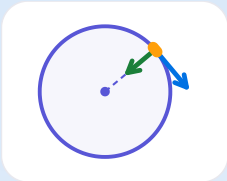
BagrutAce

فيزياء · ميكانيكا



# الحركة الدائرية

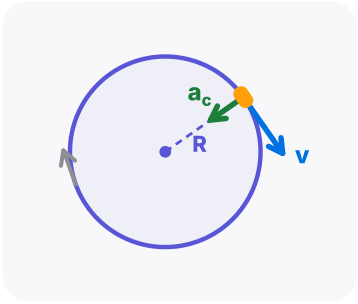
القوانين، مين بيعمل القوة المركزية، و4 أمثلة محلولة

بالبچروت بنوخذ $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$

القوة المركزية = مجموع القوى لجوّا $F_c = \Sigma F_{\text{in}}$

## 1 القوانين

حركة دائرية منتظمة




| | |
|---|---|
| السرعة: محيط الدائرة بزمن دورة | $v = \dfrac{2\pi R}{T}$ |
| التردّد (دورات بالثانية) | $f = \dfrac{1}{T}$ |
| السرعة الزاوية | $\omega = \dfrac{2\pi}{T},\ \ v = \omega R$ |
| التسارع المركزي، لجوّا | $a_c = \dfrac{v^2}{R} = \omega^2 R$ |
| قانون نيوتن الثاني باتجاه المركز | $\Sigma F_{\text{in}} = m\dfrac{v^2}{R}$ |

السرعة ثابتة بالمقدار، بس **اتجاهها بيتغيّر كل لحظة** (مماس للدائرة). عشان هيك في تسارع، واتجاهه **لجوّا، للمركز**.

## 2 4 خطوات لكل سؤال

بالترتيب

1. ارسموا القوى الحقيقية بس: الوزن $mg$، العمودية $N$، الشد $F_T$، الاحتكاك $f_s$. **ما في سهم «قوة مركزية».**
2. اختاروا محور موجب لجوّا، باتجاه المركز.
3. اجمعوا القوى على هاي المحور: قوة لجوّا بإشارة $+$، وقوة لبرّا بإشارة $-$.
4. ساووا المجموع بـ $m\dfrac{v^2}{R}$ وحلّوا.

## 3 مين بيعمل القوة المركزية؟

دايمًا قوى حقيقية

| الحالة | القوة لجوّا | المعادلة |
|---|---|---|
| طابة بخيط، دائرة أفقية على طاولة ملساء | الشد | $F_T = m\dfrac{v^2}{R}$ |
| سيارة بمنعطف أفقي | الاحتكاك الساكن | $f_s = m\dfrac{v^2}{R}$ |
| قمر صناعي ($R$ من مركز الأرض) | الجاذبية | $\dfrac{GMm}{R^2} = m\dfrac{v^2}{R}$ |
| سيارة فوق جسر محدّب | الوزن ناقص $N$ | $mg - N = m\dfrac{v^2}{R}$ |
| أسفل دائرة عامودية (من جوّا) | $N$ ناقص الوزن | $N - mg = m\dfrac{v^2}{R}$ |
| رأس دائرة عامودية (من جوّا) | $N$ زائد الوزن | $N + mg = m\dfrac{v^2}{R}$ |

أقل سرعة برأس الدائرة العامودية (جوّا مسار، أو طابة بخيط): لما $N = 0$ أو $F_T = 0$ بيضل بس الوزن، فـ $v_{\min} = \sqrt{gR}$.

