



Republique Arabe d'Égypte
Ministère de L'Éducation et
de L'Enseignement
et L'Enseignement
technique
L'Administration Centrale des
affaires des livres



Applications des Mathématiques

Livre de l'élève

Deuxième secondaire 2^{ème} Semestre

Auteurs

M. Kamal Younis Kabsha

Prof.Dr. Nabil Tawfik Eldabe

M. Cerafiem Elias Skander

2025 - 2026

غير مصرح بتداول هذا الكتاب خارج وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني

Révision et modification

M. Fathi Ahmed Chehata

M. Akram Fawzy

M. Khaled Sayed El Shehabey

Scientifique Supervision

Conseillère en mathématiques

Mme. Manal Azkoul

Pédagogie Supervision

Dr. Akram Hassan

Première édition 2015/2016

Numéro de Dépôt 10559 / 2015

Numéro de Dépôt International 978 - 977 - 706 - 016 - 5

Avant-propos

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Le monde d'aujourd'hui est témoin d'un développement scientifique continu, et la génération de demain doit avoir des outils du développement de demain afin de pouvoir accompagner l'augmentation massive dans les diverses sciences et de ce principe du ministère de l'éducation et de l'éducation pour développer ses programmes en plaçant l'apprenant à la place de l'explorateur de la vérité scientifique en plus de former des étudiants à la recherche scientifique en pensant que les esprits sont les outils de la pensée scientifique et non des magasins de faits scientifiques, et nous offrons cela Réservez les applications de mathématiques pour la deuxième année secondaire afin que son outil aide que nos enfants soient éclairés sur la pensée scientifique et les motivent à rechercher et à explorer.

De ce qui précède; on a développé le livre des (applications mathématiques):

Apprendra et commencera chaque leçon de chaque unité avec l'idée de base du contenu de la leçon et sa prise en compte de la présentation de l'article scientifique facile à difficile. avec le sujet

La leçon comprend un ensemble d'activités qui les lient à d'autres matières et la vie pratique qui conviennent aux différentes capacités des étudiants et prennent en compte la différence individuelle à travers une clause qui a découvert l'erreur de traiter certaines des erreurs courantes pour les étudiants et met l'accent sur le travail coopératif et s'intègre au sujet comme le livre comprend après les problèmes liés à l'environnement entourant et comment les résoudre.

Il a présenté aussi dans chaque exemples de leçon qui commencent de facile à difficile et incluent différents niveaux de réflexion avec une formation sous le titre en essayant de résoudre et de mettre fin à chaque leçon avec un élément d'exercices et comprend divers problèmes qui traitent des concepts et des compétences qui L'étudiant a étudié dans la leçon.

SOMMAIRE

Unité 1 mouvement rectiligne

1-1 **Mouvement rectiligne.**

1-2 **Mouvement rectiligne à accélération uniforme.**

1-3 **Chute Libre.**

Unité 2 Lois de mouvement de Newton

2-1 **Quantité du mouvement**

2-2 **Première loi de Newton.**

2-3 **Deuxième loi de Newton.**

2-4 **Troisième loi de Newton et ses applications.**

Mécanique

Introduction sur l'évolution de la mécanique

De manière générale, la mécanique est la science qui étudie le mouvement et l'équilibre d'un corps matériel en utilisant des lois spécifiques. Par exemple, il y a des lois concernant la révolution de la Terre autour du Soleil, le lancement de missiles, de roquettes ou d'un obus d'un canon. La mécanique nous permet l'étude du changement de la position d'un corps matériel dans l'espace au cours du temps. L'influence mécanique entre les corps est l'effet qui change le mouvement de ces corps suivant les différentes forces agissant sur ces corps. Donc, l'objet principal de la mécanique est l'étude des lois du mouvement et de l'équilibre des corps sous l'effet des forces. Cette science peut être divisée en deux domaines:

La statique

(C'est la science de l'équilibre des corps) Elle étudie l'équilibre des corps sous l'influence de forces. On dit que les forces qui ne changent pas l'état du corps, sont en équilibre et que le corps est en équilibre sous l'effet de ces forces. L'étude de l'équilibre des corps (**La statique**) a commencé aux anciennes époques comme une nécessité de production des outils simples (comme les leviers, les portails, le plan incliné et autres). Les œuvres d'Archimède étaient un apport important pour fonder la science de la statique à cette époque.

La dynamique

(C'est la science du mouvement des corps) Elle étudie les corps en mouvement sous l'influence des forces. Elle se divise en **cinématique** qui étudie les propriétés du mouvement du point de vue géométrique (description du mouvement sans se soucier des forces qui le provoquent) et la **cinétique** qui étudie l'effet des forces qui provoquent ou qui changent le mouvement. L'étude de la science de dynamique est venue trop tard après l'étude de la statique.

Il y a aussi:

La mécanique du point matériel (un corps dont on peut étudier le mouvement et l'équilibre en négligeant ses dimensions.)

La mécanique du solide (un corps formé d'un ensemble de points tels que pris deux à deux, leur distance est stable et ne varie sous aucune influence extérieure.).

La mécanique des corps à masse variable (certains systèmes ou corps subissent des changements de masse en fonction du temps, ajout ou séparation de corpuscules qui peuvent diminuer ou augmenter sa masse durant le mouvement. Parmi ces corps, on peut citer : les missiles, les

véhicules miniers dont la masse change avec la consommation de carburant).

La mécanique des corps qui subissent une déformation réversible (déformation élastique) étudie les corps capables de reprendre leurs formes et dimensions initiales lorsque l'influent extérieur s'annule, et ceux qui subissent une déformation irréversible (déformation plastique), lorsque le corps soumis à des influents, il ne reprend plus sa forme initiale après que ces influents s'annulent.

L'évolution de la mécanique

Mécanique classique

L'une de plus ancienne des branches de la Mécanique, elle s'intéresse à l'étude des forces agissant aux corps et l'interprétation du mouvement des planètes et qui aide également aux multiples des techniques modernes (génie civil, génie de l'Architecture, l'observation spatiale,)

Mécanique quantique

C'est l'ensemble des théories physiques qui ont apparues au XXème siècle, pour expliquer les phénomènes au niveau de l'atome et des particules. La mécanique quantique a fusionné les propriétés de la particule et de l'onde pour donner le terme de dualité (onde corpuscule). De cette façon la mécanique quantique se charge de l'explication physique au niveau atomique. Elle s'applique aussi à la mécanique classique sans montrer son influence à ce niveau. La mécanique quantique est la généralisation de la physique classique en raison de la possibilité de son application aux niveaux atomiques et général.

