



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة المعرفة تقبل
كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة

الكينماتك الزاوي والتعجيل الزاوي

م.م. جعفر حمزة كاظم

م ۲۰۲۵

۶۴۱۵۰۰

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 .

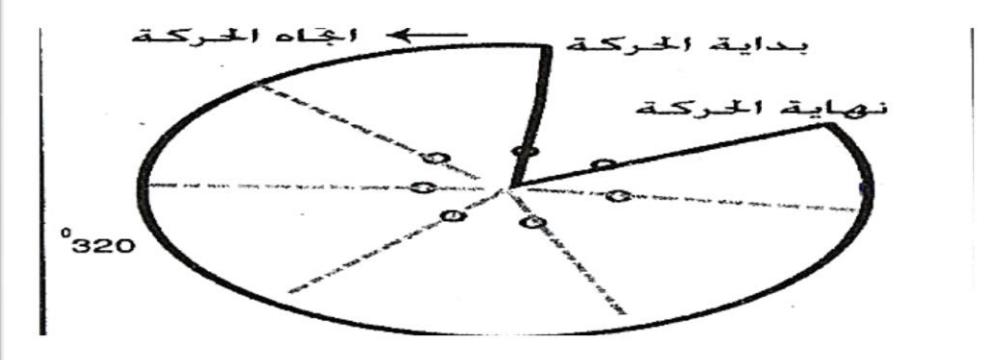
ان حدوث الحركة الدورانية يشترط بوجود محور للدوران، وقد يكون هذا المحور الذي تتم حوله الحركة اما خارج الجسم كتعلق اللاعب على العقلة (العقلة هي محور الدوران) أو أن يكون المحور داخل الجسم كما في دوران الجسم حول نفسه.

1. المسافة الزاوية والازاحة الزاوية:

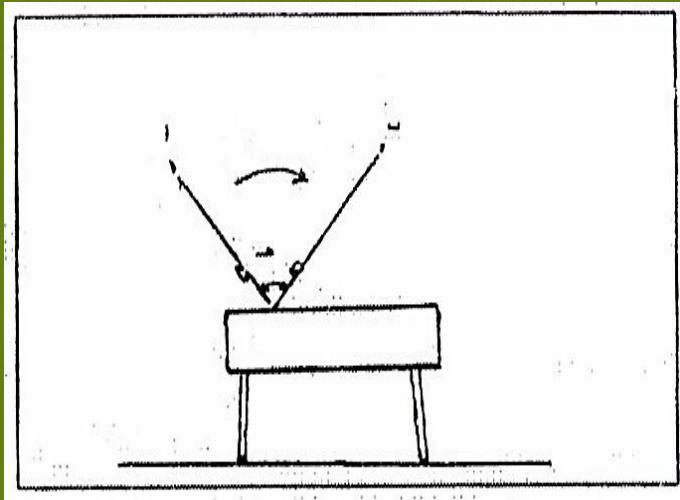
الازاحة الزاوية Angular Displacement: وهي أقل مقدار للفرق بين وضعی الجسم بداية الحركة وزهايتها وتقاس أيضاً بالدرجات.

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

في الدائرة الواحدة فان الزاوية تساوي 360° لذلك فان اية مسافة زاوية ستكون مساوية لازاحة الزاوية مثلاً في ركض المستقيم (100 متر مثلاً) باستثناء الدورة الكاملة فانها تبدأ من نقطة الصفر وتنتهي في نقطة 360° فان ازاحتها (صفر) مثلاً تحدث في ركض (400 متر)، فمثلاً ان ازاحة 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 منحني وكمثال على ذلك سرعة الراكب على محيط دائرة.

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

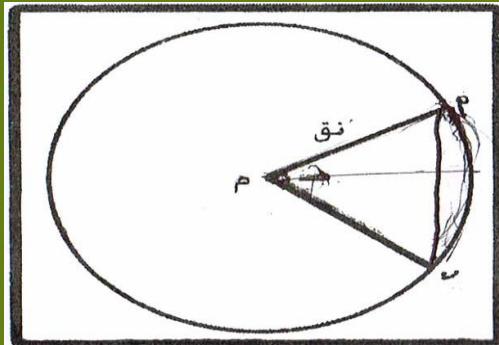
السرعة المحيطية.. هي النسبة بين المسافة التي يقطعها الجسم على محيط الدائرة إلى الزمن المستغرق.

