتناول دراسة القوى في حالات الثبات أو الحركة، وقد يكون الكينيتيك خطاً مستقيما ويسمى بـالكينيتيك الخطي Linear Kinetics أو دورانيا ويسمى بـالكينيتيك الدوراني أو الزاوي Angular Kinetics.



الكينماتيك المستقيم Linear Kinamatics: هو أحد فروع الكينماتيك الذي يقوم بدراسة متغيرات الحركة دراسة وصفية ظاهرية خلال الحركات المستقيمة أو الانتقالية، وقد تكون المتغيرات على شكلين هما:

الكميات القياسية والكميات المتجهة:
تقسم الكميات الفيزيائية (الميكانيكية) إلى نوعين:

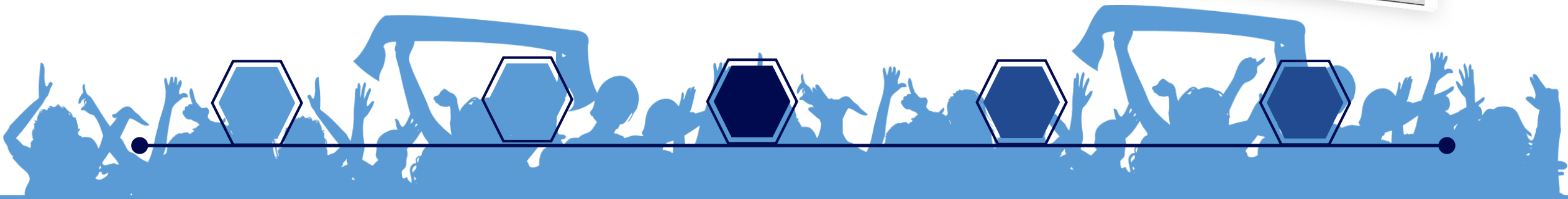
* الكميات العددية (القياسية) Scalar Quantities
وهذه الكميات يلزم لتعريفها ذكر مقدارها (عدد حقيقي) ووحدة قياسها فقط، ومن هذه الكميات المسافات، والزمن، والطول، والحجم، والكتلة ودرجة الحرارة.
فمثلاً نقول أن حجم الكرة= $cm250^3$، وكتلة الكرة= gm400 ودرجة حرارة الجو بمقدار معين.

* الكميات المتجهة Vector Quantities
وهي الكميات التي يلزم لتعريفها ذكر مقدارها، ووحدة قياسها وإتجاهها، ولايكتمل تعريفها إلا بهذه العناصر الثلاث، ومن هذه الكميات المتجهة القوة، حيث عند دراستنا للقوة ككمية ميكانيكية يجدر بنا أن نذكر بجانب قيمتها ووحدة قياسها، يجب أن نذكر إتجاهها، فمثلاً نقول أن قوة مقدارها N100 قد أثرت على جسم أوبذلها جسم الرياضي، فهنا يجب ذكر إتجاهها لأن النتيجة سوف تختلف بإختلاف الاتجاه، وكذلك الحال بالنسبة للكميات المتجهة الاخرى مثل الازاحة، والتعجيل، والوزن وكمية الحركة والسرعة المتجهة.

مثال:

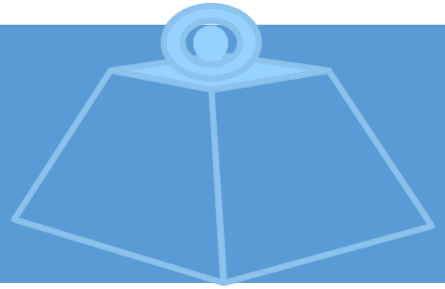
الكميات العددية (القياسية) (Scalar Quantities)	الكميات المتجهة (Vector Quantities)
Mass الكتلة	Weight الوزن
Speed السرعة	Velocity السرعة المتجهة
Volume الحجم	Acceleration التعجيل
Density الكثافة	Force القوة
Area المساحة	Momentum الزخم
Distance المسافة	Displacement الازاحة
Temperature الحرارة	Thrust الدفع
Pressure الضغط	Direction الإتجاه
Work الشغل	Lift الرفع
Power القدرة	Drug السحب
Energy الطاقة	
Length الطول	
Time الزمن	

