الكينماتك الزاوي

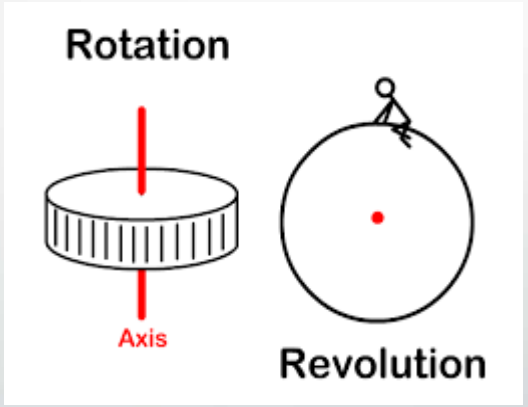
اعداد

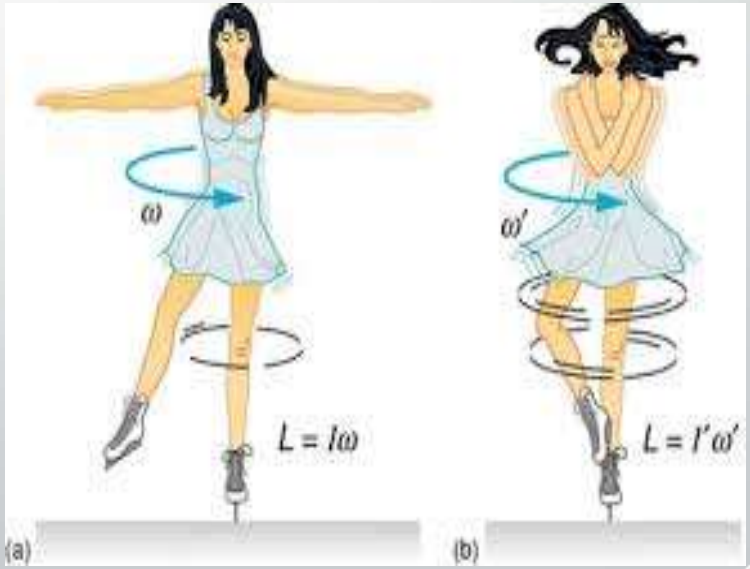
أ.م.د محمد مطلك بدر الحاج لازم آل غدير الساعدي

- في الفصول السابقة تطرقنا للفرق بين الحركة الخطية التي تحدث على خط مستقيم (**ترسم اجزائها خطوط مستقيمة متوازية عند الحركة**) و بين الحركة الدائرية التي (**ترسم أجزاء الجسم فيها دوائر او أجزاء من دوائر متحدة المركز انثناء الحركة**)

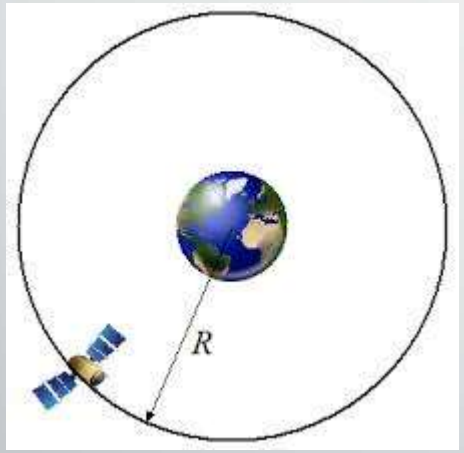
- و لكي يتحرك الجسم حركة دورانية فبطبيعة الحال يحتاج الجزء المتحرك الى (محور دوران) يتحرك حوله.
و محور الدوران قد يكون ضمن الجسم او داخله او من الممكن يكون خارج الجسم و الأمثلة كثيرة في حياتنا اليومية و في حياتنا الرياضية أيضا ، فمثلا ان دوران لاعبة التزلج على الجليد حول المحور الطولي هو مثال لمحور داخل الجسم اما حركة لاعب الجمباز على العقلة فتمثل الدوران حول محور خارج الجسم.

ملاحظة: من ما تقدم نستطيع القول ان العتلات بصفة عامة هي آلات (اجسام) تتحرك حركة دورانية.





الحركة الدورانية (**الحركة الزاوية**) لها امثلة كثيرة في حياتنا اليومية و من الممكن مشاهدتها في كل مكان تقريبا و قد تكون حركة دورانية حقيقية (حركة دولاب الهواء) او من الممكن ان تكون جزء من حركة مركبة مثل حركة راكب الدراجة الهوائية (الساقين و الرجلين حركة دائرية و مجموع الجسم ككل و الدراجة حركة خطية) او حتى حركة الاجرام السماوية في الفضاء الخارجي.

