وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة المستنصرية

كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة
الدراسات العليا / الماجستير

الكينماتيك الخطي وحركات جسم الانسان

Linear Kinematics & Motion of Human Body

إعداد وتقديم:
ا.م.د علي مناتي أحمد الحمراني

الماجستير للعام الدراسي ٢٠٢٠ - ٢٠٢١

محاضرة الأسبوع الثالث

سُورَةُ البَقَرَةِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

قَالُوا سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا ۖ إِنَّكَ أَنتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ

٣٢

ان الرياضة بمفهومها العام علماً وفناً له اصوله وقواعده التي تميزه عن العلوم الأخرى، فهي تعتمد على علوم الفيزياء، الكيمياء، الطب، وغيرها من العلوم ذات الصلة، وان البايوميكانيك يجمع مختلف هذه العلوم من أجل تقديم الأفضل للأداء الرياضي والانجاز. لذا أصبح علم الميكانيك الحيوية من العلوم المهمة في التربية الرياضية لاستعمالاته الواسعة في مختلف المجالات في العمليات التعليمية والتدريبية ولا يمكن الاستغناء عنه في تفسير مجريات تلك العمليات.

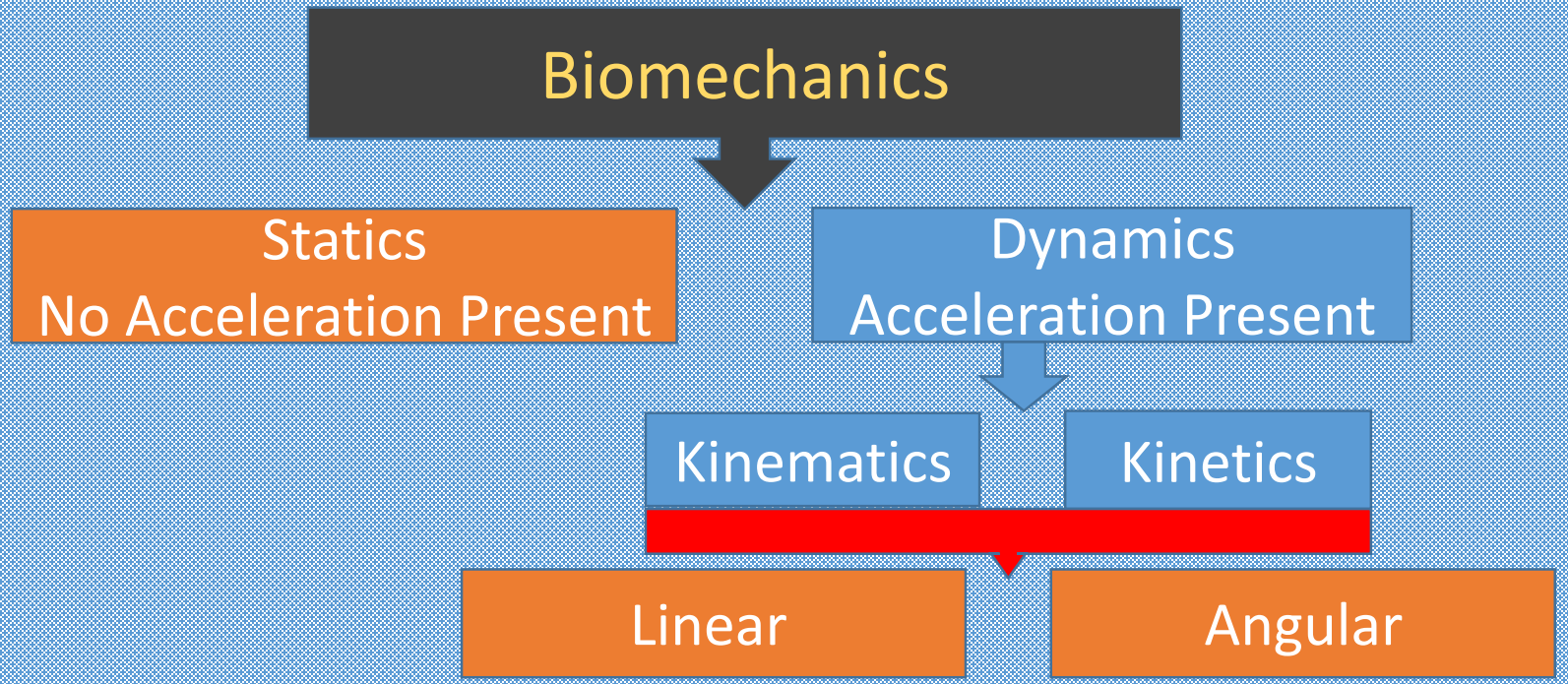
يقصد بالميكانيكا الحيوية (Biomechanics) التعرف على الارتباط الوثيق بين الجانبين الحيوي (البيولوجي)(Bio)، والميكانيكي(Mechanics) لدراسة الحركة الرياضية بالشكل الأمثل والوصول بالأداء الى الأفضل خلال إيجاد التكنيك المثالي واستثمار وتوظيف القوى اللازمة بشكل جيد ورسم المسارات الحركية الملائمة لأجزاء الجسم المشتركة بالأداء المهاري.

وعموماً ينقسم البايوميكانيك الى:

١. الساكن (Statics): ويعني به الحالة التي تكون فيها جميع القوى المؤثرة على الاجسام متوازنة والجسم في حالة سكون وثبات.