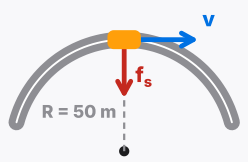
بالصفحة 2 و3: 4 أمثلة محلولة + كل القوانين + 4 أغلاط ←

## 4 مثال 1: سيارة بمنعطف أفقي

$m = 1000\ \text{kg},\ R = 50\ \text{m}$

سيارة بتلفّ بسرعة $v = 10\ \text{m/s}$. **أ.** قدّيش قوة الاحتكاك؟ **ب.** إذا $\mu_s = 0.5$، شو أكبر سرعة بتقدر تلفّ فيها؟

منظر من فوق




**أ. الاحتكاك هو القوة المركزية**

$$f_s = m\frac{v^2}{R} = 1000 \cdot \frac{10^2}{50} = 2000\ \text{N}$$

**بيكفي؟ أكبر احتكاك ساكن**

$$\mu_s mg = 0.5 \cdot 1000 \cdot 10 = 5000\ \text{N} > 2000\ \checkmark$$

**ب. بأكبر سرعة**

$$\mu_s mg = m\frac{v_{\max}^2}{R} \Rightarrow v_{\max} = \sqrt{\mu_s g R}$$

**الجواب**

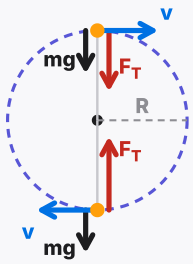
$$v_{\max} = \sqrt{0.5 \cdot 10 \cdot 50} = \sqrt{250} \approx 15.8\ \text{m/s}$$

الكتلة **بتنشطب**: $v_{\max}$ ما بتعتمد على $m$. أسرع من $15.8\ \text{m/s} \approx 57\ \text{km/h}$؟ الاحتكاك ما بيكفي، والسيارة بتفلت من المنعطف.

## 5 مثال 2: طابة بخيط، دائرة عامودية

$m = 0.5\ \text{kg},\ R = 0.4\ \text{m},\ mg = 5\ \text{N}$

طابة مربوطة بخيط بتلفّ بدائرة عامودية، بدون مقاومة هواء. **أ.** شو أقل سرعة برأس الدائرة؟ **ب.** تحت سرعتها $6\ \text{m/s}$: قدّيش الشد؟ **ج.** قدّيش الشد فوق؟




**أ فوق، أقل سرعة: الشد صفر**

**بس الوزن لجوّا**

$$mg = m\frac{v^2}{R} \Rightarrow v_{\min} = \sqrt{gR} = \sqrt{10 \cdot 0.4} = 2\ \text{m/s}$$

**ب تحت: الشد لجوّا (لفوق)، الوزن لبرّا (لتحت)**

**تحت**

$$F_T - mg = m\frac{v^2}{R} \Rightarrow F_T = 5 + 0.5 \cdot \frac{36}{0.4} = 5 + 45 = 50\ \text{N}$$

**ج من تحت لفوق بالطاقة، بعدين فوق: الثنتين لجوّا (لتحت)**

**طاقة: طلعت $2R$**

$$v_{\text{top}}^2 = v_{\text{bottom}}^2 - 4gR = 36 - 16 = 20$$

**فوق**

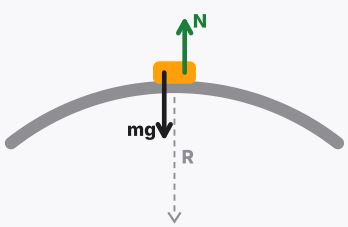
$$F_T + mg = m\frac{v^2}{R} \Rightarrow F_T = 0.5 \cdot \frac{20}{0.4} - 5 = 25 - 5 = 20\ \text{N}$$

فحص: $v_{\text{top}} = \sqrt{20} \approx 4.47 > 2$، يعني الطابة **بتكمّل الدائرة**. وفرق الشد تحت وفوق $50 - 20 = 30\ \text{N} = 6mg\ \checkmark$، بأي سرعة طالما بتكمّل الدائرة. السرعة هين **مش ثابتة**، بس $\Sigma F_{\text{in}} = m\frac{v^2}{R}$ بيضل صح بكل نقطة.

