



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة المستنقب
كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة

الكينماتك الزاوي والتعجيل الزاوي

م.م. جعفر حمزة كاظم

م ٢٠٢٥

١٤٤٦ هـ

الكينماتك الزاوي (ANGULAR KINEMATICS) :

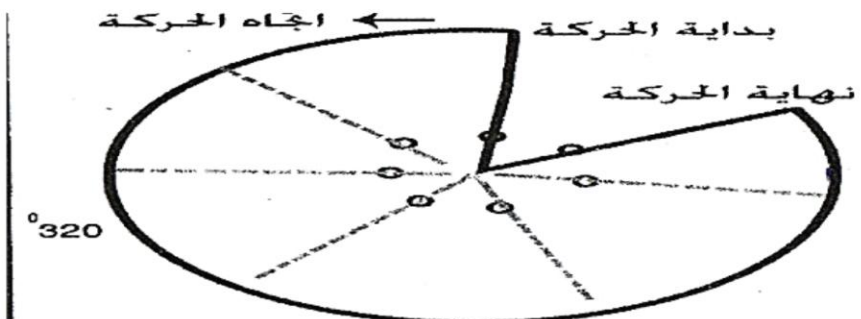
هناك فرق بين طبيعة الحركة الانتقالية التي تحدث على خط مستقيم والحركة الدورانية أو الدائرية التي تكون على شكل دوائر كاملة أو جزء من دوائر .
ان حدوث الحركة الدورانية يشترط بوجود محور للدوران، وقد يكون هذا المحور الذي تتم حوله الحركة اما خارج الجسم كتعلق اللاعب على العقلة (العقلة هي محور الدوران) أو أن يكون المحور داخل الجسم كما في دوران الجسم حول نفسه.

1.المسافة الزاوية والازاحة الزاوية:

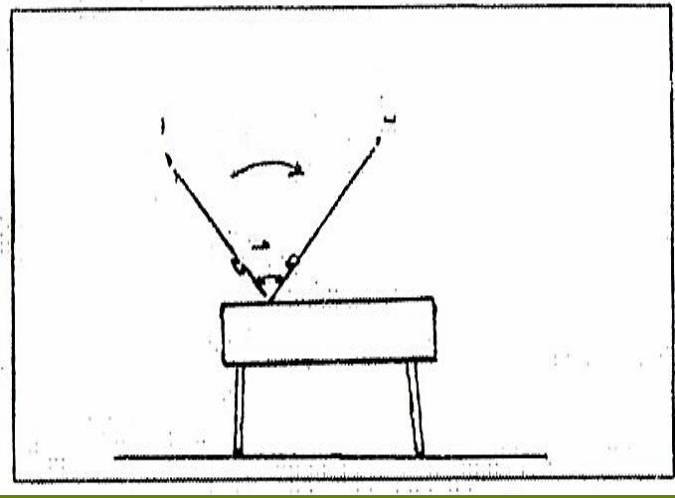
الإزاحة الزاوية Angular Displacement: وهي أقل مقدار للفرق بين وضعي الجسم بداية الحركة ونهايتها وتقاس أيضاً بالدرجات.

المسافة الزاوية Angular Distance: وهي المسافة التي يقطعها الجسم اثناء حركته ويمكن حسابها من خلال الفرق بين الوضع الاولي الذي ابتداء منه الجسم وصولاً الى الوضع النهائي وتحسب المسافة بعدد الدرجات التي يقطعها الجسم منذ بداية حركته الى نهايتها.

في الدائرة الواحدة فان الزاوية تساوي 360° لذلك فان اية مسافة زاوية ستكون مساوية للازاحة الزاوية مثلما في ركض المستقيم (100 متر مثلاً) باستثناء الدورة الكاملة فانها تبدأ من نقطة الصفر وتنتهي في نقطة 360° فان ازاحتها (صفر) مثلما تحدث في ركض (400 متر)، فمثلاً ان الازاحة الزاوية لدرجة 90 هي نفسها . اما الدرجة 370 فان ازاحتها ($360 - 370 = 10^\circ$)



2. السرعة الزاوية والسرعة المحيطية:



شكل (2)

نحن نعلم إن قياس سرعة الجسم أثناء الحركة الانتقالية هي عبارة عن المسافة المقطوعة في وحدة الزمن، وينطبق القول نفسه على المسافة التي يقطعها جسم على منحنى وكمثال على ذلك سرعة الراكض على محيط دائرة.