مثال: إذا قلنا أن قوتين أحدهما N50 والاخرى N40 فما مقدار التأثير النهائي لهاتين القوتين؟ هنا لا يمكننا من معرفة محصلة القوتين ما لم نحدد إتجاهاتها، عندئذ يتحدد التأثير النهائي بالإتجاه فضلاً عن المقدار، ويمكن تمثيل الكميات المتجهة بيانياً، وكما في الشكل الاتي:



االكتلة والوزن (Mass and Weight):

إن إصدار القوة العضلية هو الاساس في إحداث الحركة، سواء كانت حركة إعتيادية أو مهارة رياضية مثل الوثب العريض ورمي الثقل ومهارات الجمناستك وغيرها من الفعاليات الرياضية.. ففي كل هذه الفعاليات يكون للقوة تأثير ينتج عنه تغيير في حالة الجسم الحركية أو الشكلية، حيث إنها تعني: "الفعل الميكانيكي الذي يغير أو يحاول تغيير حالة الجسم الحركية أو الشكلية الذي يؤثر فيه وتقاس القوة بوحدات النيوتن أو الداين"، ولكن يجب أن نفهم الجانب الميكانيكي الاتي:



إن وجود الحركة يعني أن هناك قوة مؤثرة، أي أن الحركة مظهر من مظاهر القوة

أن وجود القوة لا يعني وجود حركة، حيث أن القوة من الممكن أن تغير أو تحاول التغيير من حالة الجسم الحركية أو الشكلية، ووفقاً لذلك فقد تكون هناك قوة مؤثرة ولكن لا تستطيع أن تتغلب على القصور الذاتي للجسم وبالتالي لا يحدث التغيير المذكور

-من هنا وجب علينا التفريق بين الكتلة والوزن كمصطلحين لهما مفهومين مختلفين، أن الكثير منا يعتقد أن التدريبات التي تتم بالاثقال والتي تقاس بالكيلو غرام هي عبارة عن كتل ولكنها في واقع الحال هي قوة او وزن مؤثر بإتجاه الاسفل بفعل الجاذبية الارضية ووحدة قياسه هي $(N) = Kg.m/s^2$ فالوزن: هو مجرد مقياس لقوة الجذب التي يخضع لها الجسم ولا علاقة له بالكتلة.. فوزن الاجسام يختلف من مكان لاخر وبدون معرفة كتلة الجسم لايمكن معرفة وزنه.

الفرق بين الوزن والكتلة		
	الوزن Weight	الكتلة Mass
1.	كمية قياسية متجهة	كمية قياسية
2.	تقاس بالنيوتن أو الداين	تقاس بالكيلوغرام أو الغرام
3.	تعبر عن مقدار قوة جذب الارض للجسم	تعبر عن مقدار ما يحتويه الجسم من مادة
4.	تتغير قيمته بتغير موقع الجسم من حيث الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح الارض	لا تتغير قيمته بتغير موقع الجسم

المسافة والازاحة:

المسافة Distance: طول المسار الذي يتحركه الجسم (المسار الكلي للحركة) وتقاس بالمتر وهي كمية قياسية.

الازاحة Displacement: أقصر مسافة متجهة من نقطة بداية الحركة الى نهايتها (المستقيم الواصل بين نقطتين) وتقاس بالمتر وهي كمية متجهة يجب ذكر إتجاهها لتعريفها.