وهو العلم الذي يبحث في حالة استقرار واتزان الاجسام، وعندما يطبق على الاجسام الحية يسمى البايوستاتيكة، وهو الحفاظ على وضعية الجسم وأجزائه على قاعدة الارتكاز في حالة الثبات.

٢. المتحرك (Dynamics): وهو العلم الذي يبحث في طبيعة القوى المتحركة وغير المتوازنة، والتي تسبب تغيراً في سرعته واتجاهه، وهو العلم الذي يهتم بدراسة الاجسام المتحركة بتعجيل تزايدي أو تناقصي أو الاثنين معاً، وينقسم الى قسمين داخليين:



١. الكينماتيك (Kinematics)
٢. الكينيك (Kinetics)

١. الكينماتيك: هو احد أقسام البايوميكانيك والذي يعني بدراسة الحركة دراسة وصفية ظاهرية لمتغيراتها الزمانية والمكانية بصرف النظر عن القوى التي تسبب حدوث الحركة. وينقسم الى فرعين:

الكينماتيك الخطي (المستقيم)
Linear Kinematics

الكينماتيك الدائري (الزاوي)
Angular Kinematics

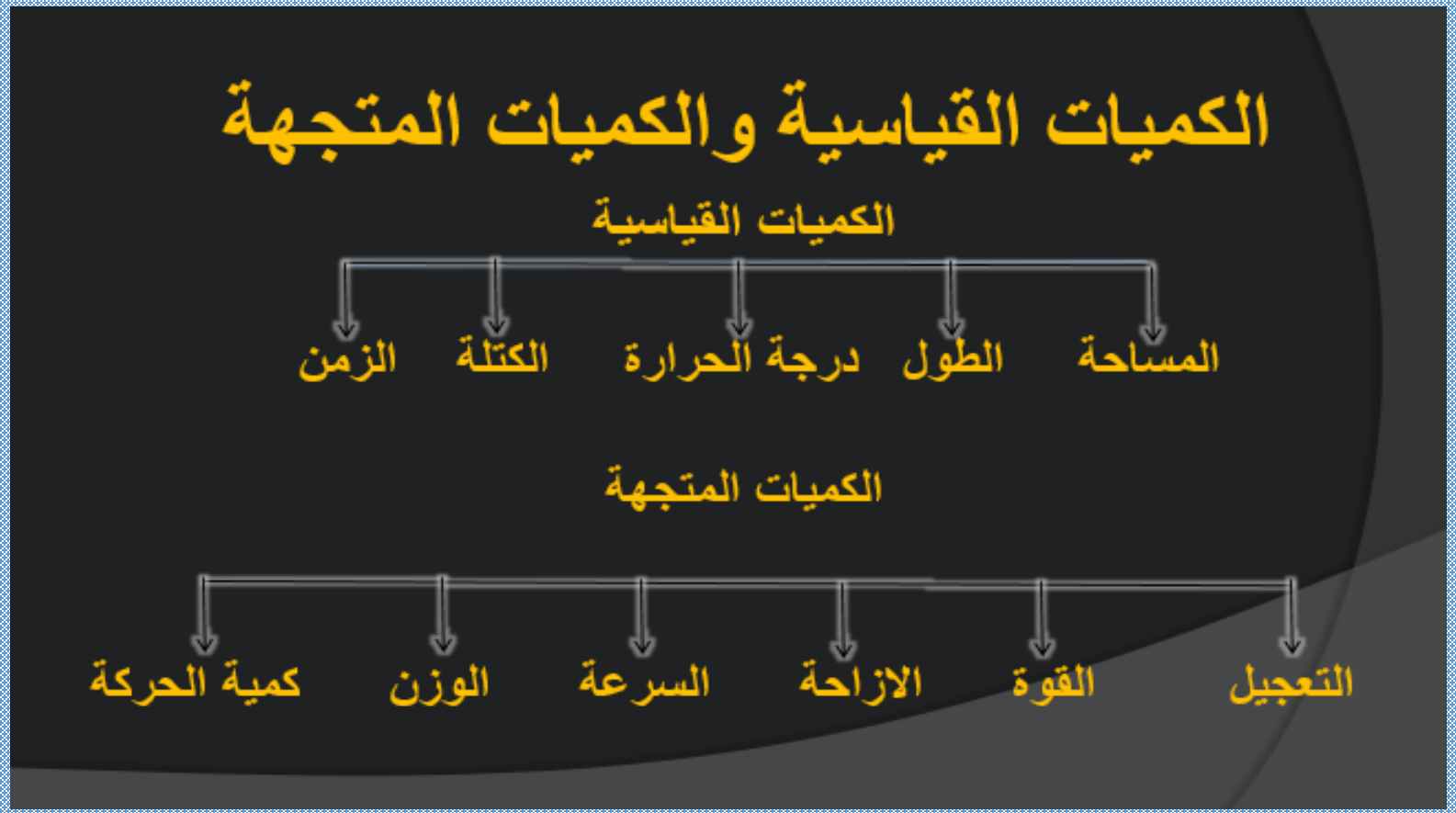
لذا فأن هذا العلم عندما يتطرق لدراسة حركة معينة في اية فعالية ، ولتكن حركة المشي فنجد ان تحليل هذه الحركة تحليلا وصفيا للمركبات الميكانيكية التي تؤدي إلى حدوث الحركة ، وكذلك المسافة المقطوعة من جراء ذلك او تذبذب حركة الجسم من السرعة إلى البطء فنجد ان قسم البايوميكانيك الذي يعنى بدراسة هذا الجانب هو الكينماتيك الذي يمكن تعريف مهمته ببساطة.

