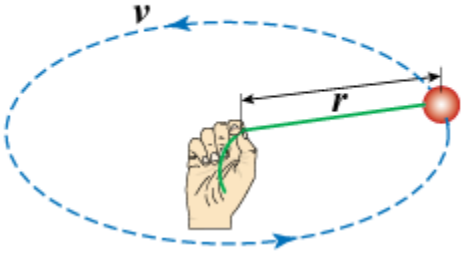
ملف رقم (2) : الحركة الدائرية المنتظمة

الحركة الدائرية المنتظمة:

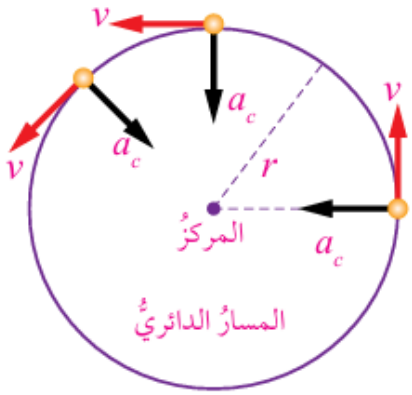


هي حركة جسم على مسار دائري بنصف قطر ثابت(r) حول محور وبسرعة ثابتة المقدار متغيرة الاتجاه عند كل لحظة.

الكميات الفيزيائية المهمة:

1. الزمن الدوري :(T) الزمن اللازم لإكمال دورة واحدة , وحدة القياس (s).
2. التردد :(f) عدد الدورات في الثانية, ويقاس بوحدو هيرتز

$$f = \frac{1}{T}$$



3. السرعة المماسية: السرعة ثابتة المقدار متغيرة الاتجاه عند كل لحظة و يحدد اتجاهها برسم مماس للدائرة عند تلك اللحظة ويرمز لها بالرمز (V_s) وتقاس بوحدة (m/s)

$$V_s = \frac{2\pi r}{T}$$

4. التسلع المركزي: هو تسلع الجسم عند الحركة الدائرية المنتظمة وهو ثابت المقدار و اتجاهه نحو مركز الدائرة دائما ويقاس بوحدة (m/s^2)

$$a_c = \frac{{V_s}^2}{r}$$

5. القوة المركزية: هي القوة المسؤولة عن إبقاء الجسم في مساره الدائرينقاس بوحدة نيوتن (N) واتجاهها نحو المركز دائما

$$F_c = ma_c = m\frac{{V_s}^2}{r}$$

تذكر ان نصف القطر والمماس متعامدان و بذلك السرعة المماسية عمودية على التسلع المركزي و القوة المركزية.

أمثلة على الحركة الدائرية المنتظمة

- **حركة سيارة بسرعة ثابتة في مسار دائري حول دوار**
- **حجر مربوط بخيط ويدور حول نقطة**
- **حركة الأقمار الصناعية**

مثال: جسم يتحرك في مسار دائري نصف قطره ($2\ m$) ويكمل دورة كل ($4\ s$). أوجد:

1. **السرعة الخطية**

2. **التسارع المركزي**

مثال: جسم كتلته $1\ kg$ يتحرك بسرعة $6\ m/s$ في مسار دائري نصف قطره $3\ m$, أوجد القوة المركزية.

مثال: ماذا يحدث للتسارع المركزي إذا:

1. **تضاعفت السرعة؟**

2. **تضاعف نصف القطر؟**

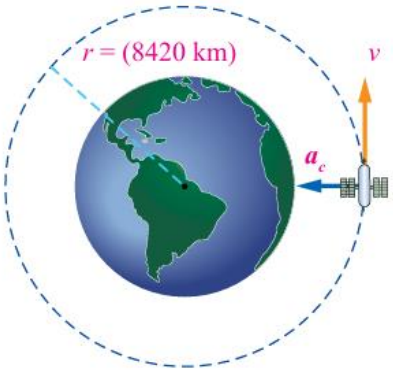
سؤال: لماذا لا يمكن أن تكون الحركة الدائرية بدون قوة؟