Displacement = الموقع النهائي – الموقع الابتدائي

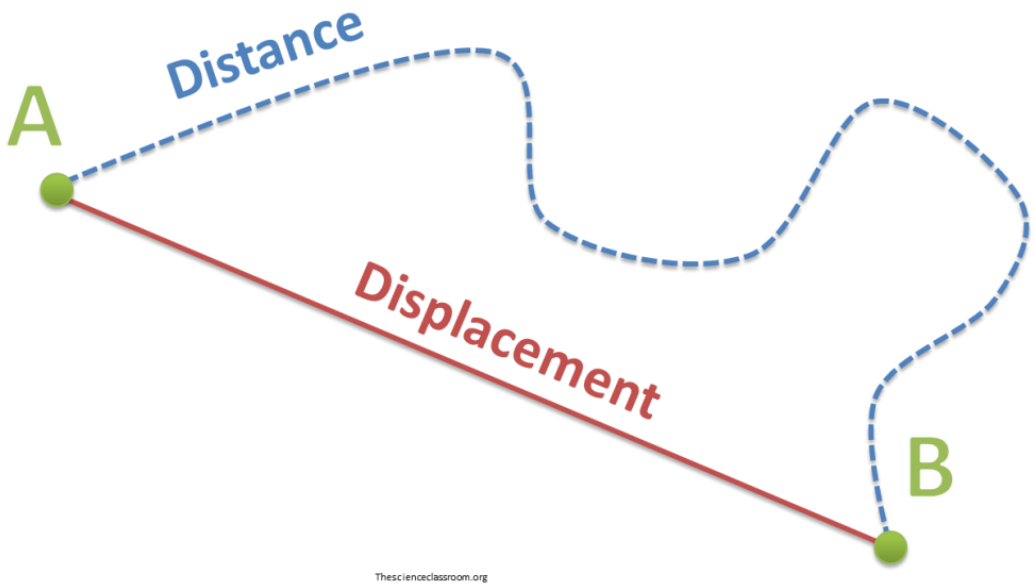
المسافة Distance	الإزاحة Displacement
1- كمية قياسية (عددية) .	1- كمية متجهه .
2- يجب معرفة مقدارها فقط للتعرف عليها .	2- يجب معرفة مقدارها واتجاهها للدلالة عليها.
3- قد تكون اكبر من الإزاحة أو تتساوى معها.	3- لا يمكن أن تكون اكبر من المسافة.
4- يقاس الفراغ الفعلي خلال الحركة المقطوعة ولا يمكن أن يكون مقداره صفراً لأنها تعني مقدار أو طول الفراغ بين نقطتي الحركة .	4- قد لا يقاس الفراغ فعلياً خلال الحركة ويمكن أن تصل قيمتها إلى الصفر لأنها تعني مقدار التغيير من الوضع الابتدائي والنهائي والذي قد ينطبق كلاهما في نقطة واحدة ويمكن أن نطلق علية بمحصلة المسافة .

جدول يبين الفرق بين المسافة والإزاحة

In order to define displacement, we need direction

Example of directions:

- + and –
- N, S, E, W
- Angles



شكل يوضح الفرق بين المسافة والازاحة

السرعة (Speed)(S): هي كمية قياسية (تحتاج الى مقدار فقط لتحديدها) وهي تعني النسبة بين المسافة التي يقطعها الجسم الى الزمن المستغرق.. الجسم المتحرك بسرعة عالية يعني انه يقطع مسافة كبيرة بزمن قصير والعكس صحيح، أما الجسم الذي ليس له أي حركة يكون له مقدار سرعة تساوي صفر.

العالم الإيطالي جاليليو جاليلي Galileo Galilee هو من يعزى له بأنه أول من قام بقياس السرعة عن طريق قياس المسافة المقطوعة خلال زمن معين. عرف جاليليو السرعة بأنها المسافة المقطوعة خلال وحدة الزمن بالمعادلة الأتية:

السرعة = المسافة / الزمن

Speed S =Distance d/ time t

مثال:

إحسب سرعة عداء يقطع مسافة سباق m100 في s10.

ج/ (S) = (d)/ (t)

= 100/ 10= m10/ s

متوسط السرعة (Average Speed):

إن حساب متوسط السرعة يكون من خلال حساب النسبة بين المسافات المقطوعة الى وحدة الزمن.

متوسط السرعة= السرعة الاولى + السرعة الثانية + السرعة الثالثة + ...الخ/ عدد السرع

مثال:

يتحرك عداء وتكون سرعته عند نقطة (أ) m6/ s وبعد بلوغه نقطة (ب) بلغت سرعته m10/ s.. فأن معدل السرعة في هذه الحالة يكون:

معدل السرعة= S_1 + S_2/ 2

معدل السرعة= 6 + 10/ 2= m8/ s

في حالة كون الجسم قد تحرك من الثبات، فإن سرعته الابتدائية تكون صفراً.. وفي هذه الحالة فأن معدل سرعته تكون نصف سرعته النهائية.