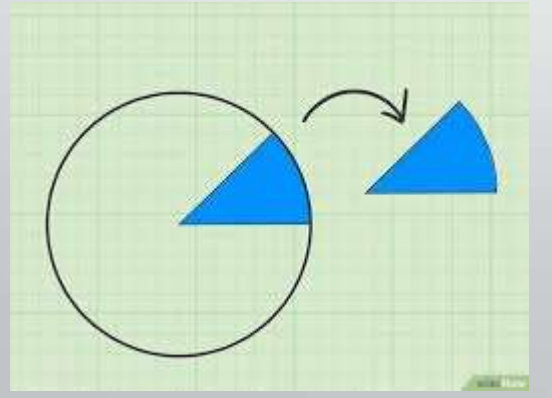


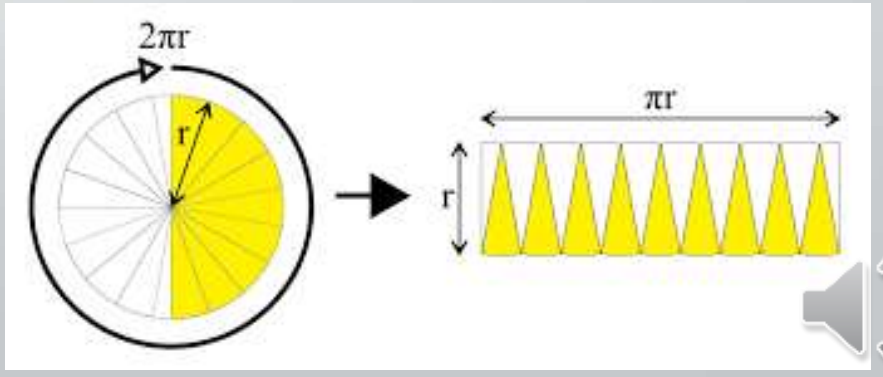
أولا
المسافة الزاوية و الازاحة الزاوية

- قبل الدخول في تفاصيل هذين المفهومين لابد من توضيح مجموعة من الامور الأساسية المتعلقة بوحدات المسافات فقد سبق و ان تحدثنا في الفصول السابقة عن الجسم المتحرك حركة خطية و إن المسافة التي يقطعها الجسم تقاس هندسيا بوحدات الطول و هي المتر و مضاعفاته او اجزائه فنقول مثلا ان المسافة بين البناية (أ) و البناية (ب) هي 500 متر او ان لاعب الرمح حقق مسافة قدرها 25.30 متر.

المسافة الزاوية و الازاحة الزاوية

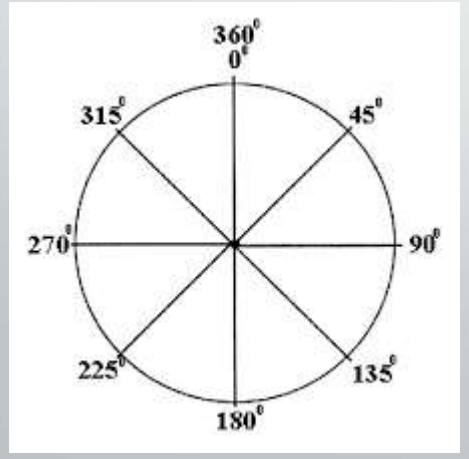
- اما اذا تحدثنا عن الجسم الذي يتحرك حركة دورانية فأنه من الضروري إيضاح طبيعة الحركة ، فكما ذكرنا في السابق ان اجزاء الجسم المتحرك ترسم دوائر او أجزاء من دوائر ، و هنا نبين ان الدائرة تتألف من قطاعات تمثل بمجموعها مساحة هذه الدائرة و ان لمعرفة المسافة التي قطعها الجسم بالحركة الدائرية لابد من معرفة عدد القطاعات التي قطعها و مجموعها تمثل 360 درجة او بعبارة اصح فأن ال 360 درجة تمثل دورة كاملة.





