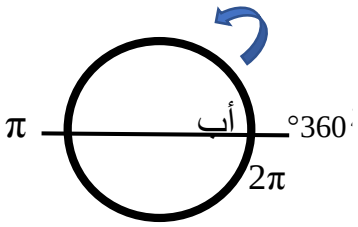
كينيماتيكا الحركة الدورانية أو الكينيماتيكا الزاوية

سوف نتطرق إلى أهم القوانين التي تحكم الحركة الدورانية؛ حيث أن في الحركة الدورانية يدور مركز ثقل الجسم أو أجزاء الجسم حول محور وهمي أو حقيقي كحركة المفاصل والشقلبة الأمامية والمرجحة على العمود الثابت في الجمباز، وإن كان الحركة في الجسم البشري تطغى عليها الحركة الزاوية أو الدورانية، فمفاصل الجسم ما هي إلا محاوروهمية تدور حولها الحركة. وعليه تكون:

المسافة الزاوية: وهي المدى الموجود بين نقطتي بداية الحركة ونهايتها على قوس الدائرة، وتقاس بالتقدير الدائري (الراديان Radians). (جيمس، 2007، 51، 55)، (طلحة، 1993، 85، 89).

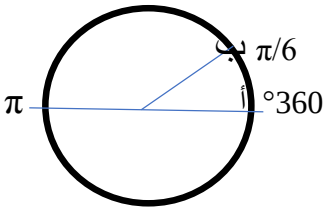
الإزاحة الزاوية: وهي الانتقال الزاوي بين نقطتي بداية الحركة ونهايتها على قوس الدائرة، أي في الحركة الدورانية؛ المسافة هي نفسها الازاحة، وهذا باستثناء الحالات التالية:(سوزان، 2014، 373، 375)

- إذا كانت نقطة (ب) نهاية الحركة هي الدورانية نفسها نقطة بدايتها (أ)، أي تحرك الجسم دورة واحدة (360°)، فإن الازاحة معدومة أي تساوي صفر بينما المسافة الزاوية تساوي (2π) كما في الشكل (22).



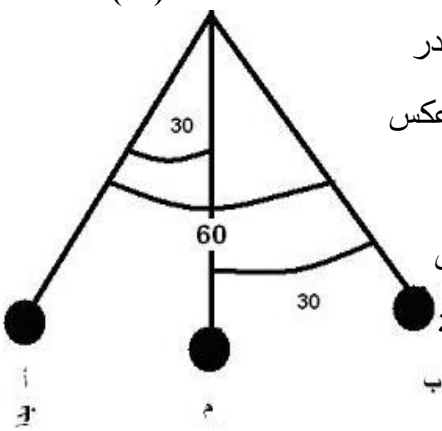
الشكل (22)

- إذا كانت الحركة دورة كاملة وزيادة عن الدورة مثلا (390°)، فإن الازاحة هي قيمة نقطة (ب) نهاية الحركة الدورانية ناقص الدورة الكاملة أي (30°)، بينما المسافة الزاوية هي (390°) درجة، أو دورة و(π/6)، مع العلم أن اتجاه الدوران هو عكس عقارب الساعة. كما في الشكل (23)



الشكل (23)

- إذا كانت الحركة عدة دورات مثلا (360° . 5)، فإن الازاحة في هذه الحالة (360°) لمرة واحدة، بينما المسافة الزاوية تقدر ب5 دورات أو (10 π) ، مع العلم أن اتجاه الدوران هو عكس عقارب الساعة.
- في حركة المرجحة تكون المسافة الزاوية هي المقدار المتنقل ذهابا وإيابا من (أ) بداية الحركة من أعلى نقطة (بزاويةمعنة عن الشاقول) إلى (ب) ثم حتى تستقر في المنتصف عند التوقف عن الحركة في النقطة (م)، بينما الإزاحة



(الشكل 24)

الزاوية هي مقدار الزاوية من بداية حركة المرجحة
من أعلى نقطة إلى منتصف الشاقول الذي تستقر عنده
الجسم عند التوقف، كما في الشكل (24)؛ حيث تساوي
المسافة الزاوية (60°+30°)،
بينما تساوي الإزاحة الزاوية (30°)

السرعة في الحركة الدورانية

نميز في الحركة الدورانية نوعين من السرعة من حيث مسار الحركة هما كالتالي:

1-السرعة المحيطية: تكون في الحركة الدورانية، وتمثل النسبة بين الزيادة في المسافة على محيط الدائرة إلى الزمن المقابل لهما. أي **vc = d / t** ، ووحدة قياس السرعة هي المتر / الثانية. حيث أن قياسها هو نفسه بالنسبة للسرعة الخطية، حيث أن **vc = v**.