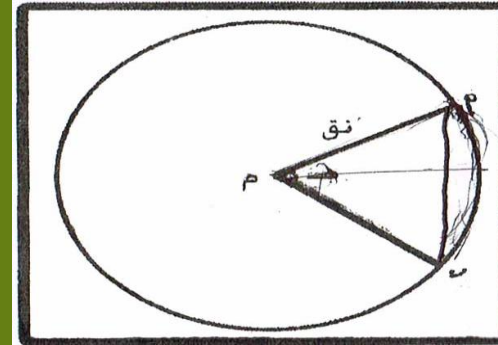
$$\text{السرعة المحيطية المتوسطة} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1}$$

السرعة المحيطية.. هي النسبة بين المسافة التي يقطعها الجسم على محيط الدائرة إلى الزمن المستغرق. السرعة الزاوية.. هي معدل الانتقال الزاوي للجسم، وللتعبير عن مقدار السرعة الزاوية التي يتحرك بها الجسم أو جزء منه أثناء الحركة، يمكن من خلال معرفة عدد الدرجات التي يقطعها الجسم في فترة زمنية معينة.. كما هو الحال في انتقال لاعب جمباز من نقطة أ إلى النقطة ب ويكون قد قطع زاوية معينة ولتكن (85°). لاحظ الشكل (2).

السرعة الزاوية = عدد الدرجات المقطوعة / t

س ز = عدد الدرجات المقطوعة / t

إن دوران الجسم حول العقلة دورة كاملة، فإن عدد الدرجات التي يقطعها ذلك الجسم هي (360°)، وإذا قطع الجسم جزء من محيط الدائرة بحيث يساوي طول ذلك الجزء نصف قطر الدائرة، فإن الزاوية المقابل لذلك الجسم تعرف بزاوية نصف قطرية. لاحظ الشكل (3).



شكل (3)

يطلق على المثلث أم ب بالقطاع

الدورة الكاملة الواحدة = 6.28 قطاع

قيمة القطاع الواحد بالدرجات = $360 / 6.28 = 57.324^0$ ويمكن تقريبه الى 57.3^0 .

مثال

أثناء رمي المطرقة تدور المطرقة (3) دورات افقية بزمان قدره 2.5s. احسب كم درجة تقطع المطرقة بالثانية؟ وكذلك كم قطاعا بالثانية؟

الحل

$$3 \times 360 = 1080^\circ \text{ في } 2.5 \text{ s}$$

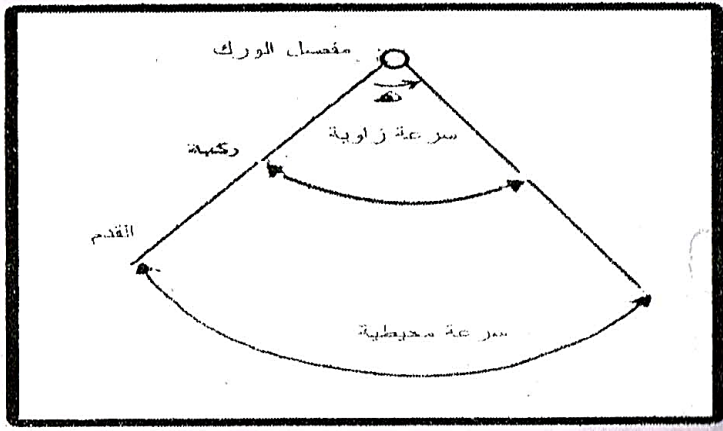
$$1080 \div 2.5 = 432^\circ \text{ تقطع المطرقة بالثانية الواحدة.}$$

$$432 \div 57.3 = 7.53 \text{ قطاع في الثانية الواحدة.}$$

$$\text{السرعة المحيطية} = \text{السرعة الزاوية} \times r$$

$$s = r \times \omega$$

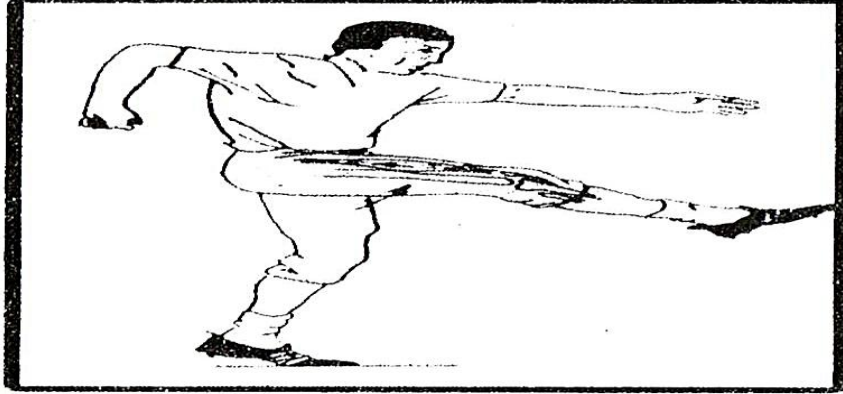
لاعب الجمباز أثناء دورانه على العقلة، نجد ان السرعة المحيطية للكتف أقل من سرعة مفصل الورك والاخيرة أبطأ من مفصل الركبة، وهذا ناتج عن الفرق في طول نق (البعد بين المفصل ومحور الدوران)، حيث يكون له تأثير كبير على سرعة حركة الجسم عند دورانها على محيط الدائرة. لاحظ الشكل (4).



