# البايوميكانيك الرياضي/ المرحلة الثانية – البايوكينماتيك الزاوي (المسافة والإزاحة الزاوية - السرعة الزاوية)- مدرس المادة : أ.د وائل قاسم المحمداوي

## * البايوكينماتيك الزاوي:

ويختص هذا الفرع من علم البايوميكانيك في دراسة الحركة ويصفها وصفاً مجرداً دون البحث في مسبباتها عندما تكون الحركة على شكل دوائر أو أجزاء من دوائر.

## * المسافة والإزاحة الزاوية:

**إذا تحرك جسم حركة دائرية حول محور دوران وكان هذا المحور خارجي**، كما في حركة لاعب الجمناستك على العقلة في حركة الدورة الكبرى، **فأن المسافة تكون هي الفرق بين الوضع الأول لبدء الحركة والوضع النهائي الذي يصله الجسم في حركته**، وتقاس المسافة هنا بوحدات مختلفة عن وحدات قياس المسافة الخطية، إذ تكون عن طريق **الدورات** أو **القطاعات** أو **الدرجات** والتي تكون هي الوحدة الأصغر بين تلك الوحدات التي تم ذكرها، **فإذا أكمل اللاعب دورة كاملة مثلاً**، فإنه يكون قد قطع مسافة (دورة واحدة) أو (6.28 قطاع) أو (360 درجة)، **أما إذا قطع مسافة أقل ولم ينهي الدورة كاملة**، أي قطع حركته قبل الوصول للوضع الأول لبدء الحركة، فإنه يكون قطع مسافة أقل من (360 درجة) كأن تكون مسافة (320 درجة).

**أما الإزاحة الزاوية، فيمكن أن نستدل عليها من خلال الفرق بين وضعي الجسم من بداية الحركة إلى نهاية الحركة**، وهو كما يلي: **360 – 320 = 40 درجة**.

أي أن في الدائرة الواحدة تكون الزاوية فيها تساوي (360 درجة)، لذلك فإن أي مسافة زاوية ستكون مساوية للإزاحة الزاوية إذا كانت الحركة لم تكمل دورة كاملة أي حتى الوصول إلى الزاوية (359 درجة) فإن مسافتها الزاوية تساوي إزاحتها الزاوية، فمثلاً إن المسافة الزاوية لدرجة (90) هي نفسها الإزاحة الزاوية، أما الدرجة (370) فإن إزاحتها هي ( 370 – 360 = 10 درجة)، كما في الركض المستقيم بفعالية الـ(100م)، باستثناء الدورة الكاملة فإنها تبدأ من نقطة الصفر وتنتهي في نقطة (360 درجة)، فإن إزاحتها تكون (صفر) مثلما يحدث في فعالية ركض الـ(400م).

---

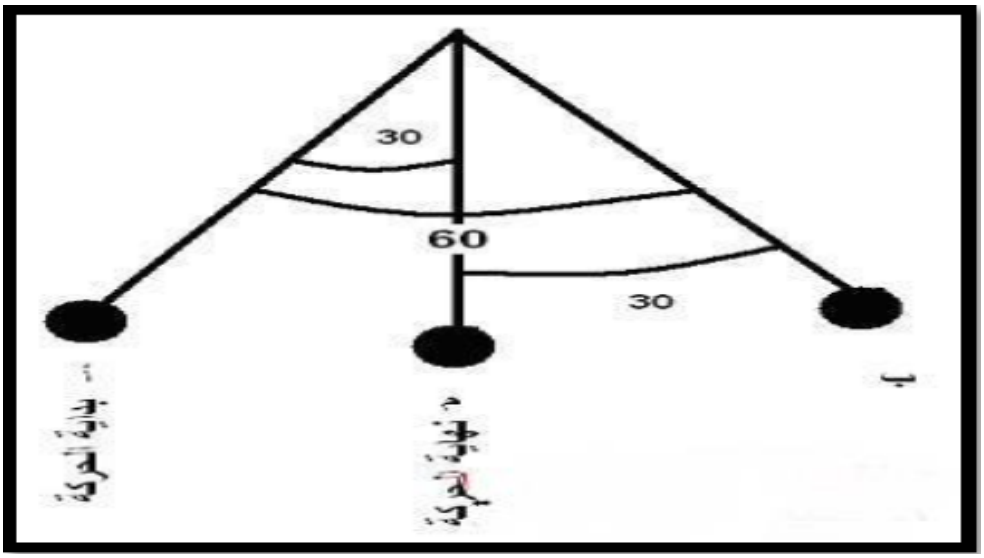
**مثال:** مطرقة تدور (4 دورات)، إذا علمنا أن كل دورة هي (360 درجة)، فما هي المسافة والإزاحة الزاوية؟