المسافة الزاوية و الازاحة الزاوية

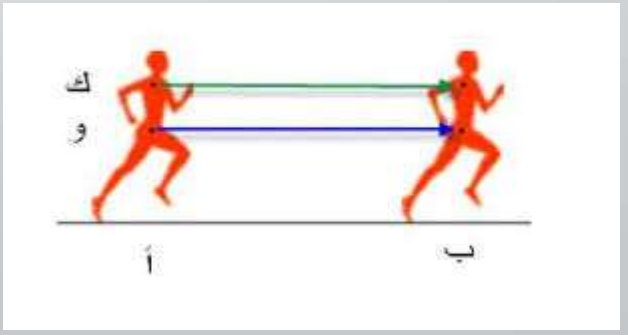
- و لتوضيح هذا المفهوم اكثر دعونا نشرح المثال التالي:
عند مشاهدتنا للاعب الجمباز الذي يقوم بحركة دورانية على العقلة فأنه لو نفذ دورة كاملة تكون المسافة التي قطعها 360 درجة اما لو فرضنا انه لم يكمل دورة كاملة فأن المسافة تحسب بعدد الدرجات (القطاعات) و لتكن 320 درجة مثلا.
- و بما ان الازاحة (هي مقدار المسافة الحقيقية التي ازيح بها الجسم عن موضعه) فأن في المثال أعلاه تكون الازاحة تكون (صفرا) اذا ما دار الرياضي دورة كاملة حول العقلة اما في الحالة الثانية عندما لم يكمل دورة كاملة فأن الازاحة تساوي 360 – 320 = 40 درجة.



من ما تقدم يمكننا توضيح مجموعة من الفروق بين الحركة الخطية و الحركة الدورانية و كما يأتي:

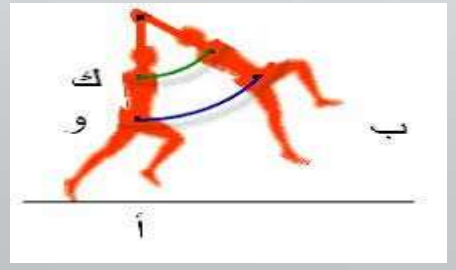
الحركة الخطية

- ترسم نقاط أجزاء الجسم اثناء الحركة خطوط مستقيمة متوازية.
- تتم الحركة بخط مستقيم .
- تقاس المسافة هندسيا بموحدات الطول (متر و مضاعفاته او اجزائه).



الحركة الدورانية

- ترسم نقاط أجزاء الجسم اثناء الحركة دوائر او أجزاء من دوائر متحدة المركز.
- تتم الحركة على محور دوران قد يكون داخل الجسم او خارجه.
- تقاس المسافة هندسيا بعدد القطاعات التي يقطعها الجسم و وحدتها (درجة)



ثانيا
السرعة الزاوية و السرعة المحيطية

- كم تبلغ سرعة القصوى هذه السيارة؟
- بكم ساعة قطعت المسافة بين بغداد و نيويورك؟
- ما هو الرقم القياسي لمسافة 100 متر ركض للرجال؟
- كل الأسئلة السابقة تعبر عن مفهوم واحد و هي (السرعة) فسواء كان سؤلا مباشرا كما سؤال السيارة او كان سؤال القصد منه تعبيرات هي في الحقيقة جزء من مكونات السرعة كمفهوم عام.
في الفصول السابقة تعرفنا على السرعة الخطية و عرفناها على انها (مقدار المسافة المقطوعة خلال وحدة الزمن) و بيناها رياضيا بالمعادلة:
السرعة = المسافة/الزمن و وحداتها متر/ ثانية او سنتمتر/ثانية.