La mécanique quantique tire son nom de l'existence de quantas (grandeurs physiques ne pouvant se manifester que par multiples de quantités fixes, ces grandeurs sont par exemple l'énergie ou le moment cinétique des particules.).

Mécanique des fluides:

Cette branche de la mécanique quantique propose d'étudier les fluides (liquides et gaz...) et les forces qui y sont appliquées. Elle se divise en deux parties : la statique des fluides qui est l'étude des fluides au repos et la dynamique des fluides qui étudie des fluides en mouvement.

La mécanique biologique :

La mécanique biologique (biomécanique) : c'est la science de l'étude et l'analyse du mouvement des êtres vivants dans tous les égards (Anatomique, physiologique, corporelle et autres...), cette science traite les forces appliquées sur les corps vivants soit dans le cas de repos ou bien dans le cas du mouvement. Comme des exemples le mouvement des intestins, le débit sanguin dans les artères, transmission des ovules dans la trompe de Fallope, transmission des liquides dans l'uretère du rognon à la vessie, la digestion où à partir d'une analyse mécanique on peut améliorer les performances des organes

La théorie générale de la relativité

La théorie de la relativité d'Einstein a changé beaucoup de notions concernant les principales expressions de base en physique : le lieu, le temps, la masse et l'énergie. Elle a causé un saut en physique théorique et en physique de l'espace au XX^{ème} siècle, au moment de sa publication, et a rectifié la théorie de la mécanique newtonienne qu'on employait depuis 200 ans. La théorie de la relativité a changé la notion de mouvement de Newton en montrant que tout mouvement est relatif. La notion du temps a changé, il n'est plus fixe et limité. L'espace et le temps doivent être perçus comme formant une seule entité alors qu'ils étaient traités en tant que deux éléments différents. La notion du temps dépend de la vitesse des corps et la dilatation et la contraction du temps sont une notion fondamentale pour la compréhension de l'univers. Avec cela, toute la physique classique newtonienne a changé.



Activité

1 - Utilisez le WEB pour chercher les apports des mathématiciens pour l'évolution de la Mécanique. Quelques résultats de la recherche.

Le savant anglais **Isaac Newton** a eu un grand apport pour avoir fondé la mécanique classique, il a établi les lois du mouvement qui constituent en fait des principes à la base de la grande théorie de concernant le mouvement des corps, et les phénomènes astronomiques:

Le savant allemand **Johannes Kepler** et l'italien **Galileo Galilée** avaient un rôle immense à fonder des lois sur le mouvement des planètes. Les lois de Kepler montrent l'existence des force de 1905 à 1916 et la mécanique quantique développée par Max Planck, Heisenberg, Schrödinger gravitation entre les planètes ainsi que le mouvement des planètes autour du soleil comme un centre du mouvement ces restaient dominante jusqu'à la découverte de la théorie de relativité d'**Einstein** et Dirac au début de vingtième siècle.

Ahmed Zewail est le premier à avoir montré comment l'étude des réactions chimiques pouvait être réalisée grâce à des flashes lasers extrêmement brefs (picosecondes puis femto secondes), à l'aide d'un laser décrit comme « l'appareil photo le plus rapide du monde ». L'appareil mis au point permet de voir les mouvements des atomes, ce qui ouvre la possibilité de comprendre leur comportement et de probablement contrôler le résultat de leurs réactions. Le principe qu'il a développé consiste à soumettre un milieu chimique à deux flashes successifs : le premier génère la réaction, le second permet d'analyser par spectroscopie les composés chimiques.

Le nom de **Zewail** a été marqué à la liste d'honneur avec **Albert Einstein** et **Graham Bell**.

Pour des informations supplémentaires cherchez dans l'Encyclopédie Wikipedia sur la site internet : <http://ar.wikipedia.org>

Unité des mesures

Lorsque un étudiant se présente aux facultés militaires, il soumet à des examens médicaux concernant la taille, le poids, la tension, la fréquence cardiaque,.....L'opération de la mesure est une comparaison entre deux quantités de même genre pour savoir le rapport entre leurs grandeurs. Le système utilisé dans la plus part de pays du monde es le système international unifié des mesures (S.I). Ce système se compose des unités de sept unités de bases qui sont standardisées par la mesure directe à l'aide des unités normatives pour la longueur, le temps et

la masse et qui sont gardées au centre des mesures à sèvres en France. Les autres unités sont dérivées des unités de base.

I Unité du système de mesure métrique :

Le tableau suivant montre les unités de base du système métrique et quelques transformations concernant ce système

Grandeur de base	Nom de l'unité	Symbole
Longueur	Mètre	(m)
Masse	Kilogramme	(kg)
Temps	Seconde	(s)

La caractéristique de ce système est la facilité de conversion d'une unité à une autre.



Le femto-seconde : est une partie d'un million de milliard de seconde, c'est-à-dire, un femto seconde vaut 10^{-15} secondes. Le rapport entre la seconde et le femto seconde est la même que celui entre la seconde et 32 millions années.

En 1990, le savant égyptien Ahmed Zewail a confirmé sa découverte connue sous le nom la chimie de femto, après un épuisant effort de son équipe de chercheurs à l'institut technologique de Californie depuis 1979. Sa découverte a montré comment se faisaient les liaisons chimiques à l'échelle de quelques femto secondes, soit un millionième de milliardième de seconde à l'aide des flashs lasers extrêmement brefs décrit comme « l'appareil photo le plus rapide du monde ». L'appareil mis au point permet de voir les mouvements des atomes, ce qui ouvre la possibilité de comprendre leur comportement et de probablement contrôler le résultat de leurs réactions. Cela a permis l'intervention rapide au moment des réactions chimiques à l'aide du laser comme télescope pour voir et suivre les opérations de destruction et de développement dans la cellule. Ce grand savant arabe a mis sa découverte au service de la médecine, la physique, la cosmologie et beaucoup d'autres. Il a donné son nom à une école scientifique au nom du femto chimie..

