

Mouvement circulaire : pourquoi tourner exige une accélération

Version PDF de travail - contenu du cours HTML canonique

Boussole du cours

Question directrice : Comment peut-on accélérer si la valeur de la vitesse reste constante ?

Réponse essentielle

Mouvement circulaire : pourquoi tourner exige une accélération. La question à résoudre est la suivante : Comment peut-on accélérer si la valeur de la vitesse reste constante ? Nous partons du problème concret avant la notation. Le but est de comprendre ce que l'on cherche, puis seulement pourquoi les mathématiques deviennent utiles. La suite du cours montre comment passer de cette idée à un raisonnement contrôlable : unités explicites, hypothèses annoncées, calculs reproductibles, ordre de grandeur et limites d'interprétation. Le résultat n'est utile que si l'on peut expliquer ce qu'il mesure, d'où viennent les nombres et quelle décision d'ingénierie il éclaire.

Synthèse de départ : les démonstrations, exemples, limites et sources sont développés dans le corps du cours.

Mots clés avant de commencer

vitesse · accélération · force · gravitation · unité

1 — La question physique

Comment peut-on accélérer si la valeur de la vitesse reste constante ?

Nous partons du problème concret avant la notation. Le but est de comprendre ce que l'on cherche, puis seulement pourquoi les mathématiques deviennent utiles.

2 — Comment lire les symboles et les unités

$a_c = v^2 / r$. Lecture : « a c égale v au carré divisé par r ».

a_c — accélération centripète ; v — vitesse tangentielle ; r — rayon du cercle

3 — D'où vient la relation ?

Une vitesse est un vecteur : sa direction compte. Sur un cercle, la direction change en permanence ; il existe donc une accélération dirigée vers le centre, même si la valeur de la vitesse reste constante.

Chaque nombre utilisé plus bas est explicitement classé comme donnée, convention, hypothèse pédagogique ou résultat calculé.

4 — A — Simple

D'où viennent les nombres ? $v=10$ m/s, $r=100$ m.

Calcul pas à pas : $a=10^2 \div 100=1$ m/s².

La vitesse est au carré : elle pèse fortement sur l'accélération.

5 — B — Vitesse doublée

D'où viennent les nombres ? $v=20$ m/s, même $r=100$ m.

Calcul pas à pas : $a=20^2 \div 100=4$ m/s².

Doubler v multiplie a par quatre.

6 — C — Rayon doublé

D'où viennent les nombres ? $v=20$ m/s, $r=200$ m.

Calcul pas à pas : $a=400\div200=2$ m/s².

À vitesse égale, un virage plus large demande moins d'accélération.

7 — Sensibilité, calcul inverse et contrôle du résultat

Changez une seule entrée, prévoyez le sens du résultat, calculez, puis contrôlez unités, signe, ordre de grandeur et limites.

Limite essentielle pour Mouvement circulaire : pourquoi tourner exige une accélération : la relation affichée est un modèle d'apprentissage. Un système réel ajoute géométrie détaillée, propriétés variables, capteurs, incertitudes, transitoires et essais.

8 — Pourquoi cela compte en mission

Dans une mission spatiale, comment peut-on accélérer si la valeur de la vitesse reste constante ? La compétence utile n'est pas de réciter la formule, mais de savoir quelles données sont nécessaires, lesquelles sont mesurées et à quel moment le modèle devient insuffisant.

10 — Approfondir : du calcul à la compréhension physique

Pourquoi tourner exige une accélération même à vitesse constante

Une voiture qui prend un virage à vitesse constante change quand même de vitesse au sens physique, car la vitesse est un vecteur : sa direction change. Toute variation du vecteur vitesse est une accélération. Dans un mouvement circulaire uniforme, cette accélération pointe vers le centre du cercle ; on l'appelle accélération centripète.

Pourquoi la vitesse est au carré

La relation $a_c=v^2/r$ montre qu'une hausse de vitesse coûte très cher en accélération. Doubler v ne double pas l'accélération : cela la multiplie par quatre, car $(2v)^2=4v^2$. Cette sensibilité explique pourquoi une petite augmentation de vitesse peut demander une forte augmentation de la force nécessaire pour maintenir une trajectoire courbe de même rayon.

Pourquoi un rayon plus grand réduit l'accélération

À vitesse identique, une courbe très large exige moins de changement de direction par seconde qu'un virage serré. Le rayon est au dénominateur : si r double, a_c est divisée par deux. Cette lecture qualitative de la formule doit être faite avant le calcul numérique ; elle permet de repérer immédiatement un résultat qui évoluerait dans le mauvais sens.

Le pont vers l'orbite

Une orbite circulaire peut être comprise comme une chute permanente : la gravité fournit l'accélération qui courbe continuellement la trajectoire. Le véhicule avance tangentiellement tandis que son vecteur vitesse tourne. Les chapitres d'orbite relieront donc l'accélération centripète à l'accélération gravitationnelle au lieu d'introduire une nouvelle physique sans lien avec ce cours.

9 — Exercices et corrigés

Défi 1

$v=10$ m/s, $r=100$ m.

Défi 2

$v=20$ m/s, même $r=100$ m.

Défi 3

$v=20\text{ m/s}$, $r=200\text{ m}$.

Sources primaires et techniques

- NASA Basics of Space Flight — Gravity & Mechanics
- NASA Glenn — Newton's Laws of Motion