المحاضرة السابعة

الكينماتيك الزاوي.

هو احد فروع علم البايوميكانيك والذي يعنى بدراسة الحركة التامة على محور للدوران دراسة وصفية من حيث زمانها ومكانها وبصرف النظر عن القوى التي تسبب حدوث الحركة .

1- **المسافة الزاوية والإزاحة الزاوية :-** هي عدد الدرجات التي يتحركها الجسم حول محور دورانه ومنذ بداية حركته والى نهايتها وكما بالشكل.

نهاية الحركة 45º بداية الحركة

اتجاه الحركة 315º وعند مشاهدتنا لهذا الشكل فانه لو أكمل لاعب الجمباز دورة كاملة من بداية الحركـــــــة والعودة للنقطة نفسها فانه يكون قد أكمل 360º لكن المسافة التي قطعها اللاعب في هذه الحركة هي اقـــل من 360º ولتكن 315º فان هذه الكمية تعبر عن مقدار المسافة الزاوية التي قطعها جسم لاعب الجمباز .

أما بالنسبة إلى مقدار الإزاحة الزاوية فبإمكاننا الاستدلال عنها من خلال الفرق بين وضعي الجسم في بداية الحركة ونهايتها وهو 360º – 315º =45º .

السرعة المحيطية :- هي النسبة بين المسافة التي يقطعها الجسم على محيط الدائرة إلى الزمن المستغرق . ولاستخراج متوسط السرعة لعداء على محيط دائرة فيمكن ذلك من القانون الآتي:

السرعة المحيطية المتوسطة = م 2 – م 1 / ن2 – ن1

والسرعة المحيطية اللحظية = م / ن

2- **<u>السرعة الزاوية :-</u>** هي معدل الانتقال الزاوي للجسم أو هي ما يقطعه الجسم أو جزء منه خلال حركته من عدد الدرجات في فترة زمنية معينة .

<u>ملاحظة/</u> إن دوران الجسم حول العقلة دورة كاملة فان عدد الدرجات التي يقطعها ذلك الجسم هي360º ، وإذا قطع الجسم جزءا من محيط الدائرة بحيث يساوي طول ذلك الجزء نصف قطر الدائرة فان الزاوية المقابلة لذلك الجزء تعرف بزاوية نصف قطرية كما في الشكل ويطلق على المثلث أ م ب بالقطاع .

وقد وجد إن الدورة الكاملة الواحدة تساوي هـ م 6,28 راديان وعلى هذا لأساس فان الراديان ب أ الواحد يمكن احتساب قيمته بالدرجات ويساوي

360 ÷ 6,28 = 57,324 ويمكن تقريبه إلى57,3 درجة .

مثال/ أثناء رمي المطرقة تدور ثلاث دورات أفقية بزمن قدره 2.5 احسب كم درجة تقطع المطرقة في الثانية وكذلك كم قطاع في الثانية ؟

بما إن المطرقة تتحرك 3 دورات فهي تقطع 360 × 3 = 1080 درجة .

عدد الدرجات بالثانية الواحدة = 1080 ÷ 2.5 = 432 درجة .

عدد القطاعات في الثانية الواحدة = 432 ÷ 57,3 = 7,5 قطاع .

ولإيضاح علاقة السرعة الزاوية لجسم أثناء دورانه وسرعته المحيطية نأتي بالقانون التالي :

السرعة المحيطية = السرعة الزاوية × نصف القطر

س م = س ز × نق

مثال/ لاعب كرة قدم أثناء ضربه للكرة كانت السرعة الزاوية للرجل 60 درجة / ثانية احسب السرعة المحيطية لكل من مفصل الركبة ومفصل القدم علما أن البعد بين محور الدوران (مفصل الورك) ومفصل الركبة هو 40 سم والبعد بين محور الدوران والقدم 80 سم ؟

س م = س ز × نق

س م = 60 × 40 = 2400 سم / ثا السرعة المحيطية للركبة.

س م = 60 × 80 = 4800 سم / ثا السرعة المحيطية للقدم .

3- التعجيل الزاوي :-

هو الفرق بين السرعتين الزاويتين مقسوما على الزمن ، ووحدة قياسه درجة / ثا2 .