2- Multiples des unités:

Unité	symbole	mesure
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	K	10^3

Sous-unités:

Unité	symbole	mesure
déci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
micro	u	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}

A partir de cela, on peut convertir chacune des unités suivantes aux autres unités correspondantes :

- 1 2.75 Km en m.
- 2 635 mm. en dm
- 3 750 k.Hertz en M.Hertz.
- 4 1970 gm en kg.

Comme suivant :

- 1 $2.75 \text{ Km} = 2,75 \times 1000 = 2750 \text{ m}$
- 2 $635 \text{ mm} = 635 \times 10^{-2} = 6,35 \text{ dm}$.
- 3 $750 \text{ kilohertz} = 750 \times 10^{-3} = 0,75 \text{ mégahertz}$
- 4 $1970 \text{ gm} = 1970 \times 10^{-3} = 1,97 \text{ kilogramme}$

Rappel



km = 1000m

m = 10 dm

dm = 10 cm

cm = 10 mm

II Grandeurs dérivées :

1 La vitesse

La vitesse est le taux de variation de la distance par rapport au temps. L'unité de mesure de la vitesse = L'unité de mesure de la distance: L'unité de mesure du temps. Alors l'unité de mesure de la vitesse est: mètre/seconde (m/s).

Savez-vous



La seconde normative est le temps écoulé par l'atome de césium pour osciller d'une tour complète.

2 L'accélération

L'accélération est le taux de variation de la vitesse par rapport au temps. L'unité de mesure de l'accélération: mètre/seconde au carré (m/s^2). A partir de cela, on peut convertir chacune des unités suivantes aux autres unités correspondantes :

- 1 1 km/h en m/s.
- 2 1km/h en cm/s.
- 3 1 kmh/s en m/s^2
- 4 1km/h/s en cm/s^2

Rappel



Les unités de mesure des quantités vectorielles (la vitesse, l'accélération, la force) décrivent seulement les intensités sans prendre la direction en compte

Comme suivant :

$$1 \text{ km/h} = \frac{1 \times 1000 \text{ m}}{60 \times 60 \text{ s}} = \frac{5}{18} \text{ m/s}$$

Rappel



Un jour = 24 heures

Un heure = 60 min.

Minute. = 60 p.

$$② \quad 1 \text{ km/h} = \frac{1 \times 1000 \times 100 \text{ cm}}{60 \times 60 \text{ s}} = \frac{250}{9} \text{ cm/s}$$

$$③ \quad \text{km/h/s} = \frac{1000 \text{ m}}{60 \times 60 \text{ s} \times \text{s}} = \frac{5}{18} \text{ m/s}^2$$

$$④ \quad \text{km/h/s} = \frac{1000 \times 100 \text{ cm}}{60 \times 60 \text{ s} \times \text{s}} = \frac{250}{9} \text{ cm/s}^2$$



Exercice

① Convertissez chacune des unités suivantes aux autres unités correspondantes:

a 72 km/h en m/s

b 1000 cm/s en km/h

c 36 km/h/s en cm/s²

3 La force

La force est le produit de la masse (m) par l'accélération (a).

Si le symbole de la force est (F) alors $F = m \times a$.

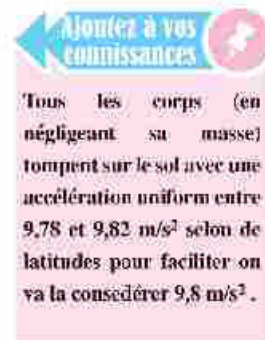
Unités de mesure de l'intensité de force

Les unités absolues:

Comme Dyne et Newton où 1 Newton = 10⁵ Dyne, Le Newton et Le Dyne sont définies comme le suivant:

Le Newton : c'est l'intensité de la force appliquée à une masse de 1 kilogramme lui imprime une accélération d'intensité 1 m/s²

Le Dyne : c'est l'intensité de la force appliquée à une masse de 1 gramme lui imprime une accélération d'intensité 1 cm/s²



Les unités gravitationnelles:

Comme le gramme poids (g.p) et le kilogramme poids (kg.p.) où 1 kg.p. = 10³ g.p.

Le kilogramme poids et le gramme poids sont définies ci- dessous:

Le kilogramme poids : c'est l'intensité de la force appliquée à une masse de 1 kilogramme lui imprime une accélération d'intensité 9,8 m/s²

Le gramme poids : c'est l'intensité de la force appliquée à une masse de 1 gramme lui imprime une accélération d'intensité 980 cm/s²

Les unités gravitationnelles et les unités absolues sont liées par la relation: 1 kg.p. = 9,8 Newton et 1 g.p. = 980 dyne.

A partir de cela, on peut convertir chacune des unités suivantes aux autres unités correspondantes :

- 1 3,14 Newton en dyne
- 2 $6,75 \times 10^7$ Dyne en Newton

Comme suivant :

- 1 $3,14 \text{ Newton} = 3,14 \times 10^5 = 314000 \text{ Dyne}$
- 2 $6,75 \times 10^7 \text{ Dyne} = 6,75 \times 10^7 : 10^5 = 675 \text{ Newton}$



Exercice

- 2 Convertissez chacune des unités suivantes aux autres unités correspondantes:
 - a $\frac{1}{7}$ g.p. en dyne
 - b $5,36 \times 1250$ dyne en Newton
 - c 2,50 Newton en dyne

On peut mettre les grandeurs dérivées dans le tableau suivant:

Grandeur dérivée	Relation avec d'autres grandeurs	Unités de mesures
La vitesse (v)	La distance : Le temps	m/s
L'accélération (a)	La vitesse : Le temps	m/s ²
Force (F)	La masse $\times$ L'accélération	N

Vérifiez votre compréhension

Choisissez la bonne réponse parmi les réponses proposées :

- 1 L'unité de mesure de la masse est :
 - a Le Dyne
 - b Le Newton
 - c Le kilogramme
 - d Le kilogramme poids
- 2 Des grandeurs de base dans le système international est :
 - a La masse
 - b La vitesse
 - c l'accélération
 - d La force
- 3 Le millilitre est une unité équivalente à :
 - a 10^{-3} mètres
 - b 10^{-3} mètres cubes
 - c 10^{-2} centimètres
 - d 10^{-4} décimètres

Répondez aux questions suivantes :

- 4 Que peut-on dire des quantités suivantes ?
 - a 10^{-2} mètres
 - b 10^{-3} mètres
 - c 1000 mètres
- 5 Convertissez chacun de ce qui suit en mètres :
 - a 63,4 centimètres
 - b 512,6 millimètres
 - c 0,534 décimètres
- 6 **Pensé critique :** Calculez en kilogrammes la masse de l'eau nécessaire pour remplir un récipient dont la forme d'un parallélépipède rectangle dont la longueur 1,6 mètres, la largeur 0,650 mètres et la hauteur 36 centimètres sachant que la masse volumique de l'eau est égale à 1 g/cm^3 en approchant le résultat à un entier près.