**الحل:** المسافة الزاوية = 360 x 4 = 1440 درجة.

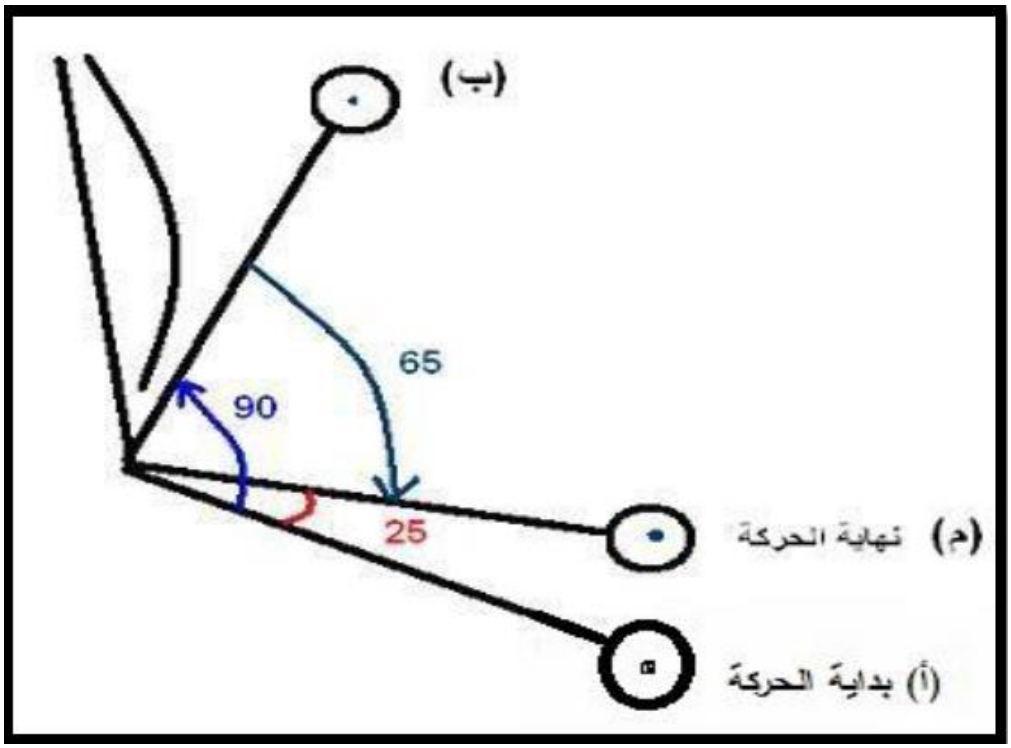
أما الإزاحة الزاوية = 0

**أما في البندول الأمر يختلف**، فإننا نمسك الخيط أو الجزء الذي سيتأرج ثم نطلقه فيذهب من نقطة (أ) إلى نقطة (ب) ماراً من منتصف المسافة (م) وسيتكرر ذلك حتى التوقف عن الحركة، ولكن البندول سيستقر في النقطة (م) وهي نقطة المنتصف، **وبهذا تكون الإزاحة الزاوية هي من نقطة (أ) إلى نقطة (م)، أما المسافة الزاوية فهي كل المدى لحركة البندول.**