الكينماتيك الخطي (المستقيم)(Linear Kinematics):
هو احد الفروع الذي يقوم بدراسة متغيرات الحركة دراسة وصفية ظاهرية خلال الحركات المستقيمة او الانتقالية.
وقد تكون المتغيرات على شكلين :

تقسم الكميات الفيزيائية (الميكانيكية) الى نوعين:

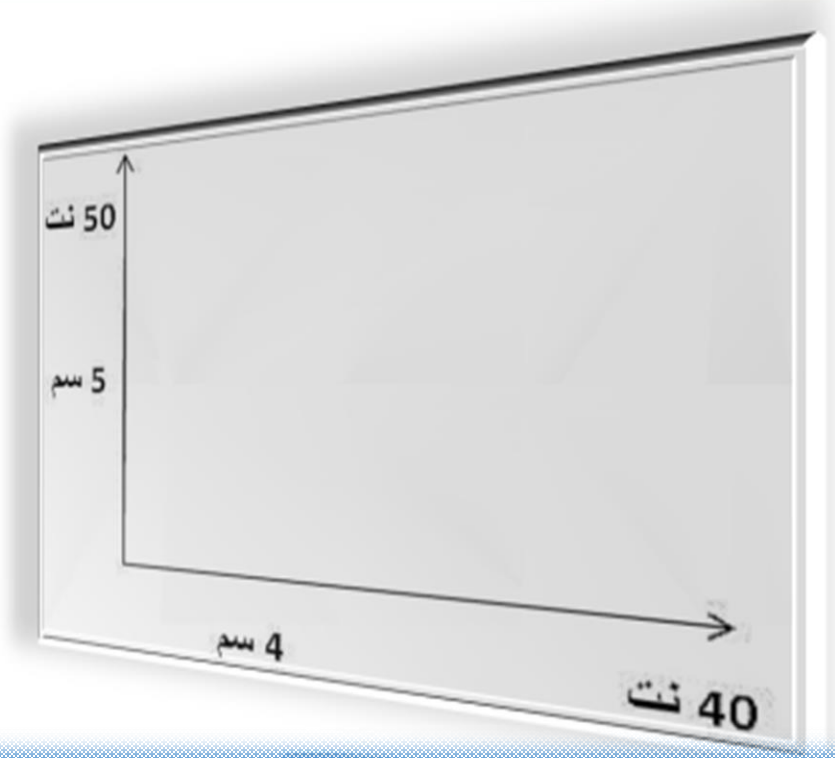
١. الكميات القياسية
٢. الكميات المتجهة

- الكميات القياسية: يكفي لتعريفها ذكر مقدارها ووحدة قياسها فقط.
- الكميات المتجهة: بالإضافة الى ذكر مقدارها ووحدة قياسها، نحتاج لذكر اتجاهها ايضاً.



الكميات العدديه (القياسيه) (Scalar Quantities)	الكميات المتجهه (VectorQuantities)
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 بالاتجاه فضلاً عن المقدار، ويمكن تمثيل الكميات المتجهة بيانياً، وكما في الشكل الاتي:



الوزن والكتلة

إن إصدار القوة العضلية هو الأساس في إحداث الحركة، سواءً كانت حركة اعتيادية أو مهارة رياضية، مثل الوثب العالي، رمي الثقل والقرص، ومهارات الجمناستك وغيرها من الفعاليات الرياضية المختلفة.. ففي كل هذه الفعاليات يكون للقوة تأثير ينتج عنه تغيير في حالة الجسم الحركية أو الشكلية، حيث أنها تعني "الفعل الميكانيكي الذي يغير حالة الجسم الحركية أو الشكلية الذي يؤثر فيه وتقاس بوحدات النيوتن أو الداين"، لكن يجب أن نفهم الجانب الميكانيكي الاتي:

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

إن 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 التغلب على القصور الذاتي للجسم وبالتالي لا يحدث التغيير المذكور.

	الوزن Weight	الكتلة Mass
١.	كمية قياسية متجهة	كمية قياسية (عددية)
٢.	وحدة قياسها (N) نيوتن أو (D) داين	وحدة قياسها الكيلوغرام أو الغرام
٣.	تعبر عن مقدار قوة الجذب الأرضي للجسم	تعبر عن مقدار ما يحتويه الجسم من مادة
٤.	تتغير قيمته بتغير موقع الجسم من حيث الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح الأرض	لا تتغير قيمته بتغير موقع الجسم

من هنا وجب علينا التفريق بين الكتلة والوزن كمصطلحين لهما مفهومين مختلفين، إن الكثير منا يعتقد ان التدريبات التي تتم بالأثقال والتي تقاس بالكيلوغرام هي عبارة عن كتل ولكنها في واقع الحال قوة او وزن مؤثر بالاتجاه الأسفل بفعل الجاذبية الأرضية ووحدة قياسه هي {N}= Kg.m/s-2،

فالوزن: هو مجرد مقياس لقوة الجذب الأرضي التي يخضع لها الجسم ولا علاقة له بالكتلة.. فوزن الاجسام يختلف من مكان لآخر وبدون معرفة كتلة الجسم لا يمكن معرفة وزنه.