[Conseil : La masse = volume $\times$ masse volumique]

Dynamique



Introduction de l'unité

La mécanique étudie le mouvement des corps et les forces qui ont causé ce mouvement, elle se divise en cinématique et cinétique. Dans cette unité nous nous limiterons à l'étude de la cinématique. Cette science étudie le mouvement des corps du point de vue géométrique uniquement sans prendre en considération les forces agissant sur eux. Il est à noter que la cinématique a une application importante dans la vie pratique comme : le déplacement du mouvement dans les machines et son exigence. Dans cette unité, nous allons étudier le mouvement des corps, les phénomènes qui l'accompagnent et ses causes.



Compétences attendues de l'unité

Après l'étude de l'unité, il est prévu que l'élève soit capable de :

- ☐ Comprendre que la notion de particule est un point virtuel.
- ☐ Comprendre la notion de mouvement de déplacement d'une particule d'une position à une autre.
- ☐ Comprendre que le déplacement se produit si tous les points du corps en mouvement se déplacent suivant des droites parallèles les unes aux autres pendant le mouvement.
- ☐ Distinguer le déplacement de la distance.
- ☐ Comprendre la notion de vitesse uniforme (vecteur vitesse - le mouvement uniforme - vecteur vitesse moyenne - sens de la vitesse instantanée - la vitesse relative - et les unités de mesure de la vitesse).
- ☐ Distinguer la notion vecteur vitesse moyenne et du l'intensité de la vitesse moyenne dans le cas du mouvement rectiligne.
- ☐ Appliquer les notions des : vitesse, vitesse relative et celle de l'accélération par modélisation dans des situations physiques et quotidiennes comme (mouvement des missiles, l'aviation, les satellites) dans une forme d'activités.
- ☐ Reconnaître la motion de la vitesse relative.
- ☐ Reconnaître les formules du mouvement rectiligne à une accélération uniforme- l'intensité de l'accélération $v = v_0 + at$; $D = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$; $v^2 = v_0^2 + 2 a d$
- ☐ Reconnaître le mouvement vertical sous l'effet de l'attraction terrestre.
- ☐ Reconnaître les applications des propriétés du mouvement rectiligne muni d'une accélération uniforme.
- ☐ Connaître les propriétés du mouvement vertical sous l'effet de l'attraction terrestre lorsque le corps monte ou descend.
- ☐ Connaître l'attraction terrestre (loi de l'attraction universelle de Newton) et la constante universelle de gravitation.
- ☐ Identifier la représentation graphique de la relation entre le déplacement et le temps et de la relation entre la vitesse et le temps.
- ☐ Utiliser une calculatrice graphique pour représenter la relation entre le déplacement et le temps et la relation entre la vitesse et le temps.



Expressions de base

- Mouvement rectiligne
- Distance
- Vecteur vitesse
- Vitesse moyenne
- Intensité de la Vitesse moyenne
- Vitesse relative
- Mouvement vertical
- Attraction universelle
- Déplacement
- Vitesse uniforme
- Vitesse instantanée
- Vecteur position
- Accélération uniforme
- Chute libre
- Attraction terrestre



Aides pédagogiques

- Calculatrice scientifique
- Logiciels de graphisme
- Calculatrice graphique



Leçons de l'unité

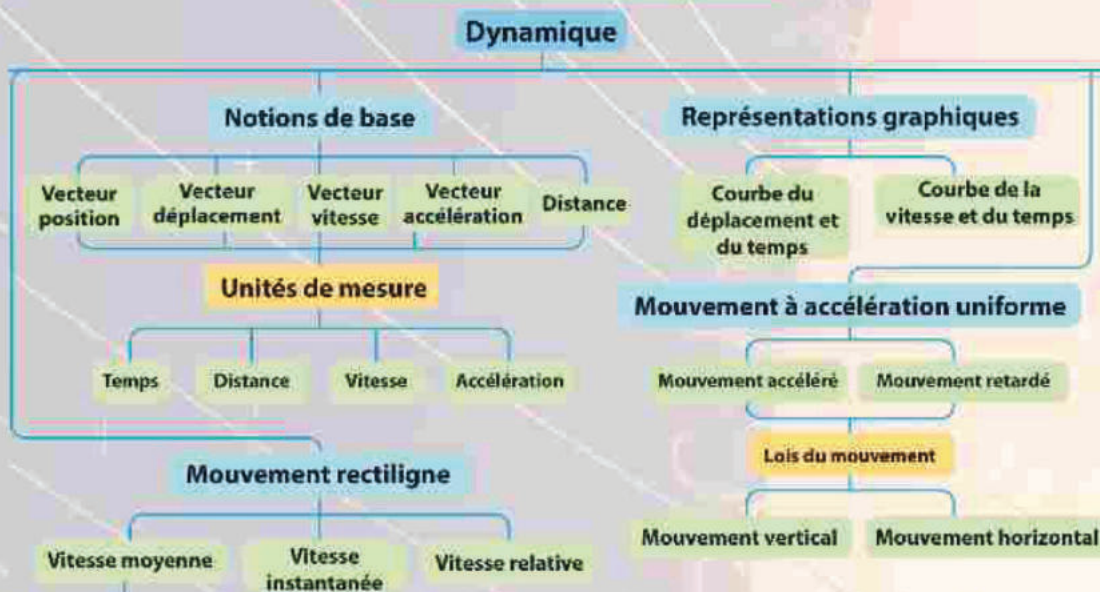
Leçon (1 - 1) Mouvement rectiligne.

Leçon (1 - 2) Mouvement rectiligne à accélération uniforme.

Leçon (1 - 3) Chute libre.