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 A إلى النقطة B 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 المقابلة 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 = $6.28 / 360 = 0.0174573$ ويمكن تقريره إلى 0.0174573.

مثال

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

الحل

$$s = 2.5 \times 360 = 1080^\circ$$

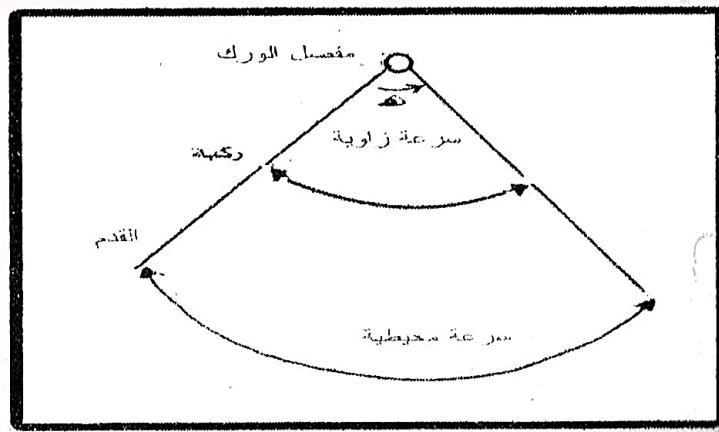
قطع المطرقة بالثانية الواحدة.

قطاع في الثانية الواحدة.

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

$$s = \omega \times r$$

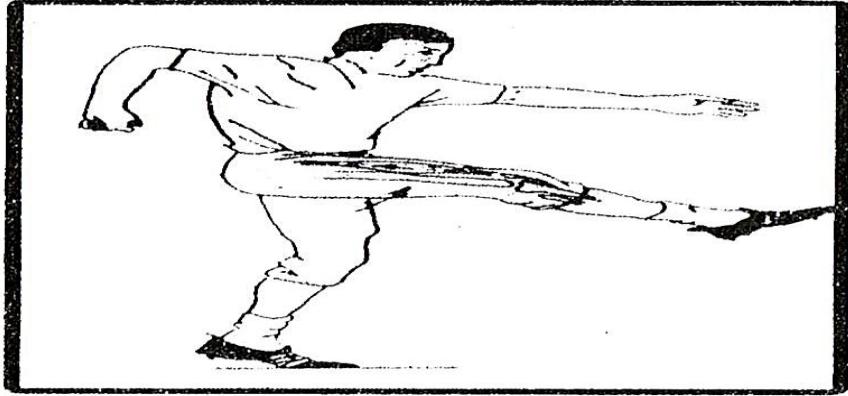
لاعب الجمباز أثناء دورانه على العقلة، نجد ان السرعة المحيطية للكتف أقل من سرعة مفصل الورك والأخيرة أبطأ من مفصل الركبة، وهذا ناتج عن الفرق في طول نق (البعد بين المفصل ومحور الدوران)، حيث يكون له تأثير كبير على سرعة حركة الجسم عند دورانها على محيط الدائرة. لاحظ الشكل (4).



شكل (4)

مثال

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



مفصل الورك (محور الدوران)