المسافة والازاحة

	المسافة Distance	الازاحة Displacement
١.	كمية قياسية (عددية)	كمية قياسية متجهة
٢.	للتعرف عليها يكفي ذكر مقدارها ووحدة قياسها فقط.	يجب ذكر مقدارها ووحدة قياسها واتجاهها
٣.	قد تكون أكبر من الازاحة أو ممكن أن تتساوى معها	لا يمكن أن تكون أكبر من المسافة
٤.	يقاس الفراغ الفعلي خلال الحركة المقطوعة ولا يمكن أن يكون مقداره صفراً لأنها تعني مقدار أو طول الفراغ بين نقطتي الحركة.	قد لا يقاس الفراغ فعلياً خلال الحركة، ويمكن أن تصل قيمتها الى الصفر لأنها تعني مقدار التغيير من الوضع الابتدائي الى الوضع النهائي، والذي قد ينطبق كلاهما في نقطة واحدة ويمكن أن نطلق عليه بمحصلة المسافة، بعبارة أخرى "ان الازاحة هي محصلة للأبعاد الافقية والعمودية".

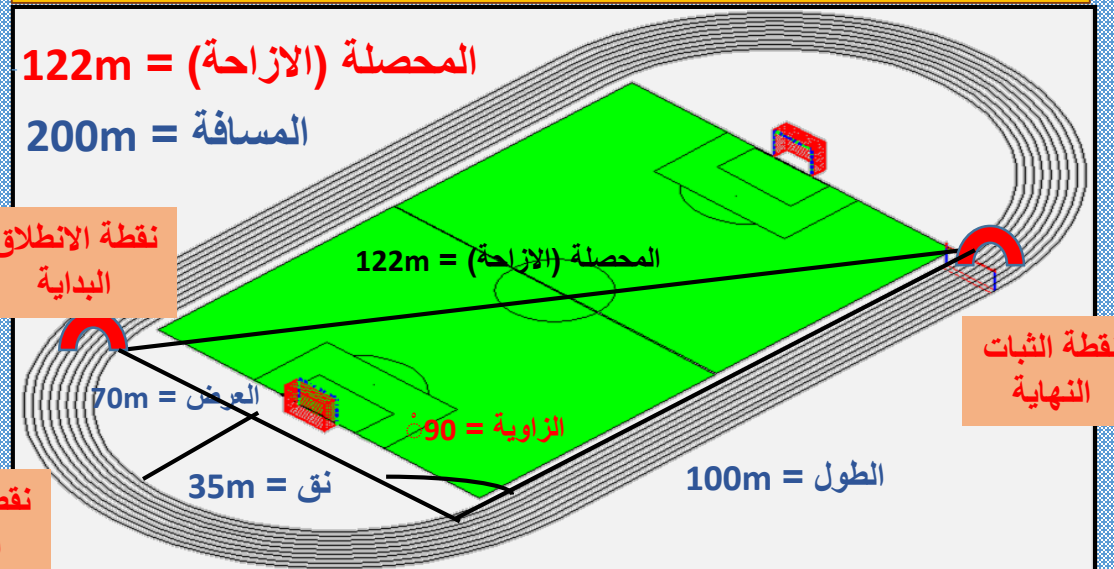
المسافة Distance:

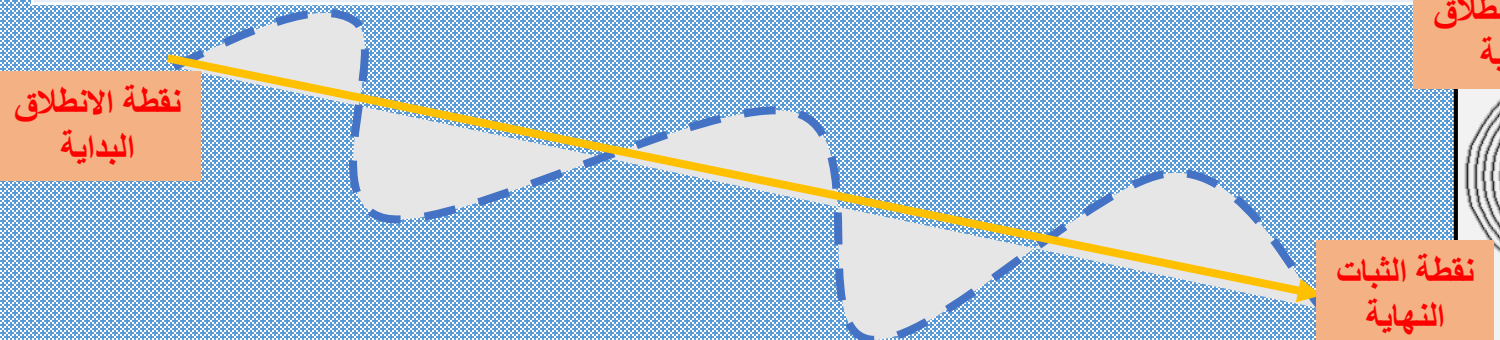
تعني المسار او البعد الذي يتحقق خلال حركة الجسم من بدء تحركه الى نهاية حركته بغض النظر عن الاتجاه، وحدة قياسها (متر)او (سنتيمتر) او (كيلو متر).

الازاحة Displacement:

هي التغير بوضع الجسم خلال الحركة، وهي اقل بعد او مسار بين بداية ونهاية حركة الجسم باتجاه واحد ، وحدة قياسها (متر)او (سنتيمتر) او (كليو متر).