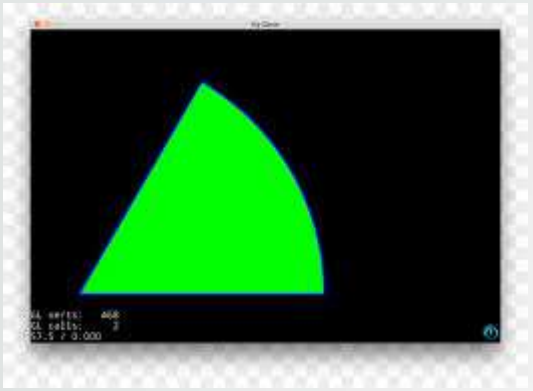
السرعة الزاوية و السرعة المحيطية

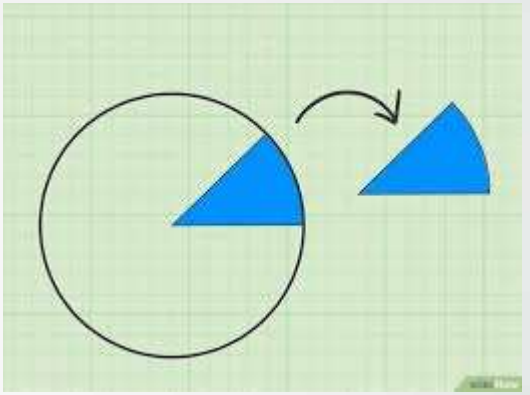
- على العموم فأن المفهوم العام نفسه ينطبق على السرعة المحيطية فمثلا لو اردنا معرفة معدل السرعة المحيطية لعداء يركض على محيط الدائرة فعلينا معرفة مقدار السرعة التي بدأ بها و السرعة التي وصل اليها لحظة القياس فضلا عن الزمن الأول و الزمن الثاني البداية و الزمن الثاني
السرعة المحيطية = م2-م1 / ن2-ن1

- سرعته اللحظية (في كل جزء زمني من الركض) $= \frac{\Delta م}{\Delta ن}$

- و يمكن تعريف السرعة المحيطية :هي النسبة بين المسافة التي يقطعها الجسم على محيط الدائرة الى الزمن المستغرق للحركة.

السرعة الزاوية و السرعة المحيطية

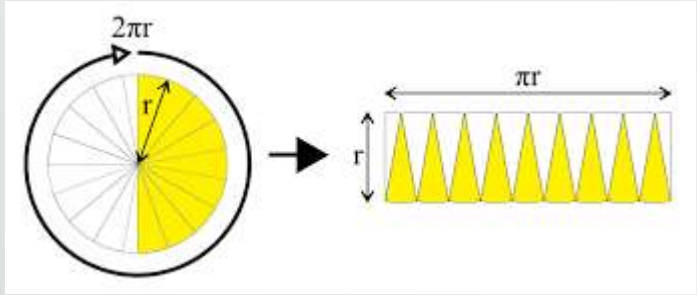


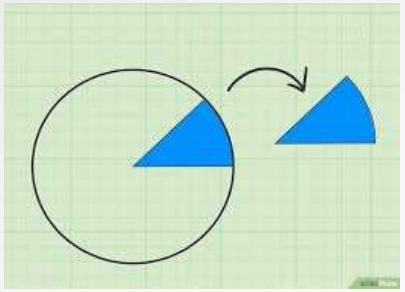


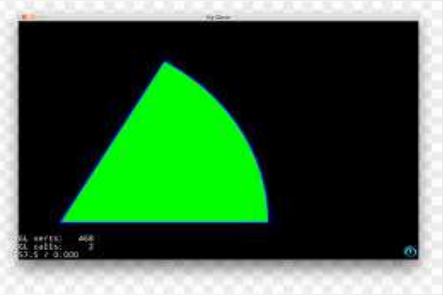
- لنتخيل معا اننا ربطنا حبل حول عداء و ثبتنا الطرف الآخر بالأرض و طلبنا من العداء ان يركض من نقطة (أ) الى نقطة (ب) فتخيل حركة هذا العداء كيف تكون!
- سيرسم هذا العداء قوسا على المحيط و سيكون مجموع الشكل الذي يرسمه كما موضح في أعلاه. من ما تقدم نستطيع القول ان السرعة المحيطية تمثل التغير الزمني لموضع الجسم على محيط الدائرة و بما ان هذا التغير الهندسي في مكان الجسم (من نقطة أ الى نقطة ب) قد تم حول محور دوران ثابت فقد حقق هذا الجسم زاوية و بعبارة اصح فأن أي حركة محيطية ستولد زاوية عند محور الدوران.

و تعرف السرعة الزاوية هي (معدل الانتقال الزاوي للجسم).