في حالات معينة فأن سرعة الجسم تتغير في لحظات زمنية قصيرة (لحظية)، وهنا نطلق على السرعة بالسرعة اللحظية وتعرف بأنها النسبة بين أصغر فرق بالمسافة الى اصغر فرق بالزمن.

تطبيقات قانون السرعة في الفعاليات الرياضية:

يتوضح لنا من خلال التحليل الحركي لفعالية ركض m100 والتي تعتمد في إنجازها على الزمن المتحقق، حيث أن سرعة العداء ترتبط بمعدل السرعة العام خلال مراحل السباق وكذلك الشروط الميكانيكية التي يعتمد عليها أداء الخطوة (تردد الخطوات، طول الخطوات، زمن الارتكاز، زمن الطيران).

معدل السرعة= معدل طول الخطوة × ترددها

ولتطبيق ذلك يتم قياس عدد الخطوات وإيجاد معدل طول الخطوة بقسمة المسافة على عددها، ولنفرض أن عداء إستطاع إنهاء السباق بعدد (45 خطوة)، وعند قسمة المسافة (m100) على عدد الخطوات، نحصل على (step/m2,22) معدل طول الخطوة، ويلاحظ أن وحدة قياس معدل طول الخطوة هي (step/m).

معدل طول الخطوة= d/ عدد steps

معدل طول الخطوة= 100/ 45

معدل طول الخطوة= step/m2,22

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

S اللحظية= $d_2 - d_1$ / $t_2 - t_1$

السرعة اللحظية: هي (Limit) السرعة المتوسطة عندما تصبح الفترة الزمنية صفر (السرعة التي تظهر في عداد السيارة) حيث تعرف بأنها السرعة اللحظية.

أما تردد الخطوات: فهي عدد الخطوات على وحدة الزمن، أي نقسم عدد الخطوات على الزمن النهائي (الإنجاز) والناتج هو (4,50 خطوة/s)، أي أن اللاعب يقطع (4 خطوات ونصف) في كل ثانية.

معدل تردد الخطوة= عدد t/steps

معدل تردد الخطوة= 10/45

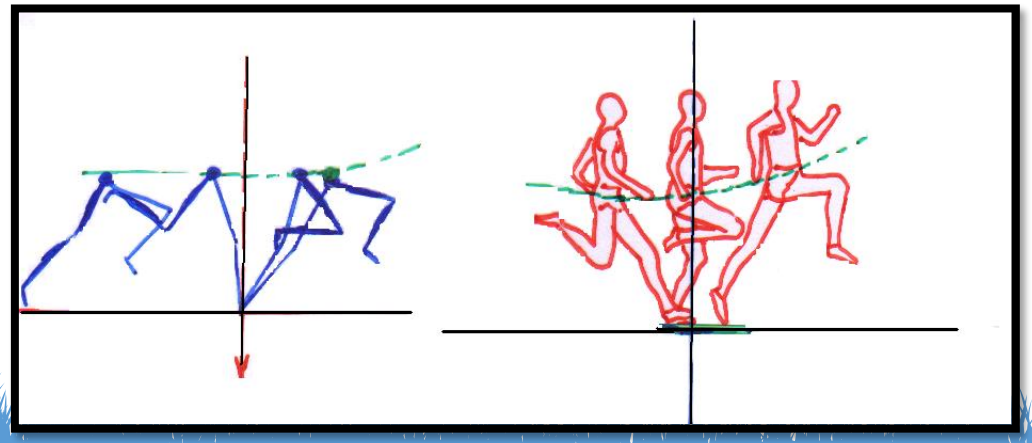
معدل تردد الخطوة= 4,5 t/step

أما معدل السرعة فيتم حسابها على الشكل الأتي:

معدل السرعة= 2,22 m/step × 4,50 s /step

معدل السرعة= 10 m/s

ملاحظة: يحسب (1) زمن الخطوة من لحظة الارتكاز الى لحظة قبل التماس للخطوة القادمة (زمن الارتكاز + زمن الطيران)، (2) اما طول الخطوة فيمكن حسابه من مشط قدم اليمين الى مشط قدم اليسار.