المسافة كمية قياسية والازاحة كمية متجهة

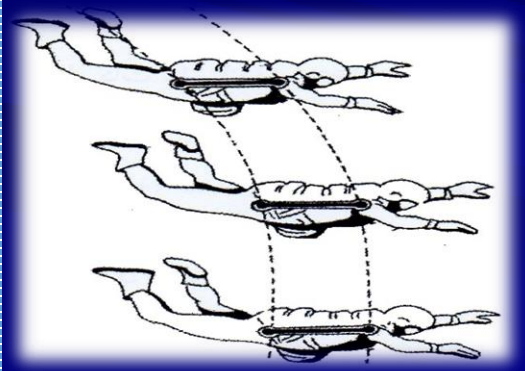


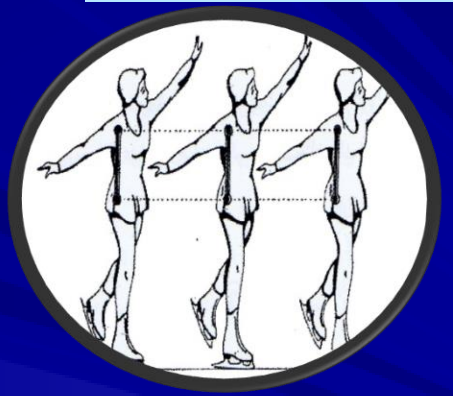


انواع الحركات: ان الحركات التي يقوم بها الانسان تختلف من موقع لآخر، ولدراستها ميكانيكياً نَصِفُها من حيث اشكالها الهندسية.

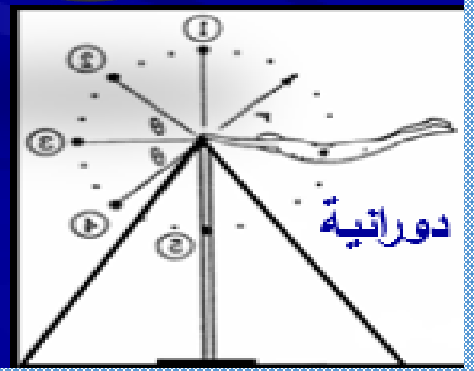
الحركة من حيث المسار الهندسي

- حركات عامة
- حركات خطية
  - المستقيمة
  - المنحنية
- حركات دورانية





مركبة



اولا- التقسيم الهندسي للحركة :

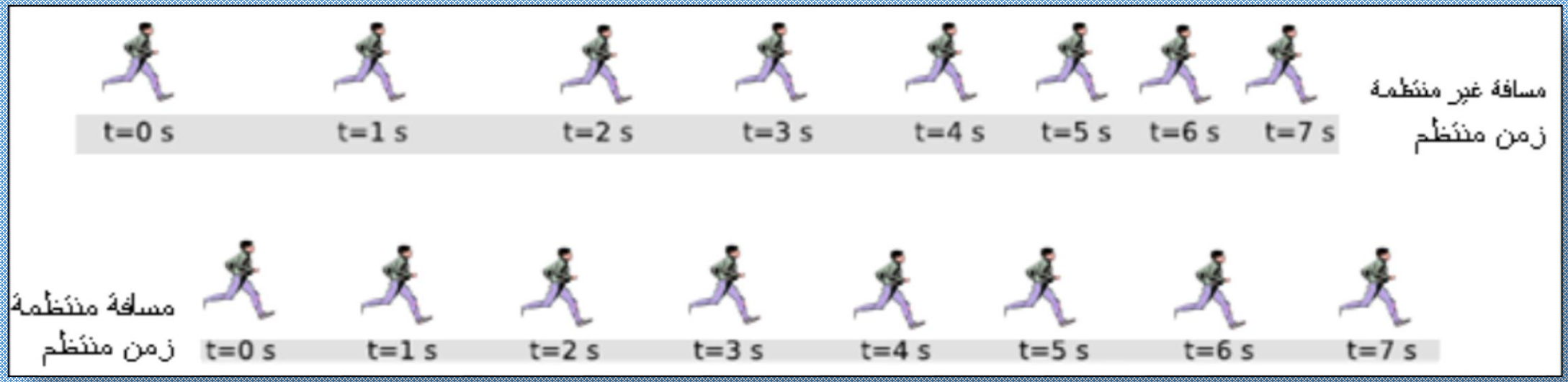
الحركة من حيث المسار الزمني :

الحركة المنتظمة :

وهي تلك الحركات التي تسير بسرعة ثابتة وهذا النوع نادر الحدوث في الأنشطة الرياضية (مسافات متساوية وأزمنة متساوية).

حركة غير منتظمة :

وفيها يقطع الجسم مسافات غيرمتساوية في وحدات زمنية متساوية وهذا النوع الأكثر شيوع في الأنشطة الرياضية.