2-السرعة الزاوية:angular Velocity تكون في الحركة الدورانية، هي معدل الانتقال الزاوي أو الإزاحة الزاوية للجسم في وحدة زمنية معينة . كما تبينه المعادلة التالية:

السرعة الزاوية (**ω**) = الفرق في الإزاحة الزاوية (θ2 − θ1)/ الفرق في الزمن(t2− t1)،

أي **ω = θ / t**، وتقاس السرعة بالراديان / الثانية (**Rad/s**). (سوزان، 2014، 376، 378)

العلاقة بين السرعة الزاوية والسرعة الخطية: (سوزان، 2014، 387)

الزاوية (**θ**) = طول القوس (dc) / نصف القطر (r) ، بمعنى:

θ = dc /r ، و d = dc. ونعلم أن : **d= v.t**، وبالتعويض :

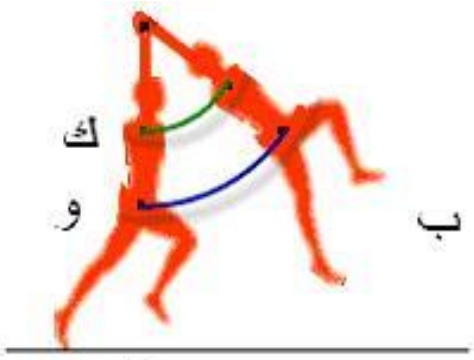
θ = v.t /r ، وبالتعويض في معادلة السرعة الزاوية : **ω = (v.t / r) / t** ، ومنه فإن :

ω = v / r ، أو تصبح معادلة السرعة الخطية: **v = ω. r**

فالسرعة الزاوية = السرعة الخطية / نصف القطر،

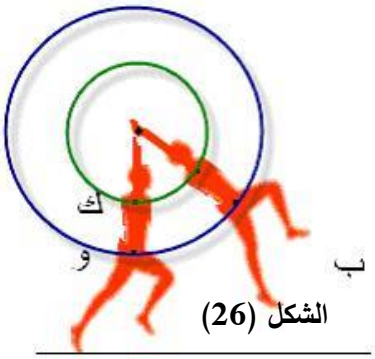
والسرعة الخطية = السرعة الزاوية . نصف القطر.

ومن هنا نستنتج أنه في حالة ثبات السرعة الزاوية، فإن السرعة الخطية (المحيطية) تزداد بازدياد نصف القطر، وتنقص بنقصان نصف القطر، والشكل (25) والشكل (26) يوضحان ذلك.



الشكل (25)

فمرجحة جسم اللاعب على العمود الثابت تظهر مثلا أن المسافة التي يقطعها الكتف من أ إلى ب أقل من المسافة التي يقطعها الورك.



الشكل (26)

وبما أن الجسم يتحرك ضمن زاوية واحدة وبزمن ثابت، ومنه تكون السرعة الزاوية لحركة الكتف هي ذاتها لحركة الورك الورك. بينما طول القوس أو المسافة التي يقطعها الكتف أصغرمن المسافة التي يقطعها الورك، مما يعني أن السرعة المحيطية لحركة الورك هي أكبر من حركة الكتف.وبطريقة أخرى فإن نصف قطر الورك أكبر من نصف قطر الكتف، وبتطبيق المعادلة السابقة (السرعة الخطيّة = السرعة الزاوية x نصف القطر) نجد أن السرعة الخطية تتأثر طرديا بطول نصف القطر زيادة ونقصانا، في حالة ثبات السرعة الزاوية.

التسارع الزاوي: Angular Acceleration

كما أن في حركة الجسم المستقيمة غير المنتظمة تتغير السرعة زيادة أو نقصان مع الزمن، وهذا ما يطلق عليه بالتعجيل أو التسارع الخطي. والمعبر عليه بالمعادلة التالية: (سوزان، 2014، 381)

التسارع الخطي= الفرق في السرعة(ع2−ع1)/ الفرق في الزمن(ن2−ن1)، أي $a = \Delta v/\Delta t$

فإن في حركة الجسم الدورانية غير المنتظمة تتغير السرعة الزاوية زيادة أو نقصان مع الزمن، وهذا ما يطلق عليه بالتعجيل أو التسارع الزاوي (تعى)، والمعبر عليه بالمعادلة التالية:

التسارع الزاوي = الفرق في السرعة الزاوية(ω2 −ω1)/ الفرق في الزمن(ن2−ن1)، أي :

$\alpha = \Delta\omega / \Delta t$. أو $\alpha = \omega / t$ و يقاس التسارع الزاوي بالراديان / الثانية مربع (Rad/s^2)

العلاقة بين التسارع الزاوي والتسارع الخطي:

التسارع الزاوي = التسارع الخطي / نصف القطر أيضا كما توضحة المعادلة التالية: $\alpha = a / r$

بما أن $\omega = v / r$ ، ومنه فإن $\alpha = (v/r) / t$ ، أي $\alpha = v /(t.r)$ ، و $a = v/t$ ، فنحصل في الأخير على العلاقة بين التسارع الزاوي والتسارع الخطي كما في المعادلة السابقة $\alpha = a / r$