شكل يوضح الاستناد الأمامي والخلفي في الركض

حساب السرعة وفقا لمراحل السباق كل 10 متر

معدل السرعة 0-10 m

$v = d / \Delta t = 10 / 2.2 = 4.5\ m \cdot s^{-1}$

10-20 m

$= 10 / 1.2 = 8.3\ m \cdot s^{-1}$

20-30 m

$= 10 / 0.8 = 12.5\ m \cdot s^{-1}$

30-40 m

$= 10 / 0.7 = 14.3\ m \cdot s^{-1}$

40-50 m

$= 10 / 0.8 = 12.5\ m \cdot s^{-1}$

50-60 m

$= 10 / 0.8 = 12.5\ m \cdot s^{-1}$

60-70 m

$= 10 / 0.7 = 14.3\ m \cdot s^{-1}$

70-80 m

$= 10 / 0.8 = 12.5\ m \cdot s^{-1}$

80-90 m

$= 10 / 0.9 = 11.1\ m \cdot s^{-1}$

90-100 m

$= 10 / 0.9 = 11.1\ m \cdot s^{-1}$

السرعة المتجهة Velocity V

السرعة المتجهة Velocity V: فإنها تمثل التغيير الذي يجري في الوضع أو الازاحة التي تحدث خلال مدة من الزمن.
السرعة (V)= التغيير في وضع الجسم/ التغيير في الزمن

محصلة السرعة (جمع أو تركيب الكميات المتجهة):

1.إذا كانت السرعتان بإتجاه واحد فأن المحصلة تكون حاصل جمعهما وتبقى بنفس الاتجاه.

2.إذا كانت السرعتان باتجاهين متعاكسين، فأن المحصلة تساوي الفرق بينهما ويكون محصلة الاتجاه، بإتجاه السرعة الاكبر.

3.إذا كانت السرعتان متعامدتين فأن المحصلة تكون من خلال نظرية فيثاغورس وقانونها:

$$^2y + ^2x = ^2R$$

أما إتجاهها فيكون من خلال tan θ= المقابل/ المجاور
4.إذا كانت الزاوية بين السرعتين منفرجة أو حادة فيتم إستخراج المحصلة من خلال المعادلة:

$$^2R = ^2y + ^2x + (2 \times x \times y \times \cos\theta)$$

ويتم تحديد إتجاهها من خلال:

$$\tan = \sin\theta \times x / \cos\theta \times x + y$$

تحليل السرع:

ان عملية تحليل السرع هي عكس جمعها، ففي هذه الحالة نعمل على تحليل السرع الى مركباتها الافقية والعمودية عندما تكون المحصلة المؤثرة في الجسم معلومة.

المركبة العمودية= المحصلة × Sin θ

المركبة الأفقية= المحصلة × Cos θ

ملاحظة: مراجعة الامثلة الحسابية في كتاب البايوميكانيك الرياضي/ أ.د. سمير مسلط ص80 – 83.

Biomechanics

1

التعجيل a Acceleration: هو التغير في مقدار السرعة خلال وحدة الزمن، ووحدة قياسه m/s^2 ويرمز له بالرمز (a).

2

التعجيل a Acceleration: هو المعدل الزمني لتغيير السرعة..
في حالة تزايد سرعة الجسم تسمى تسارع أو عجلة تزايديه (acceleration) وتأخذ إشارة موجبة، في حالة تباطئ سرعة الجسم تسمى تباطؤ أو عجلة تقصييريه (deceleration) وتأخذ إشارة سالبة.

3

في حال حركة الجسم تكون غير منتظمة يكون لدينا:
التعجيل الموجب:- هو تزايد السرعة تدريجيا خلال وحدة الزمن.
التعجيل السالب:- هو تناقص السرعة تدريجيا خلال وحدة الزمن.