Organigramme de l'unité



Mouvement rectiligne

Allez apprendre

- Relation entre le vecteur position et le vecteur déplacement.
- Vitesse moyenne.
- Vitesse instantanée.
- Vitesse relative.

Vocabulaires de base

- Mouvement rectiligne
- Système métrique
- Vecteur déplacement
- Vecteur position
- Vecteur vitesse
- Mouvement uniforme
- Vitesse moyenne
- Vitesse instantanée
- Vitesse relative

Aides pédagogiques

- Papiers quadrillés
- Calculatrice scientifique
- Logiciels de graphisme

Introduction :

Vous avez déjà vu quelques systèmes des mesures jusqu'à l'adoption du système décimal, inventé par les Français en 1790, qui a continué jusqu'à la parution du système international unifié SI. Ce système se compose des unités de bases de la Mécanique (masse, longueur, temps) et les unités dérivés qui se forment à partir des unités de base suivant des relations algébriques (vitesse, accélération, forces).

Mouvement

Repos et Mouvement:

Lorsqu'un corps change sa position par rapport à un autre corps au découlement du temps, on dit que le premier corps est en état de mouvement par rapport à l'autre corps. Si la position relative de deux corps ne change pas au découlement du temps, alors chacun de deux corps est en état de repos par rapport à l'autre. Le repos et le mouvement sont deux notions relatives, les arbres et les bâtiments stables semblent en état du mouvement par rapport à un train en état de mouvement.

Types de mouvement

Il y a plusieurs types de mouvement comme le mouvement translatore, le mouvement rotatoire et le mouvement oscillatoire. Par exemple le football projeté se déplace d'une position à l'autre en faisant un mouvement à la fois translatore et rotatoire. Ainsi le mouvement de goutte de l'eau se déplace en faisant un mouvement à la fois transitoire et oscillatoire.

Dans ce qui suit, nous allons seulement étudier le mouvement translatore en supposant que le corps translaté est infiniment petit, il est donc appelé une particule qui est traitée comme un point géométrique pour éviter la complexité théorique due du mouvement rotatoire et du mouvement oscillatoire que nous allons aborder dans cette étude.



Mouvement translatatoire

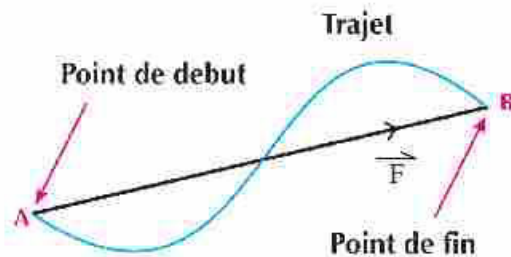
Le mouvement translatatoire, c'est le mouvement d'un corps d'un point à l'autre le premier est appelé le point de début et l'autre est le point du fin. L'un des exemples de ce mouvement est celui d'un corps sur une ligne droite « mouvement rectiligne ».

Distance

Si un train se déplace du Caire vers Mansourah, il parcourt une distance de 126 km. La distance est une quantité scalaire, il suffit donc de connaître sa valeur. Si la distance entre les deux villes est 160 km, alors le nombre 160 représente la valeur numérique et (km) est l'unité de mesure de la distance.

Vecteur déplacement

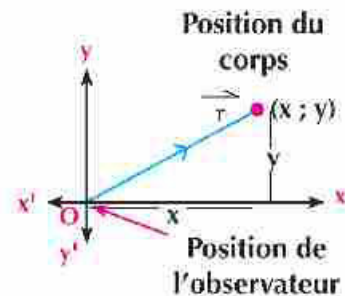
C'est le vecteur qui est représenté par le segment orienté $\overrightarrow{AB}$ dont le point de début est (A) et le point du fin est (B). On le note par le symbole $\overrightarrow{D}$ et la norme du vecteur déplacement par le symbole $\|\overrightarrow{AB}\|$. La norme du vecteur déplacement ne correspond pas forcément à la longueur du trajet fait par le corps durant le mouvement.



Vecteur position

C'est le vecteur dont le point d'origine est la position de l'observateur (O) et le point d'extrémité est la position du corps observé.

On le symbolise par $\overrightarrow{r}$ tel que $\overrightarrow{r} = x\overrightarrow{i} + y\overrightarrow{j}$ où $\overrightarrow{i}$ et $\overrightarrow{j}$ sont deux vecteurs unitaires orthogonaux.



Relation entre le vecteur position et le vecteur déplacement :

Si (O) est la position d'un observateur, A(x₁ ; y₁) et B(x₂ ; y₂) sont les positions d'une particule à deux instants consécutifs, alors $\overrightarrow{AB}$ est le vecteur déplacement de la particule noté $\overrightarrow{D}$.

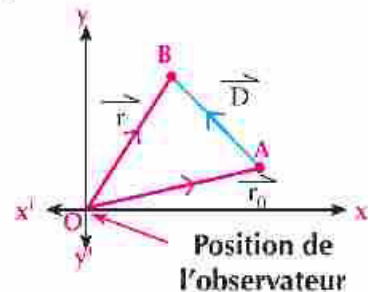
Si on symbolise le vecteur position à l'instant t par le symbole $\overrightarrow{r}_0$ le vecteur position à l'instant

(t + h) est symbolisée par $\overrightarrow{r}$, alors $\overrightarrow{d} = \overrightarrow{r} - \overrightarrow{r}_0$

$$\overrightarrow{d} = (x_2\overrightarrow{i} + y_2\overrightarrow{j}) - (x_1\overrightarrow{i} + y_1\overrightarrow{j})$$

$$= (x_2 - x_1)\overrightarrow{i} + (y_2 - y_1)\overrightarrow{j} \quad , \quad \|\overrightarrow{d}\| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

∴ $\overrightarrow{d} = \|\overrightarrow{d}\| \overrightarrow{e}$ où $\overrightarrow{e}$ est le vecteur unitaire dans le sens de $\overrightarrow{AB}$ (sens du mouvement)



**Exemple**

- 1 Un coureur s'est déplacé 80 m vers l'Est, puis 60 m vers le Nord. Calculez la distance et le déplacement parcourus par le coureur.
Que remarquez-vous ?