ثانيا- التقسيم الزمني للحركة:

١- الحركة المنتظمة
حركة الجسم الذي يقطع مسافات متساوية في ازمان متساوية

٢- الحركة غير المنتظمة:
حركة الجسم الذي يقطع مسافات مختلفة في ازمان متساوية

أ- الحركة بتعجيل موجب
ب-الحركة بتعجيل سالب

جدول يبين التغير بالسرعة (ظهور انواع التعجيل) خلال مسافة السباق (100 متر)

Distance	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
Time	1.88	1.07	0.91	0.88	0.85	0.84	0.84	0.84	0.86	0.87
Velocity	5.31	9.34	10.98	11.36	11.76	11.90	11.90	11.90	11.63	11.49

Watts Zap
TOYOTA
TOYOTA
TOYOTA
TDK
8
7
6
5
4
3
2
1

السرعة

هي مصطلح للتعبير عن معدل حركة الجسم ، وهناك فرق كبير بين السرعة القياسية بمعنى (Speed) بمدلول المسافة القياسية مقسومة على الزمن ،
والسرعة المتجهة بمعنى (Velocity) بمعنى محصلة السرعة المتكونة من سرعة عمودية وافقية.
أن السرعة بمعنى Velocity ترتبط بالإزاحة ككمية متجهة وزمنها كما في سباق١٠٠ م ، اما المسافة التي يتحركها الجسم في زمن معين لا تشير إلى اتجاه حركة هذا الجسم فهي تعني سرعة الجسم بغض النظر عن اتجاهه. (المسافة / الزمن)، مثل المسافة التي يتحركها لاعب كرة القدم بمختلف الاتجاهات وزمنها .وفي كل الاحوال: ((السرعة تساوي المسافة المقطوعة في وحدة الزمن))

السرعة: عندما يتحرك جسم من مكان الى اخر فان حدوث هذه الحركة يتم في زمن معين ويختلف الزمن المستغرق لقطع مسافة محددة من جسم لآخر، وكل بحسب سرعته.

فقطع مسافة ١٠ كم يختلف في الزمن المستغرق بحسب كيف تم قطع المسافة:

١. بواسطة السيارة المسرعة.
٢. بواسطة الركض.
٣. بواسطة مشياً على الاقدام.

اذن القانون هنا (السرعة = المسافة / الزمن)

السرعة المتجهة

يمكن ان تكون المسافة المقطوعة عبارة عن مسافة خطوة واحدة ضمن سرعة المشي او الركض عند الانسان فإننا نلجأ الى قياس طول خطوة المشي او الركض وتضرب بتكرار الخطوات خلال ثانية

اي يعني السرعة = طول الخطوة × ترددها

طول الخطوة يقاس بالمتر

اما تردد الخطوات يقاس بعدد الخطوات / ثانية

وكلما اراد الانسان ان يحقق سرعة اكبر يلجا الى اطالة طول الخطوة

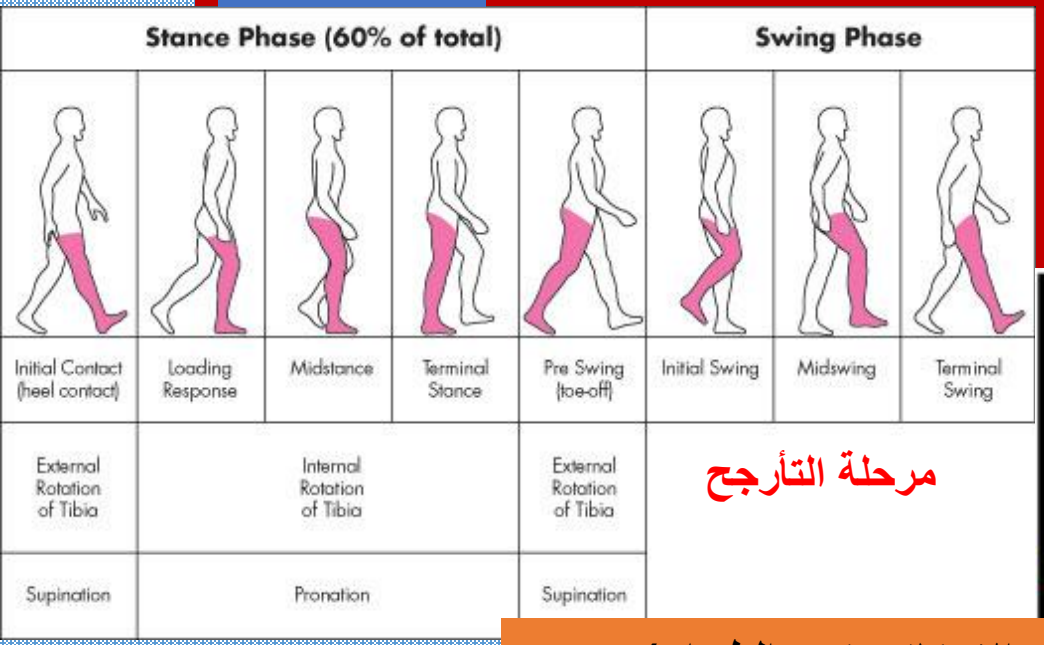
ويمكن زيادة السرعة من خلال زياد تكرار الخطوات بالثانية