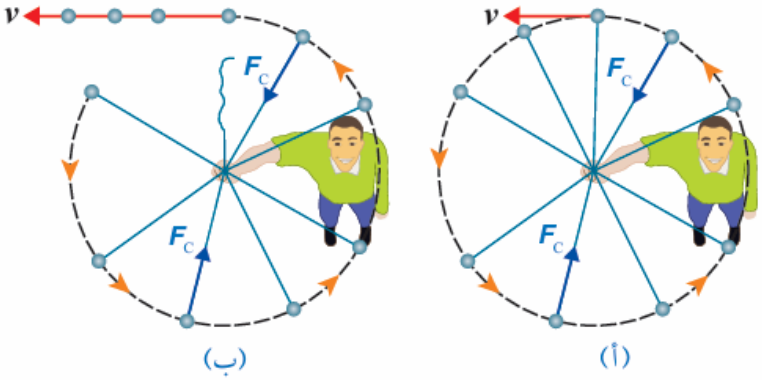
المثالُ 14

يدورُ قمرٌ صناعيٌّ حولَ الأرضِ على ارتفاعِ (8420 km) عنْ مركزِ الأرضِ، في مسارٍ دائريٍّ (تقريبًا)، بسرعةٍ مماسيةٍ ثابتةِ المقدارِ، كما في الشكلِ (19). إذا علمْتُ أنَّ زمنَهُ الدوريَّ (129 min)، فأجِدُ مقدارَ:

أ . سرعَتِهِ المماسيةِ.

ب. تسارُعِهِ المركزيِّ.





الشكلُ (29): منظرٌ علويٌّ لكرةٍ مربوطةٍ بنهايةِ خيطٍ تتحركُ حركةً دائريةً منتظمةً في مسارٍ دائريٍّ أُفقيٍّ.
(أ) تؤثرُ قوةٌ مركزيةٌ في الكرةِ نحوَ مركزِ مسارِها الدائريِّ. (ب) عندَ انقطاعِ الخيطِ تنعدمُ القوةُ المركزيةُ، وتتحركُ الكرةُ في اتجاهِ سرعتِها المماسيةِ للمسارِ الدائريِّ عندَ نقطةِ انقطاعِ الخيطِ.

سؤال: ما هو منشأ القوة المركزية؟

القوة المركزية هي القوة المحصلة المؤثرة عموديا على متجه السرعة المماسية لجسم متحرك في مسار دائري.

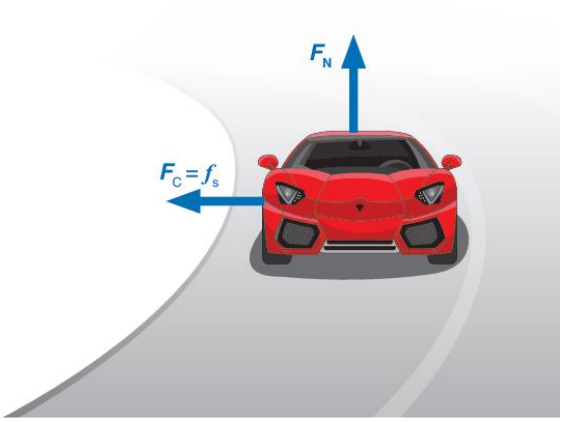
أصل هذه القوة يعتمد على الجسم المتحرك فالقوة المركزية ليست نوع جديد من القوى.

سؤال: حدد منشأ القوة المركزية في الحالات الاتية:

1. دوران القمر الصناعي حول الأرض	قوة تجاذب كتلي بين القمر و الأرض (جاذبية)
2. دوران الالكترونات حول النواة	قوة جذب كهروسكوني بين الالكترونات و النواة
3. جسم مربوط بحبل ويتحرك دائريا	قوة الشد في الحبل
4. الملابس في الغسالة	قوة عمودية تؤثر بها جدران الغسالة في الملابس
5. سيارة حول دوار	قوة الاحتكاك السكونية

قانون قوة الاحتكاك السكونية العظمى

$$F_{fs\,max} = \mu_s * F_N$$



سؤال: ما هي العوامل التي تعتمد عليها القوة المركزية ؟

1. **نصف قطر المسا الدائري عند ثبات السرعة المماسية والكتلة: عكسية (خطية)**
2. **كتلة الجسم عند ثبات نصف القطر و السرعة : طردية (خطية)**
3. **مربع سرعة الجسم عند ثبات نصف القطر و الكتلة: طردية (تربيعية)**

المثالُ 10

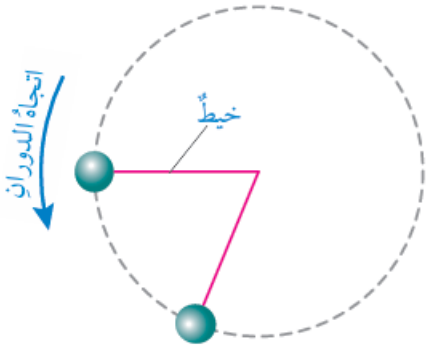
كرةٌ كتلتُها (50 g) مربوطةٌ في نهايةِ خيطٍ طولهُ (100 cm)، تتحركُ حركةً دائريةً منتظمةً في مسارٍ دائريٍّ أفقيٍّ، كما هوَ موضحٌ في الشكلِ (32). فإذا علمتُ أنَّ الزمنَ الدوريَّ للكرةِ (0.5 s)، فأحسبُ مقدارَ:

أ . سرعتِها المماسيةِ.