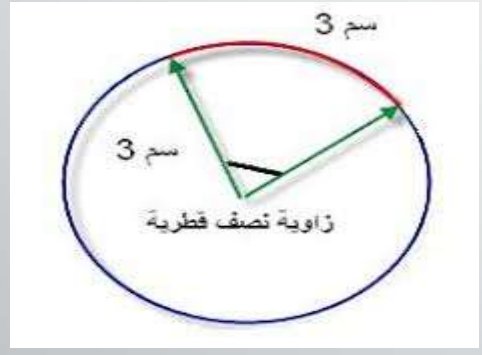
السرعة الزاوية و السرعة المحيطية







- و بالعودة لمثال العداء و الحبل ، فأن الحبل المربوط في المركز (المركز م) هنا يمثل نصف قطر الدائرة و ان حركة العداء من النقطة أ الى ب ولدت قطاع محدد يشبه المثلث نحدده ب (أ.م.ب) (كما في الشكل على اليمين) و الزاوية التي تولدت من هذا تسمى بـ (الزاوية النصف قطرية) الصورة في الأسفل . و يمكن استخرج الزاوية القطرية هندسيا من خلال المعادلة الآتية:



- الزاوية النصف قطرية = $\frac{\text{طول القوس}}{\text{نصف القطر}}$

- طول القوس = الزاوية النصف قطرية x نصف القطر

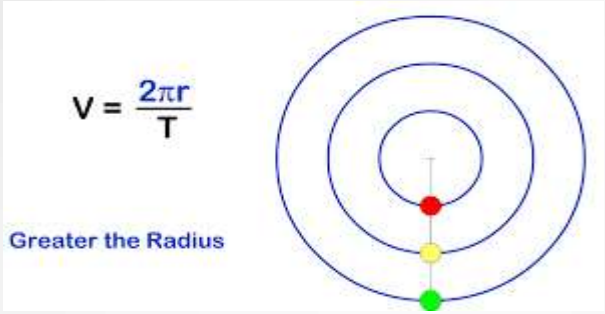
السرعة الزاوية و السرعة المحيطية

- من ما تقدم يمكننا فهم العلاقة بين السرعة الزاوية و السرعة المحيطية، و لكون ان طول القوس يمثل المسافة التي يقطعها الجسم اثناء الحركة، و بالعودة الى معادلة السرعة الخطية (السرعة= $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$)
- تكون السرعة المحيطية = $\frac{\text{نصف القطر} \times \text{الزاوية النصف قطرية}}{\text{الزمن}}$
- و بما ان السرعة الزاوية = $\frac{\text{الزاوية نصف القطرية}}{\text{الزمن}}$
- اذن ان السرعة المحيطية = السرعة الزاوية x نصف القطر
- س م = س ز x نق

مثال: تدور المطرقة قبل رميها ثلاث دورات افقية بزمن قدره 2.5 ثانية، احسب كم درجة تقطع المطرقة في الثانية الواحدة و كذلك كم قطاع؟

- الحل:
- بما ان المطرقة دارت ثلاث دورات يعني هذا 360 X 3 = 1080 درجة
- عدد الدرجات في الثانية الواحدة 1080 / 2.5 = 432 درجة
- عدد القطاعات في الثانية الواحدة 432/ 57.3 = 7.5 قطاع

السرعة الزاوية و السرعة المحيطية



- انظر الى الشكل أعلاه و تخيل حركة النقاط الملونة!
- فأيها ستتحرك اسرع؟

عمليا سنقول ان النقطة الحمراء ستتحرك ابطئ تليها الصفراء ثم الخضراء اسرع نقطة و يمكن عزو ذلك للبعد عن مركز الدوران او نصف القطر فكلما زاد نصف القطر زادت السرعة المحيطية و هذا يفسر المد الكامل للذراع في فعالية رمي المطرقة لغرض تحقيق سرعة محيطية عالية و بالتالي تحقيق مسافة ابعد.

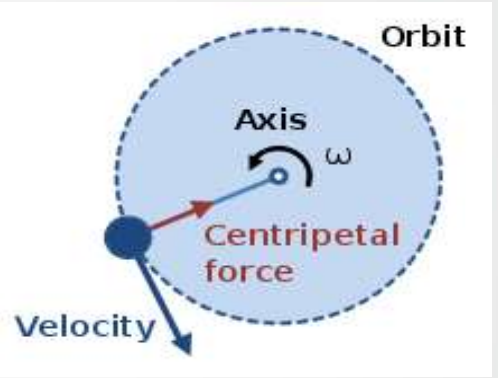
مثال: لاعب كرة قدم اثناء ضربه للكرة كانت السرعة الزاوية للقدم 60 درجة/ثانية، احسب السرعة المحيطية لمفصل الركبة و كذلك السرعة المحيطية للقدم علما ان البعد بين محور الدوران (مفصل الورك) عن مفصل الركبة هو 40 سم و البعد بين محور الدوران و القدم 80 سم؟