وفي حالة حركة الجسم تكون منتظمة يكون التعجيل مساويا للصفر.

التغير بالسرعة = $V_1 - V_2$

a = (السرعة النهائية – السرعة الابتدائية)/ الزمن

$a = V_1 - V_2 / t$

ملاحظة: إذا كان V_1 أكبر من V_2 ففي هذه الحالة سوف يكون التعجيل سالباً.

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

a اللحظي $= V_2 - V_1 / t_2 - t_1$

مثال: ينطلق عداء من نقطة أ وسرعته $3\ m/s$ عندما يصل إلى نقطة ب تبلغ سرعته $12\ m/s$ وكان زمن قطع المسافة هو $3\ s$ .. فما هو مقدار التعجيل؟

$a = V_1 - V_2 / t$

$a = (3 - 12) / 3 = -3\ m/s^2$

مثال واجب: إذا كانت سرعة عداء (سباق $100\ m$)، $10\ m/s$ في منتصف مسافة السباق، ثم أصبحت $6\ m/s$ بعد $2\ s$.. جد قيمة التعجيل المتحقق وهل سيكون موجباً أم سالباً؟

مثال واجب: كرة إنحدرت من قمة تل وكانت سرعتها $7\ m/s$ بعد $2\ s$ النزول لأسفل التل وبزمن خلال $3\ m/s^2$ وبتعجيل ثابت الانحدار.. فما هي سرعة الكرة عند قمة التل؟

التعجيل عند بدء السباق

$a = (v_2 - v_1) / \Delta t$

$= (8.3 - 4.5) / 1.2$

$= 3.2\ m \cdot s^{-2}$

التعجيل تزايدي

التعجيل في منتصف السباق

$a = (v_2 - v_1) / \Delta t$

$= (12.5 - 12.5) / 0.8$

القصوى

$= 0$

التعجيل صفر بسبب السرعة

التعجيل في نهاية السباق

$a = (v_2 - v_1) / \Delta t$

$= (11.1 - 14.3) / 0.9$

$= -3.5\ m \cdot s^{-2}$

التعجيل تناقصي

إن تنظيم تزايد السرعة وتناقصها خلال السباق مهم جداً ويستطيع العداء من خلال هذا التنظيم، استثمار القوانين المكانيكية في تحقيق الانجاز الافضل، ويعتمد تزايد السرعة على العلاقة بين طول الخطوة وترددها، حيث يعمل المدرب على زيادة طول الخطوة مع زيادة ترددها مع ملاحظة أن الزيادة في طول الخطوة لا يجب ان يكون مبالغاً فيه بحيث تؤثر على زوايا الاداء الحركي للركض.

المصادر (references):

1.سمير مسلط الهاشمي؛ البايوميكانيك الرياضي، ط3: (بغداد، النبراس للطباعة والتصميم،2010).

2.صريح عبدالكريم الفضلي؛ تطبيقات البيوميكانيك في التدريب الرياضي والاداء الحركي، ط2: (بغداد، جامعة بغداد، 2010).

3.صريح عبدالكريم الفضلي ووهبي علوان البياتي؛ موسوعة التحليل الحركي، ج1: (بغداد، مطبعة دي العكيلي، 2007).

4.طلحة حسام الدين؛ مباديء التشخيص العلمي للحركة: (القاهرة، دار الفكر العربي، 1994).

5.محمد جاسم محمد الخالدي؛ البايوميكانيك في التربية البدنية والرياضة: (بغداد، جامعة الكوفة، 2012).

6.ياسر نجاح حسين واحمد ثامر محسن؛ التحليل الحركي الرياضي: (النجف الاشرف، دار الضياء للطباعة، 2015)

7.د.حسين مردان؛ محاضرات في البايوميكانيك: (كلية التربية الرياضية، جامعة القادسية).

8.James G.Hay; The Biomechanics of Sports Techniques, 3rd edition: (New Jersey, prentice – Hall,1985).

9.Susan J.Hall; Basic Biomechanics, sixth edition: (New York, McGraw – Hill, 2012).

شكرا لطيب الاستماع