ب . تسارعِها المركزيِّ.

جـ. القوةِ المركزيةِ المؤثرةِ فيها.

د . قوةِ الشدِّ في الخيطِ.



الشكلُ (32): منظرٌ علويٌّ لكرةٍ مربوطةٍ في نهايةِ خيطٍ.

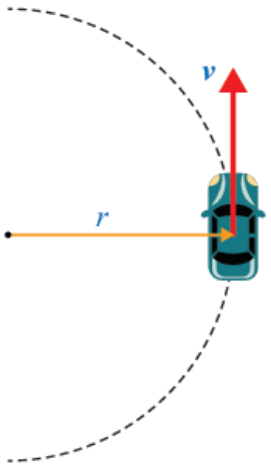
المثالُ 11

تتحركُ سيارةٌ كتلتُها (1.5×10^3 kg) في مسارٍ دائريٍّ نصفُ قطرهِ (50 m) بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارُها (15 m/s)، كما هوَ موضحٌ في الشكلِ (33). إذا كانَ معاملُ الاحتكاكِ السكونيِّ بينَ إطاراتِ السيارةِ وسطحِ الطريقِ (0.8)، وسطحُ الطريقِ أُفقيٌّ، فأحسبُ مقدارَ:

أ . التسارعِ المركزيِّ للسيارةِ.

ب . القوةِ المركزيةِ المؤثرةِ في السيارةِ.

جـ. أكبرِ سرعةٍ يمكنُ أنْ تتحركَ بها السيارةُ منْ دونِ أنْ تنزلقَ.



الشكلُ (33): منظرٌ علويٌّ لسيارةٍ

الواجبات البيتية

أحسُبُ: كتلةٌ مربوطةٌ بخيطٍ طولُهُ (0.80 m)، تتحرَّكُ حركةً دائريةً منتظمةً، ويبلغُ الزمنُ الدوريُّ للحركةِ (1.0 s). إذا كانَ طولُ الخيطِ نصفَ قُطْرِ المسارِ الدائريِّ، فما مقدارُ التسارُعِ المركزيِّ لهذهِ الحركةِ؟

في المثالِ 10، أحسبُ مقدارَ أكبرِ سرعةٍ مماسيةٍ يُمكنُ أنْ تتحركَ بِها الكرةُ إذا علمتُ أنَّ مقدارَ أكبرِ قوةِ شدٍّ يتحملُها الخيطُ قبلَ أنْ ينقطعَ تُساوي (10 N).

سيارةٌ كتلتُها $(1.5 \times 10^3\ kg)$، تتحركُ في مسارٍ دائريٍّ نصفُ قطرهِ $(90\ m)$ بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارُها $(50\ km/h)$. إذا كانَ معاملُ الاحتكاكِ السكونيِّ بينَ إطاراتِ السيارةِ وسطحِ الطريقِ (0.6)، وسطحُ الطريقِ أفقيٌّ، فأحسبُ مقدارَ:

أ. القوةِ المركزيةِ المؤثرةِ في السيارةِ.

ب. أكبرِ سرعةٍ يمكنُ أنْ تتحركَ بِها السيارةُ على هذا الطريقِ منْ دونِ أنْ تنزلقَ.

أستخدمُ الأرقامَ: سيارةٌ كتلتُها (1.1×10^3 kg)، تتحركُ بسرعةِ (12 m/s) في منعطفٍ نصفُ قطرِهِ (25 m).

أ . أحسبُ مقدارَ التسارعِ المركزيِّ للسيارةِ.

ب. أحسبُ مقدارَ القوةِ المركزيةِ المؤثرةِ في السيارةِ.

جـ. ما منشأُ القوةِ المركزيةِ المؤثرةِ في السيارةِ؟

د . أحسبُ مقدارَ أكبرِ سرعةٍ مماسيةٍ يمكنُ أنْ تتحركَ بِها السيارةُ في هذا المنعطفِ؛ إذا كانَ مقدارُ قوةِ الاحتكاكِ السكونيِّ العظمى المؤثرةِ نحوَ مركزِ المنعطفِ (8 kN).