 Solution

La distance totale parcourue par le coureur est la somme de deux distances de A à B puis de B à C

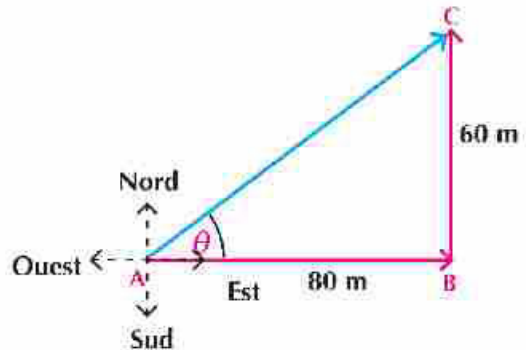
La distance = $AB + BC = 80 + 60 = 140$ m

Déplacement est le segment orienté $\overrightarrow{AC}$

D'après Pythagore :

$$AC = \sqrt{(80)^2 + (60)^2} = \sqrt{10000} = 100, \quad \tan \theta = \frac{60}{80}, \quad \text{alors } \theta = 36^\circ 52' 12''$$

C'est-à-dire la norme du déplacement = 100 m dans la direction $36^\circ 52' 12''$ Nord par rapport à l'Est.

**On remarque que :**

- La distance est une quantité scalaire (déterminée par sa valeur seulement) tandis que le déplacement est une quantité vectorielle (déterminée par sa norme et le sens)
- La norme du vecteur déplacement $\leq$ la distance totale.

**Essayez de résoudre**

- 1 Un cycliste a parcouru 6 km vers l'Ouest puis 8 km dans la direction 60° Sud par rapport à l'Ouest.
Calculez la distance et le déplacement parcourus par le cycliste.

- 2 **Pensé critique :** Si une fourmi monte un mur de 3 m de haut puis elle rentre au même point de départ. Calculez la distance et le déplacement parcourus.

**Exemple**

- 2 Une particule se déplace telle que son vecteur position $\overrightarrow{r}$ est donné en fonction du temps et en fonction des vecteurs unitaires de base $\overrightarrow{i}$ et $\overrightarrow{j}$ par la relation:

$$\overrightarrow{r}(t) = (3t + 2)\overrightarrow{i} + (4t - 1)\overrightarrow{j}.$$

Trouvez la norme du vecteur déplacement jusqu'à l'instant $t = 4$

 Solution

$$\overrightarrow{r}(0) = 2\overrightarrow{i} - \overrightarrow{j}, \quad \overrightarrow{r}(4) = (3 \times 4 + 2)\overrightarrow{i} + (4 \times 4 - 1)\overrightarrow{j} = 14\overrightarrow{i} + 15\overrightarrow{j}$$

$$\therefore \overrightarrow{d} = \overrightarrow{r}(4) - \overrightarrow{r}(0)$$

$$= (14 - 2)\overrightarrow{i} + (15 + 1)\overrightarrow{j} = 12\overrightarrow{i} + 16\overrightarrow{j}$$

$$\therefore \|\overrightarrow{d}\| = \sqrt{144 + 256}, \quad d = 20 \text{ unités de longueur}$$

Essayez de résoudre

- 3 Dans l'exemple précédent : Trouvez la norme du vecteur déplacement de l'instant $t = 1$ à l'instant $t = 3$.



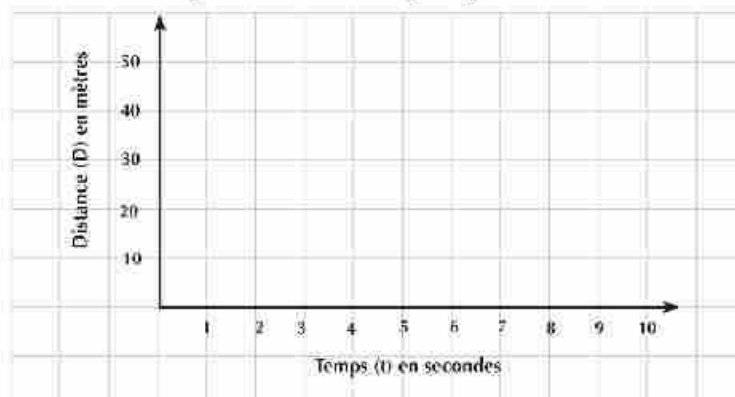
Activité

La courbe (Distance - temps)

Le tableau suivant représente la relation entre le temps en seconds et la distance en mètres d'un coureur :

Temps en secondes	0	2	4	6	8	10
Distance en mètres	0	10	20	30	40	50

- 1 Sur un papier millimétré, représentez le temps sur l'axe des abscisses et la distance sur l'axe des ordonnées.
- 2 Placez les coordonnées des points donnés dans le tableau.
- 3 Utilisez une règle pour tracer la meilleure droite passant par la plus part des points du graphique.
- 4 A l'aide de cette droite qui représente la relation entre la distance et le temps, pouvez-vous déterminer :
 - a La distance parcourue après 3 seconds ?
 - b Le temps nécessaire pour que le coureur parcoure 45 mètres ?
- 5 Pouvez-vous déterminer la pente de la droite qui représente le mouvement du coureur .



la vitesse

Dans un concours, si deux coureurs font une course pendant un délais limité, alors le coureur qui parcourt la plus grande distance est plus rapide que le coureur qui parcourt la plus petite distance.

On peut déterminer l'intensité de la vitesse par la distance parcourue pendant un intervalle déterminé du temps sans prendre en compte le sens du mouvement. Le kilométrage d'un compteur de voiture indique

Rappel



$$1 \text{ km / h} = \frac{5}{18} \text{ m / s}$$

$$1 \text{ m / s} = \frac{18}{5} \text{ km / h}$$

Unit 2: Dynamique

seulement l'intensité de la vitesse sans déterminer la direction de la voiture

Essayez de résoudre

4 a Convertissez 90 km/h en m/s

b Convertissez 15 m/s en km/h

5 Complétez le tableau suivant :

	18km/h	54km/h	...km/h	90km/h	...km/h	180km/h	
	5 m/s	...m/s	20m/s	...m/s	30m/s	...m/s	

Vecteur de la vitesse

Le vecteur vitesse d'une particule est le vecteur dont la norme est égale à l'intensité de la vitesse et dans la direction du mouvement.