شكل (4)

مثال

لاعب كرة قدم أثناء ضربه للكرة كانت السرعة الزاوية $60^\circ/\text{s}$. احسب السرعة المحيطية لمفصل الركبة وكذلك السرعة المحيطية للقدم، علماً بأن البعد بين محور الدوران (مفصل الورك) ومفصل الركبة هو (40 cm) والبعد بين محور الدوران والقدم هو (80 cm)؟



مفصل الورك (محور الدوران)

شكل (5)

الحل

$$s = r \times \omega$$

السرعة المحيطية لمفصل الركبة

$$s = 4 \times 60 = 240 \text{ cm/s}$$

$$s = 240 \text{ cm/s}$$

السرعة المحيطية لمفصل القدم

$$s = 80 \times 60 = 4800 \text{ cm/s}$$

$$s = 4800 \text{ cm/s}$$



ان سرعة القدم المحيطية هي ضعف سرعة الركبة وهذا ناشيء عن الاختلاف في بعد المفصل عن محور الدوران.

يقودنا هذا الى الاستنتاج الى تطبيق مبدأ اطالة نصف قطر الدوران كي تزداد السرعة المحيطية للجسم كما في فعالية رمي القرص، حيث يوصي المدربون بمد الذراع الحاملة للقرص أثناء دورانها أبعد ما يمكن ليكتسب القرص اكبر سرعة دائرية قبل الإنطلاق.

على هذا الاساس أيضاً يفضل الرامي ذو الذراع الطويلة عند اختيار رامي القرص من حيث المواصفات الجسمية.

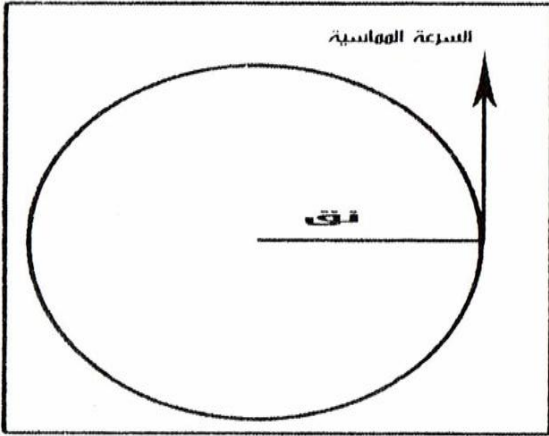
التعجيل الزاوي Angular Acceleration:

هو معدل التغير في السرعة الزاوية الحادثة لمدة زمنية معينة، وهناك نوعين من التعجيل أثناء حركة الجسم حول محور وهما.. **التعجيل القطري أو العمودي (المركبة العمودية)** و**التعجيل المماسي (المركبة المماسية)**.

التعجيل القطري أو العمودي Radial Acceleration: وهو التعجيل الناتج عن عمل القوة التي يسلطها رامي القرص للسيطرة على القرص أثناء دورانه على مماس محيط الدائرة ويكون باتجاه مركز دوران القرص (محور مفصل الكتف) ويمكن حساب قيمته من المعادلة الآتية:-

التعجيل القطري (العمودي) = سرعة القرص على مماس محيط الدائرة $r/2v$

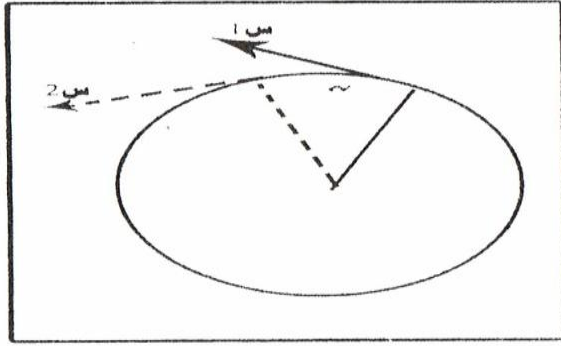
ع عمودي $r/2v$



شكل (6)

مثال

أوجد مقدار المركبة العمودية للتعجيل لقرص أثناء دورانه في دائرة الرمي، علماً أن سرعته اللحظية على مماس الدائرة تساوي $s/f15$ وكان طول ذراع الرامي $f3$.



شكل (7)

الحل

ع عمودي $r / 2v =$

$$r / 2(15) =$$

$$3 / 225 =$$

$$2s / f 75 =$$

التعجيل المماسي Tangential Acceleration: هو معدل تغير سرعة الجسم في موضعين مختلفين على محيط دائرة الدوران في فترة زمنية معينة. لاحظ الشكل (7).

التعجيل المماسي = السرعة النهائية - السرعة الابتدائية / t

$$t / 1V - 2V = \text{التعجيل المماسي}$$

مثال

احسب المركبة المماسية لتعجيل قرص بلغت سرعته 6 m/s في نقطة على محيط دائرة، وبعد فترة زمنية قدرها 0.5 s ، أصبحت سرعته 12 m/s ؟

الحل/ التعجيل المماسي $= V_2 - V_1 / t$

$$= 12 - 6 / 0.5$$

$$= 12 \text{ m/s}^2$$