- الحل:
- البعد بين محور الدوران (مفصل الورك) و كل من مفصل الركبة و القدم يمثل نصف القطر.
- السرعة المحيطية للركبة يكون نصف القطر40 سم
- س م = س ز x نق
- س م = 60 x 40 ، = 2400 سم/ثا السرعة المحيطية للركبة
- اما السرعة المحيطية للقدم فان نصف القطر يساوي 80
- س م = 60 x 80 = 4800 سم/ثا السرعة المحيطية للقدم

التعجيل الزاوي

- تحدثنا في الفصل السابق عن مفهوم التعجيل في الحركة الخطية و عرفناه على انه مقدار التغير بسرعة الجسم خلال وحدة الزمن ، و تكون قيمته موجبة عندما تكون السرعة متزايدة و سالبة اذا ما كنت السرعة متناقصة.
- الا ان مفهوم التعجيل في الحركة الدائرية يتضمن جزئيات مختلفة ذلك تبعا لان الحركة الزاوية تحدث حول محور دوران ثابت (مثال العداء و الحبل) و هذا المحور يولد مركبتين فيزيائيتين تتحكم بالتعجيل و هما المركبة المماسية و المركبة العمودية او القطرية.

ثالثا
التعجيل الزاوي



- فلو حللنا مهارة رمي المطرقة نجد ان الاعب يتحرك بشكل متوازن بن اندفاع الثقل الى الخارج عكس مركز الدوران و الذي يمثل هنا جسم الرياضي و بين حركة الثقل على محيط الدائرة او سرعته المحيطية (المماسية) إضافة الى ان طول سلك المطرقة إضافة الى طول ذراع الرياضي يمثلان نصف قطر الدوران فيقاوم الرياضي القوى المتولدة من خلال موازنة الأداء لغرض تحقيق السرعة المناسبة و بالنتيجة تحقيق المسافة الابعد و هذا مثال آخر لدور علم البايوميكانيك و المهارة الرياضية، و على ذلك فأن وزن المطرقة و سرعتها يولدان المركبة العمودية (النصف قطرية) و يمكن حسابها من خلال المعادلة الآتية:

- التعجيل العمودي (القطري) = $\frac{\text{مربع السرعة المحيطية}}{\text{نصف القطر}}$

مثال: اوجد مقدار المركبة العمودية لتعجيل القرص اثناء دورانه في دائرة الرمي علما ان سرعته اللحظية على مماس الدائرة تساوي 15 متر/ثانية و كان طول ذراع الرامي 90 سم

- **الحل**
- **طول الذراع يمثل ؟؟**
- **طول الذراع من مفصل الكتف يمثل نصف القطر او نصف قطر الدوران .**
- **التعجيل العمودي** = $\frac{\text{مربع السرعة المحيطية}}{\text{نصف القطر}}$
- **ت ع = (15)2 / 90**
- **ت ع = 225 / 90**
- **التعجيل الزاوي = 2.5 متر / ثانية**
- **لا تنسى كتابة الوحدات**

التعجيل الزاوي

- كما وضحنا قبل قليل التعجيل هو مقدار التغير بالسرعة لنفس الجسم أي انه يلزمنا لقياسه معرفة مقدار السرعة في مرحلتين زمنيتين على الأقل، و بما اننا نتحدث عن الحركة الدورانية (الزاوية) فهذا يعني الاختلاف بسرعة الجسم في نقطتن محددتين على قوس الدائرة و هذا ما نسميه (التعجيل المماسي).
- و يمكن حسابه رياضيا من خلال المعادلة الآتية:
- التعجيل المماسي = $\frac{\text{السرعة النهائية}-\text{السرعة الابتداية}}{\text{الزمن}}$

مثال: احسب المركبة المماسية لتعجيل قرص بلغت سرعته 6متر / ثا في نقطة معينة على محيط الدائرة ، و بعد فترة زمنية قدرها 0.5 ثانية أصبحت سرعته 12 متر / ثا.

- الحل:
- **التعجيل المماسي =** $\frac{\text{السرعة النهائية-السرعة الابتدائية}}{\text{الزمن}}$
- ع مماسي = 12-6 / 0.5
- ع مماسي = 6 / 0.5
- ع مماسي = 12 متر / ثا^2
- مرة أخرى ..... لا تنسى الوحدات
- و بما انه تعجيل فيجب ان يكون الزمن مربع

شكرا لحسن الاستماع