Expression orale :

1- Comparer entre l'intensité de la vitesse et le vecteur vitesse de point de vue de :

- a La définition. b La nature de la quantité (scalaire ou vectorielle)

Vitesse uniforme et vitesse variée

Mouvement uniforme : c'est le cas où la norme et le sens du vecteur vitesse sont constants. Il est utile de citer deux remarques importantes :

1 - **L'invariance du sens du vecteur vitesse :** Cela veut dire que le corps se meut dans un sens constant.

2 - **L'invariance de la norme du vecteur vitesse :** Cela veut dire que le corps parcourt des distances égales en des délais égaux où le corps se déplace par une vitesse d'intensité constante.

Le mouvement varié : Si le mouvement n'est pas uniforme, on dit qu'il est varié : soit la norme de la vitesse est variée ou le sens de la vitesse est varié ou bien les deux sont variés.

L'intensité de la vitesse moyenne

Une voiture se déplace du Caire à Hurgada. La distance entre les deux villes suivant le trajet de la voiture est égal à 510 km. Si la voiture roule à des vitesses variées entre les deux villes et le temps total du voyage est 6 heures, alors la vitesse de la voiture dans ce cas est appelée la vitesse moyenne. On a :

$$\text{Vitesse moyenne } v_m = \frac{\text{Distance totale}}{\text{Temps total}} = \frac{510}{6} = 85 \text{ Km / h}$$

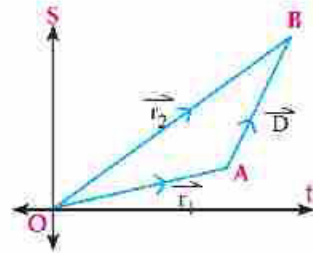
D'où :

la vitesse moyenne est la distance totale du voyage divisée par le temps découlé pendant le voyage.

Vecteur vitesse moyenne

Si une particule se déplace en deux instant du temps t_1 et t_2 dans les positions A et B respectivement et si $\vec{d}$ est le vecteur déplacement durant l'intervalle du temps $(t_2 - t_1)$, alors $\vec{v}_m$ est appelé le vecteur vitesse moyenne de cette particule durant cet intervalle du temps. On a :

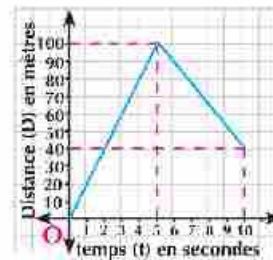
$$\vec{v}_m = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\vec{d}}{t_2 - t_1}$$



Exemple

- 3 La figure ci-contre indique la relation entre le temps et la vitesse du mouvement d'un cycliste en ligne droite à partir du point O. Trouvez :

- Le vecteur vitesse moyenne.
- L'intensité de la vitesse moyenne.



Solution

On trouve le vecteur vitesse moyenne à l'aide de deux points sur la représentation graphique

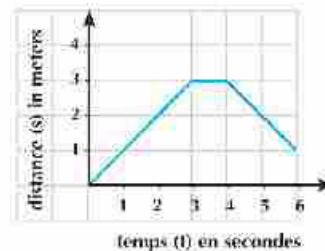
a $\vec{V}_m = \frac{40 \vec{e}}{10} = 4 \vec{e}$ et sa norme 4 m/s.

b $V_m = \frac{100 + 60}{10} = 16 \text{ m/s.}$

Essayez de résoudre

- 6 La figure ci-contre est une représentation graphique d'une courbe (distance-temps) du mouvement d'une souris échappe d'un chat.

Refaire la figure si la souris à doubler sa vitesse



Exemple

Calculé la vitesse moyenne et le vecteur vitesse moyenne

- 4 Un cycliste a parcouru 30 km sur une route rectiligne à une vitesse de 18 km/h., puis il a parcouru une distance de 20 km sur la même route, dans le sens inverse, à une vitesse de 15 km/h. Trouvez la vitesse moyenne durant le trajet. puis trouver la vitesse moyenne.

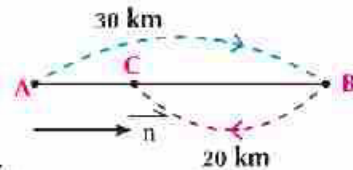
Solution

Si le cycliste a commencé le mouvement de la position A à la position B dans la première étape puis il est retourné du point B au point C dans la seconde étape et en supposant que $\vec{e}$ est le vecteur unitaire dans la direction $\overrightarrow{AB}$.

Le temps pris dans la première étape $= \frac{d}{v}$ d'où : $t_1 = \frac{30}{18} = \frac{5}{3}$ heures

Le temps pris dans la seconde étape $t_2 = \frac{20}{15} = \frac{4}{3}$ heures.

Le temps total du trajet $= \frac{5}{3} + \frac{4}{3} = \frac{9}{3} = 3$ heures



$$\text{Le déplacement } \vec{d} = 30 \vec{e} - 20 \vec{e} = 10 \vec{e}$$

$$\therefore \vec{v}_m = \frac{\vec{d}}{t} \quad \therefore \vec{v}_m = \frac{10 \vec{e}}{3} = 3 \frac{1}{3} \vec{e}$$

$\therefore$ Donc le vecteur vitesse moyenne a le même sens que $\vec{e}$, c'est-à-dire dans la direction de $\vec{AB}$ et sa norme est égale à $3 \frac{1}{3}$ km/h.

$$\text{L'intensité de la vitesse moyenne} = \frac{\text{total distance}}{\text{total time}} = \frac{30 + 20}{3} = \frac{50}{3} \text{ km/h}$$

Essayez de résoudre

- 7 Un cycliste a parcouru une distance de 25 km sur une route rectiligne à une vitesse de 15 km/h puis il a parcouru une distance de 7 km sur la même route, dans le même sens, à une vitesse de 7 km/h. Calculez le vecteur vitesse moyenne durant le trajet.

Exemple

- 5 Une particule s'est trouvée aux deux instants du temps 3 et 7 seconde dans les positions A(5; 2) et B(9; 10) respectivement. Trouvez le vecteur vitesse moyenne de la particule durant cet intervalle du temps puis calculez la norme et la direction de la vitesse moyenne.