التعجيل الزاوي = السرعة الزاوية النهائية – السرعة الزاوية الابتدائية / الزمن

ع ز = س 2 – س1 / ن وحدة قياسه درجة / ثا^2

مثال/ كانت السرعة الزاوية للاعب جمناستك أثناء حركة دورانه حول العقلة في نقطة أ تساوي 180 درجة / ثانية وفي نقطة ب 240 درجة / ثانية وكان هذا التغير في السرعة الزاوية قد حدث في فترة زمنية قدرها (0,2ثا) فما هو التعجيل الزاوي للاعب الجمناستك ؟

ع ز = س 2 – س 1 / ن

ع ز = 240 – 180 / 0.2 = 300 درجة / ثا^2

4- التعجيل المماسي = السرعة النهائية – السرعة الابتدائية / الزمن

ع المماسي = س 2 – س 1 / ن وحدة قياسه م/ ثا^2

مثال/ احسب التعجيل المماسي لقرص يتحرك بسرعة 6 م / ثا عند نقطة معينة على محيط الدائرة وعلى نقطة أخرى في لحظة أخرى 10 م / ثا وكانت الفترة الزمنية بين هاتين النقطتين 0.2 ؟

ع مماسي = س 2 – س 1 / ن

ع مماسي = 10 – 6 / 0,2 = 20 م / ثا^2 .

5- التعجيل القطري (العمودي) = (سرعة الجسم المماسية)^2 / نصف القطر

التعجيل القطري = (س)^2 / نق وحدة قياسه م/ ثا^2

أي أن هنالك علاقة عكسية بين التعجيل القطري ونصف القطر

مثال/ كانت سرعة القرص أثناء مرجحة الاستعداد للرمي وعند نقطة أ 20 قدم / ثا وكان البعد بين مركز القرص ومحور الدوران (مفصل الكتف) 2 قدم بحيث يكون هذا البعد بمثابة نصف قطر الدوران فكم هو مقدار التعجيل ؟

ع قطري = (س)^2 / نق

ع قطري = (20)^2 / 2 = 200 قدم / ثا2 .

الحركة الدائرية بتسارع ثابت

أن السرعة الخطية للجسم الذي يدور في مسار دائري تساوي دائما سرعته الزاوية (∞) مضروبة في نصف قطر المسار (R) . والسرعة المماسية الخطية يمكن أن تكون ثابتة أو متغيرة ، كذلك الحال بالنسبة للسرعة الزاوية . فإذا كانت السرعة المماسية تتغير بمقدار a_T ، فإن السرعة الزاوية تتغير أيضاً بمقدار (a).

والعلاقة بين التسارع المماسي a_T والتسارع الزاوي (a) هي:

.....(1)

ذلك لأن :

وعليه ، فإنه في الحركة الدائرية تكون المتغيرات : θ للإزاحة الزاوية ، ω للسرعة الزاوية ، α للتسارع الزاوي مرادفة للمتغيرات x،v،a في الحركة الخطية على الترتيب . ووحدات قياس θ، α،ω هي على التوالي rad/sec^2، rad/sec، rad .

وبالتعويض بدل (v) في معادلة التسارع المركزي a_N :

$$a_N = R\ ^2\omega \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

وعليه اذا كانت الدقيقة تسير في مسار دائري بسرعة مماسية متغيرة ، فإن الدقيقة تسارعاً مماسيا يساوي αR ، وتسارعا مركزيا يساوي $R^2\omega$. أما اذا كانت السرعة المماسية ثابتة المقدار ، فإن التسارع المماسي (a_T) يساوي صفرا ؛ لأن (ω) تكون ثابتة أيضاً . ويكون للدقيقة تسارع مركزي فقط يساوي$R^2\omega$.

واذا تحركت الدقيقة في مسار دائري بتسارع زاوي ثابت قدره α()، وكانت قد ابتدأت حركتها بسرعة زاوية ابتدائية (ω_o) فإنه يمكن اشتقاق العلاقات التالية لحركة الدقيقة المتسارعة بانتظام ، وهي :

السرعة الزاوية بعد زمن *(t)* من الحركة تساوي :

..... (3)

وأيضا السرعة الزاوية بعد قطع ازاحة قدرها θ هي :

..... (4)

أما الإزاحة الزاوية بعد زمن *(t)* تساوي :

..... (5)