الحل

$$s_m = s_z \times r$$

السرعة المحيطية لمفصل الركبة

$$s_m_{ركبة} = 4 \times 60$$

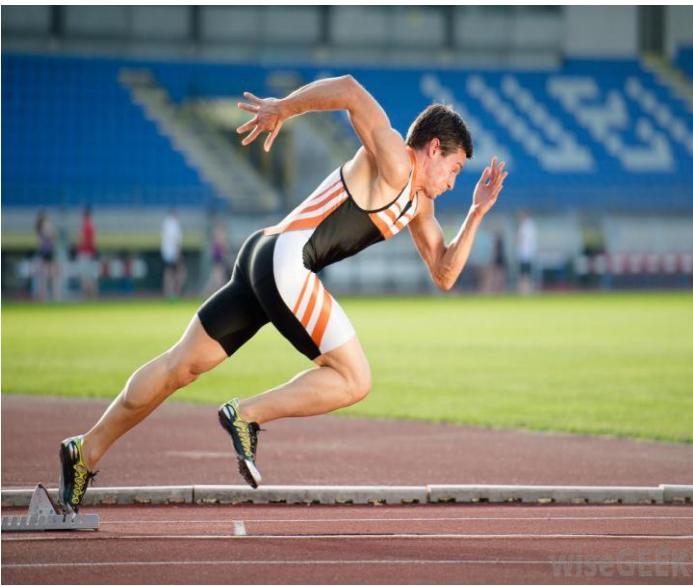
$$s/cm 2400 =$$

السرعة المحيطية لمفصل القدم

$$s_m_{قدم} = 80 \times 60$$

$$s/cm 4800 =$$

شكل (5)



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 بعد 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 الموصفات الجسمية.

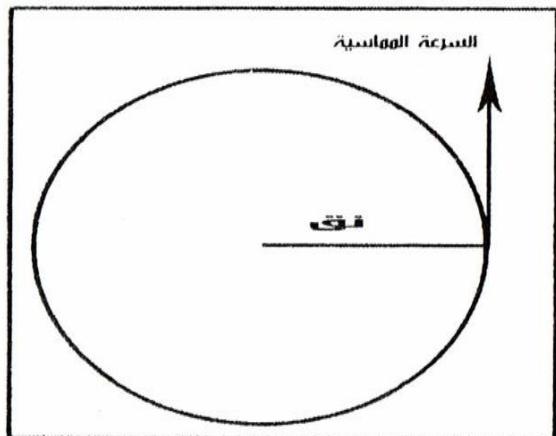
التعجيل الزاوي :Angular Acceleration

هو معدل التغيير في السرعة الزاوية الحادثة لمدة زمنية معينة، وهناك نوعين من التعجيل أثناء حركة الجسم حول محور وهم: **التعجيل القطري أو العمودي (المركبة العمودية) والتعجيل 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:-

$$\text{التعجيل القطري (العمودي)} = \text{سرعة القرص على مماس محيط الدائرة}^2 / r$$

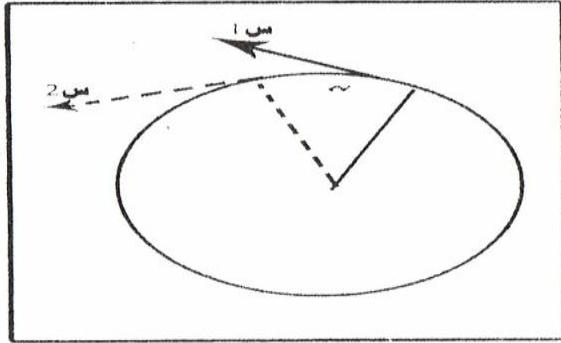
$$\text{ع عمودي} = r / v^2$$



شكل (6)

مثال

أوجد مقدار المركبة العمودية للتعجيل لقرص أثناء دورانه في دائرة الرمي، علماً أن سرعته اللحظية على مماس الدائرة تساوي 15 m/s وكان طول ذراع الرامي 3 m .



شكل (7)

الحل

$$\text{ع عمودي} = r \cdot \alpha$$

$$r \cdot \alpha =$$

$$3 / 225 =$$

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

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

$$\text{التعجيل المماسي} = \frac{\text{السرعة النهائية} - \text{السرعة الابتدائية}}{t}$$

$$\text{التعجيل المماسي} = \frac{v_1 - v_2}{t}$$

مثال

احسب المركبة المماسية لتعجيل قرص بلغت سرعته $s / m6$ في نقطة على محيط دائرة، وبعد فترة زمنية قدرها $0.5 s$ ، أصبحت سرعته $s / m12$

الحل/ $t / 1V - 2V =$ التعجيل المماسي

$$0.5 / 6 - 12 =$$

$$2s / m12 =$$