فلو كان طول الخطوة ٢م

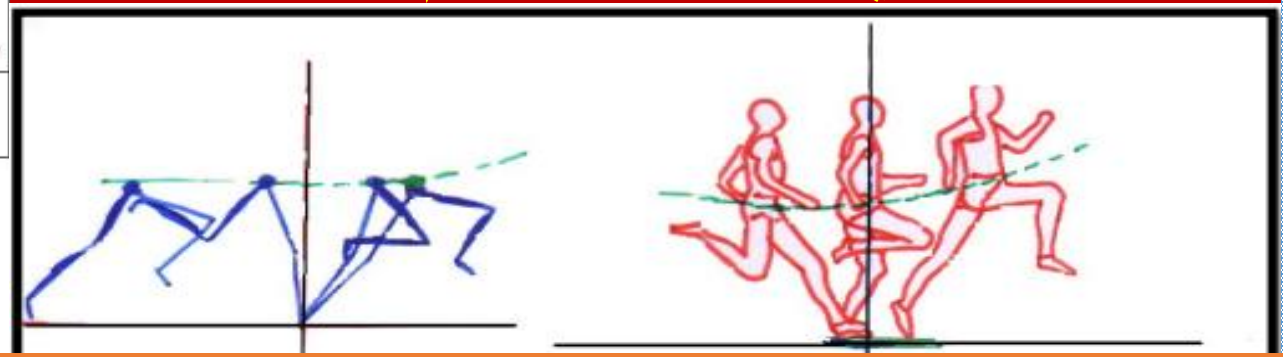
وتكرار الخطوات ٤ خ /ث

فان السرعة تساوي = ٢ × ٤ = ٨ م / ث

مرحلة الاستناد



مرحلة التأرجح



ملاحظة: يحسب: (١) زمن الخطوة من لحظة الارتكاز الى لحظة قبل التماس للخطوة القادمة(زمن الارتكاز+ زمن الطيران).

(٢) طول الخطوة فيمكن حسابه من مكان مشط اقدم اليمين الى مكان الذي يصله مشط القدم اليسار.

السرعة القياسية والمتجهة

السرعة القياسية:
المسار الذي يقطعه الجسم من نقطة البداية الى نهاية حركته وتقاس بتقسيم التغير بالمسافة على التغير بالزمن.

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

معدل السرعة = المسافة / الزمن

اذا كان زمن سباق 100m هو 9.85s فان معدل السرعة هو:

Average velocity = 100 / 9.85

= 10.15 $m \cdot s^{-1}$

If displacement = 50 m

If Δt = 5 s

v = 50 / 5

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

اما السرعة الاتجاهية
فهي تعني التغير بحركة الجسم بأقصر مسار متجه وتقاس بقسمة التغير بالمسافة على التغير بالزمن

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:

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

ويتم تحديد إتجاهها من خلال:

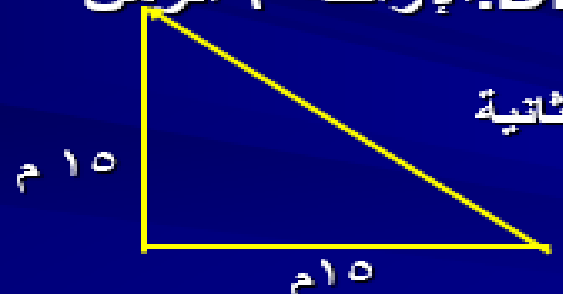
$$\tan = \sin\theta \times x / \cos\theta \times x + y$$

السرعة المتجهة تقاس هندسيا

وحدة قياس السرعة المتجهة (المحصلة) هي م/ث (m/s)

السرعة المحصلة هي سرعة متجهه وتقاس وفق نظرية فيثاغورس اذا كانت الزاوية قائمة (90˚) التي تقول مربع الوتر(يعني المحصلة) "مربع المحصلة = مربع المركبة العمودية + مربع المركبة الافقية"

- معدل السرعة = المسافة / الزمن اي $v1 = \frac{d1}{t1}$
- ومثال : قطع لاعب كرة قدم مسافة ٣٠ متر بزمن ٥ ث ؟ فالسرعة التي حققها هي ٣٠ ÷ ٥ = ٦ متر /ث ، في حين أن هذا اللاعب اذا انطلق مستقيم١٥متر بزمن ٢ ث ثم انعطف واكمل ١٥ متر أخرى بزمن ٣ ث ، علما ان الزاوية قائمة بين السرعتين؟
- السرعة Velocity هي معدل قطع الإزاحة Displacement.الإزاحة \ الزمن
- السرعة النهائية المحصلة = مربع السرعة الاولى+ مربع السرعة الثانية



= $(١٥ \div ٢)^{٢} + (١٥ \div ٣)^{٢}$

= ٩,٦٨ م /ث هي السرعة المتجهة

واذا اردنا ان نستخرج متوسط السرعة فنستخرج سرعة كل مسافة ونجمعها مع سرعة المسافة الاخرى ونقسمها على ٢ اي

متوسط السرعة = (السرعة الاولى + السرعة الثانية) ÷ ٢

متوسط السرعة = $\frac{(١٥ \div ٢) + (١٥ \div ٣)}{٢}$ = ٦,٢٥ م /ث

$\bar{v} = \frac{v1 + v2}{2}$

اما اذا كانت الزاوية بين السرعتين حادة او منفرجة فأن المحصلة يمكن استخراج قيمتها من خلال القانون الجيب تمام.