## 6 مثال 3: سيارة فوق جسر محدّب

$m = 800\ \text{kg},\ R = 40\ \text{m},\ mg = 8000\ \text{N}$

سيارة بتمرق فوق جسر محدّب بسرعة $v = 10\ \text{m/s}$. **أ.** قدّيش القوة العمودية فوق؟ **ب.** شو أكبر سرعة بدون ما تطير عن الجسر؟




**أ. المركز لتحت: الوزن لجوّا، $N$ لبرّا**

$$mg - N = m\frac{v^2}{R}$$

**العمودية**

$$N = 8000 - 800 \cdot \frac{100}{40} = 6000\ \text{N}$$

**ب. أكبر سرعة: $N = 0$**

$$v_{\max} = \sqrt{gR} = \sqrt{400} = 20\ \text{m/s}$$

$N < mg$: الطريق بيدفش أقل من الوزن، عشان هيك السيارة **كأنها أخفّ** فوق الجسر (الوزن $mg$ نفسه ما بيتغيّر).

بالصفحة 3: قمر صناعي + كل القوانين بمكان واحد + 4 أغلاط ←

BagrutAce

# قمر صناعي وكل القوانين

## 7 مثال 4: قمر صناعي

قريب من الأرض

قمر صناعي بيلفّ حوالين الأرض قريب من سطحها، $R_E = 6.4 \cdot 10^6\ \text{m}$. قدّيش سرعته وزمن دورته؟

الجاذبية هي القوة المركزية

$$mg = m\frac{v^2}{R_E} \Rightarrow v = \sqrt{gR_E}$$

$$v = \sqrt{10 \cdot 6.4 \cdot 10^6} = 8000\ \text{m/s}$$

$$T = \frac{2\pi R_E}{v} = \frac{2\pi \cdot 6.4 \cdot 10^6}{8000} \approx 5027\ \text{s}$$

يعني دورة كاملة حوالين الأرض بـ $84 \approx$ **دقيقة**. قريب من السطح $g = \frac{GM}{R_E^2}$، عشان هيك بنستعمل $mg$.

## 8 كل القوانين بمكان واحد

احفظوها

| | |
|---|---|
| السرعة | $v = \frac{2\pi R}{T} = \omega R$ |
| السرعة الزاوية | $\omega = \frac{2\pi}{T}$ |
| التردّد | $f = \frac{1}{T}$ |
| التسارع المركزي | $a_c = \frac{v^2}{R}$ |
| نيوتن الثاني لجوّا | $\Sigma F_{\text{in}} = m\frac{v^2}{R}$ |
| أقل سرعة فوق (خيط / جوّا مسار) | $v_{\min} = \sqrt{gR}$ |
| أكبر سرعة بمنعطف أفقي | $v_{\max} = \sqrt{\mu_s g R}$ |
| أكبر سرعة فوق جسر محدّب | $v_{\max} = \sqrt{gR}$ |

# 4 أغلاط بتتكرّر

## 1 سهم «قوة مركزية» زيادة

غلط: الوزن، العمودية، الاحتكاك + $F_c$

صح: الوزن، العمودية، الاحتكاك بس

$F_c$ مش قوة جديدة: هي **اسم لمجموع** القوى الحقيقية لجوّا. وما في قوة «طاردة» لبرّا.

## 2 رأس الدائرة من جوّا

غلط $N - mg = m\frac{v^2}{R}$

صح $N + mg = m\frac{v^2}{R}$

جوّا الدائرة فوق، المركز لتحت: **الثنتين لجوّا**، فبينجمعوا. (فوق جسر، من برّا، $N$ لبرّا: $mg - N$.)

## 3 أقل سرعة فوق = صفر؟

غلط $v_{\min} = 0$

صح $v_{\min} = \sqrt{gR}$

بخيط أو جوّا مسار: أبطأ من $\sqrt{gR}$ فوق؟ الخيط **بيرتخي** (أو الجسم بيفلت عن المسار)، وما بيكمّل الدائرة.

## 4 وحدات ونصف قطر

غلط: تعويض $v = 72$ زي ما هو

صح $72\ \text{km/h} \div 3.6 = 20\ \text{m/s}$

حوّلوا لـ $\text{m/s}$ قبل كل إشي، و$R$ هو **نصف القطر**، مش القطر.

**بدّكم تتدرّبوا على أسئلة حركة دائرية؟**

حلّوا على BagrutAce، وAce بيصلّحه إلكم على طول.

bagrutace.com ← يلّا نبلّش