أي: **المسافة الزاوية** = 30 + 60 = 90، **والإزاحة الزاوية** = 60 – 30 = 30




**وكذلك فإن تمرين (كيرل) ثني ومد الدمبلص** من نقطة (أ) إلى نقطة (ب) ثم الرجوع إلى النقطة (م) فإن الإزاحة الزاوية تحسب حسب مسألة البندول، حيث أن الذراع تبدأ بالثني من نقطة (أ) بداية الحركة، فتصل إلى أقصى ثني في النقطة (ب) نهاية الثني، حيث تكون قد قطعت زاوية مقدارها (90 درجة) ثم ترجع إلى الزاوية (65 درجة) نهاية الحركة، وبذلك تكون قد قطعت **مسافة زاوية** مقدارها (90 + 65 = 155 درجة)، أما **الإزاحة الزاوية** فهي (90 – 65 = 25درجة) **وتُعرّف** بأنها قيمة الزاوية بين بداية الحركة ونهايتها.



## * السرعة الزاوية:

**تُعرّف بأنها المعدل الزمني لتغير الانتقال الزاوي للجسم أو هي معدل الإزاحة الزاوية.**

*** السرعة الزاوية = الانتقال الزاوي / الزمن**

**وكما ذكرنا سابقاً فإن طريقة حساب السرعة الزاوية في هذه الحالة تتشابه مع السرعة في الحركة الخطية والتي تم التطرق لها سابقاً**، ولكن تختلف عنها في وحدة القياس، **فوحدة قياس السرعة الزاوية هي (درجة/ثا).**

فإذا دار الجسم دائرة كاملة فإنه يقطع مسافة تساوي **(360) درجة**، أما إذا تحرك مسافة على محيط الدائرة تساوي نصف قطر الدائرة، فتتكون زاوية مقابلة لتلك المسافة يطلق عليها **الزاوية النصف قطرية (القطاع)**، وإن كل دائرة تحتوي على **(6.28) قطاع**، وإن عدد درجات القطاع الواحد هي **(57.3)** درجة، **وهذا الدرجة حصلنا عليها من خلال تقسيم:** 360 / 6.28 = 57.3 درجة.

---

**مثال:** رامي مطرقة يدور (ثلاث دورات) أفقية بزمن قدره (2.5 ثانية)، فما هي السرعة الزاوية للمطرقة بالدرجات والقطاعات؟

**الحل:**

**في البداية نستخرج الانتقال الزاوي من خلال الخطوة التالية:**

الانتقال الزاوي = 3 × 360 = 1080 درجة.

السرعة الزاوية (س ز) = الانتقال الزاوي / الزمن

س ز = 1080 / 2.5 = 432 درجة / ثا.

**ومن أجل استخراج السرعة بالقطاع يمكن أن نحول ناتج السرعة الزاوية بالدرجات إلى القطاعات، وكما يأتي:**

س ز = 432 / 57.3 = 7.5 قطاع.

**كما يمكن أن نستخرج السرعة الزاوية بالقطاعات من خلال:**

1080 / 57.3 = 18.84 قطاع.

س ز = 18.84 / 2.5 = 7.5 درجة / ثا.

**مثال:** رامي ثقل يدور دورتين ونصف بزمن قدره (1.5 ثانية)، فما هي سرعته الزاوية بالدرجات والقطاعات؟

**الحل:**

الانتقال الزاوي = 2.5 × 360 = 900 درجة.

السرعة الزاوية (س ز) = الانتقال الزاوي / الزمن

س ز = 900 / 1.5 = 600 درجة / ثا.

س ز = 600 / 57.3 = 10.47 قطاع.

---

**سؤال:** ذراع رياضي تتحرك مسافة (114.6 درجة) بزمن قدره (0.5 ثانية)، أحسب السرعة الزاوية بالدرجات والقطاعات، وما هي السرعة الخطية لليد إذا كان طول الذراع (0.60 م)؟

**الأجوبة هي:** 229.2 درجة/ثا ، 4 قطاع ، 1.2 م/ثا

---