السرعة المحصلة = $\sqrt{}$ السرعة الافقية^2 + السرعة العمودية^2 + 2× س افقية×س عمودية× جتا الزاوية

مثال: سباح يتأثر بسرعتين احداهما 5 m/s والثانية سرعة تيار الماء 4 m/s وكانت الزاوية بين هاتين السرعتين 45 درجة، اوجد السرعة النهائية للسباح واتجاهها ؟

$$R=\sqrt{x^2+y^2+2xy*Cos\theta}$$

$$R=\sqrt{5^2+4^2+2*5*4*Cos45}$$

$$R=\sqrt{25+16+40*.7} \qquad R=\sqrt{69,28}$$

$$R=8,32 \text{ m/s}$$

- **تحليل ألمتجهه إلى مركبتين الأفقية والعمودية:**

يمكننا استخراج المركبتين الأفقية والعمودية لأي متجهة عن طرق قانونين الجيب والجيب تمام وذلك بعد معرفة مقدار المتجهة واتجاهه (الزاويا مع المحور x) وكما ياتي:

- نستخرج المركبة العمودية من قانون الجيب ؛

المركبة العمودية = المحصلة×جا الزاوية $Y = R * \sin\theta$ $\sin\theta = \frac{Y}{R}$

- نستخرج المركبة الافقية من قانون الجيب تمام:

المركبة الافقية = المحصلة× جتا الزاوية $X = R * \cos\theta$ $\cos\theta = \frac{X}{R}$

مثال:

حلل المتجه الأتي إلى المركبة العمودية والمركبة الأفقية مع العلم ان مقدار المتجهة 8 وزاوية مع المحور الأفقي مقدارها 40 درجة كما مبين بالشكل الأتي:

$Y = R * \sin\theta$ $Y = R * \sin 40$

$Y = 8 * 0{,}642$ $Y = 5{,}136 M/S$

$X = R * \cos\theta$ $X = R * \cos 40$

$X = 8 * 0{,}766$ $X = 6{,}128 M/S$

التعجيل (التغير بالسرعة)

- يقاس التعجيل من خلال القانون الاتي:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(V_2 - V_1)}{\Delta t}$$

- وحدة قياسه م / ث ٢ (m/s^2)
- يكون التعجيل من الكميات المتجهه كما هو الحال مع الازاحه والسرعه ويمكن استخراج التعجيل المحصل بنظرية فيثاغورس كما هو الحال في محصلة السرعة

$$a = (8.3 - 4.5) / 1.2 = 3.17\ m \cdot s^{-2}$$

التعجيل: هو تغيير السرعة في وحدة الزمن.
السرعة: كمية متجهة قد تتغير في مقدارها مع او دون اتجاه.

يقسم التعجيل الى:

١. التعجيل الموجب: هو تزايد السرعة تدريجياً.
٢. التعجيل السالب: هو تناقص السرعة تدريجياً.

قانون التعجيل:

التعجيل = السرعة النهائية – السرعة الابتدائية / الزمن

ع = س٢ – س١ / ن ..... ( )

مثال: ينطلق عداء من نقطة أ وسرعته ٤ م/ثا وعندما يصل نقطة ب تبلغ سرعته ٨ م/ثا وكان زمن قطع المسافة هو ٢ ثانية فما مقدار التعجيل لذلك العداء؟

ع = س٢ – س١ / ن

$$= \frac{٨ - ٤}{٢} = ٢ \text{ م/ثا}$$

وفي هذه الحالة يكون التعجيل موجب، اما اذا حدث العكس وكانت سرعة العداء عند النقطة ب ٤ م/ثا وكانت عند أ ٨ م/ثا فأن التعجيل يكون سالباً.

ع = س٢ – س١ / ن

$$= \frac{٤ - ٨}{٢} = \frac{-٤}{٢} = -٢ \text{ م / ثا}$$

ان وحدة التعجيل هي عبارة عن وحدة سرعة مقسومة على وحدة زمن فنقول

$$\text{م} \div \text{ثا} = \frac{\text{م}}{\text{ثا}} \times \frac{١}{\text{ثا}} = \frac{\text{م}}{(\text{ثا})^{٢}} = \text{م ثا}^{-٢}$$

ان ازدياد السرعة ونقصانها بشكل منتظم (تزداد السرعة وتنقص بالمقدار نفسه في الوحدات الزمنية عندئذ يطلق على التعجيل (تعجيل منتظم)، وبغية الاستفادة من تطبيق مفهوم التعجيل في حياتنا الرياضية ينبغي ان نوضح ماهية العلاقة بين مصطلح التعجيل والمسافة التي يقطعها العداء وعلاقتها بالزمن المستغرق فان مقدار المسافة المقطوعة لجسم يتحرك بتعجيل منتظم هي:

$$م = \frac{1}{2} (س_1 + س_2) \times ن \quad ..... \quad (\quad)$$

اذن $ع = \frac{س_2 - س_1}{ن}$ اذن $س_2 = س_1 + ع ن$

وبالتعويض عن قيمة $س_2$ في المعادلة ( ) بما يساويها يكون

$$م = \frac{1}{2} (س_1 + س_1 + ع ن) \times ن$$

$$م = \frac{1}{2} (2س_1 + ع ن) \times ن$$

$$= \frac{2س_1 ن}{2} + \frac{ع ن^2}{2}$$

$$م = س_1 ن + \frac{ع ن^2}{2} \quad ..... \quad (\quad)$$

أما اذا كانت سرعة العداء الابتدائية تساوي صفراً فأن المعادلة تصبح كالاتي:

$$م = \frac{ع ن^2}{2}$$

وكما تناولنا من قبل كيفية استخراج سرعة الجسم في مسافة قصيرة جداً وفي فترة زمنية صغيرة جداً على انها السرعة اللحظية ينطبق القول نفسه على استخراج قيمة التعجيل لحركة جسم بفترة قصيرة جداً عندئذ يطلق على هذه الحالة التعجيل الاني (اللحظي) ويعبر عنه بالمعادلة الاتية:

$$ع = \frac{س_2 - س_1}{ن_2 - ن_1} = \frac{\Delta س}{\Delta ن}$$

$$ع = س / ن \quad ..... \quad (\quad)$$

THANK
YOU