Solution

La figure ci-contre représente :

Le vecteur position initiale $\vec{OA}$ ($\vec{r}_1$),

Le vecteur position finale $\vec{OB}$ ($\vec{r}_2$),

Le vecteur déplacement $\vec{AB}$ ($\vec{d}$)

$$\text{Où : } \vec{d} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

$$\vec{d} = (9; 10) - (5; 2)$$

$$\vec{d} = (4; 8)$$

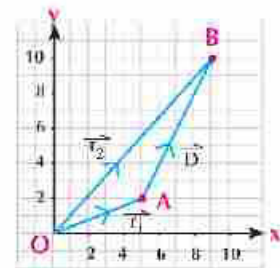
$$\therefore \vec{v}_m = \frac{\vec{d}}{t_2 - t_1}$$

$$\therefore \vec{v}_m = \frac{1}{(7 - 3)} (4 \vec{i} + 8 \vec{j})$$

$$\vec{v}_m = \vec{i} + 2 \vec{j} \quad (\text{la forme vectorielle de la vitesse moyenne})$$

$$\|\vec{v}_m\| = \sqrt{(1)^2 + (2)^2} = \sqrt{5} \text{ unités de vitesse}$$

Il fait un angle polaire dont la tangente est 2 avec $\vec{Ox}$ C.à.d : $63^\circ 26' 6''$



Essayez de résoudre

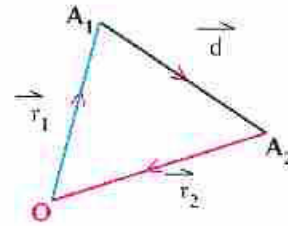
- 8 Une particule s'est trouvée aux deux instants du temps 3 et 8 seconde dans les positions A(7; 2) et B(4; 6) respectivement. Trouvez le vecteur vitesse moyenne de la particule durant cet intervalle du temps puis calculez la norme et la direction de la vitesse moyenne.

Vitesse instantanée

Dans la figure ci-contre :

$$\vec{v}_m = \frac{\vec{d}}{t_2 - t_1} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1}$$

Si le délais $(t_2 - t_1)$ est très petit de valeur moyenne t alors le vecteur vitesse dans ce cas est définie par le vecteur vitesse instantanée au moment t qui est noté $\vec{v}$



Reflechissez et discutez

Vitesse relative

Que remarquez-vous ?

- Si vous êtes assis dans un train qui se déplace et vous observez par la fenêtre les poteaux électriques et les arbres sur les deux côtés de la route.
- Si vous êtes dans une voiture qui roule à une vitesse donnée dans un sens donné et vous observez les autres voitures qui roulent dans le même sens que celui de votre voiture.
- Si les autres voitures roulent dans le sens inverse à celui de la vôtre.

De ce qui précède, on remarque que le mouvement est une notion relative qui diffère d'un observateur à un autre et d'une position à une autre. Dans tous les cas l'observateur observe les mouvements des autres corps comme s'il est au repos. Si ce n'est pas le cas, il voit les corps se déplacer à des vitesses qui ne correspondent pas aux vitesses réelles de ces corps. Ce sont des vitesses relatives.

Notion de la vitesse relative:

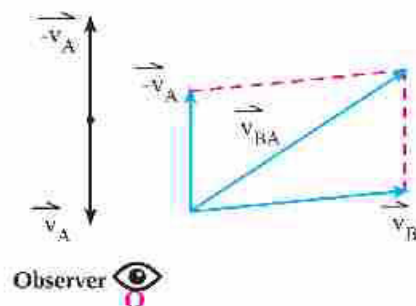
La vitesse relative d'une particule (A) par rapport à une autre particule (B) est la vitesse à laquelle, il semble à la particule (B) que la particule (A) se déplace si on considère que la particule (B) est à l'état de repos.

Vecteur vitesse relative:

On considère $\vec{v}_A$ et $\vec{v}_B$ les vecteurs vitesses des deux corps A et B par rapport à un observateur (O) et que $\vec{v}_{BA}$ et le vecteur vitesse de B par rapport à A.

En ajoutant $(-\vec{v}_A)$ à chacun des deux vecteurs $\vec{v}_A$ et $\vec{v}_B$ des deux corps A et B où A devient au repos et le vecteur vitesse de B par rapport à A devient

$$(\vec{v}_B - \vec{v}_A) \text{ d'où } \boxed{\vec{v}_{B,A} = \vec{v}_B - \vec{v}_A}$$



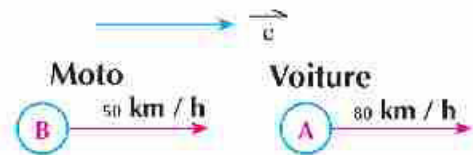
Réflexion critique : si $\vec{V}_{BA}$ est le vecteur vitesse de B par rapport à A et $\vec{V}_{AB}$ est le vecteur vitesse de A par rapport à B, écrire la relation entre $\vec{V}_{BA}$ et $\vec{V}_{AB}$

Exemple

- 6 Une voiture roule sur une route rectiligne à une vitesse de 80 km/h. Si une moto roule sur la même route à une vitesse de 50 km/h, Trouvez la vitesse relative de la moto par rapport à la voiture sachant que :
- La moto se déplace dans le même sens que celui de la voiture.
 - La moto se déplace dans le sens contraire à celui de la voiture.

Solution

On désigne la voiture par le symbole A et la moto par le symbole B. Soit $\vec{e}$ le vecteur unitaire dans le sens du mouvement de la voiture.



- a Si la moto et la voiture roulent dans le même sens, on a :

$$\vec{v}_B = 50 \vec{e}, \vec{v}_A = 80 \vec{e}, \text{ vitesse de la moto par rapport à celle de la voiture } \vec{v}_{BA} = ?$$

$$\therefore \vec{v}_{BA} = \vec{v}_B - \vec{v}_A \quad \therefore \vec{v}_{BA} = 50 \vec{e} - 80 \vec{e} = -30 \vec{e}$$

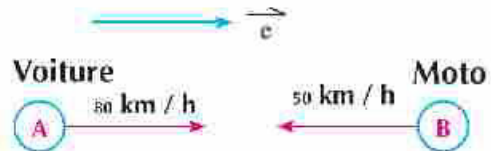
Donc la moto semble à l'observateur de la voiture roulant à une vitesse de 30 km/h, dans le sens opposé de $\vec{e}$

- b Si la moto et la voiture roulent dans des sens contraires, on a :

$$\vec{v}_B = -50 \vec{e}, \vec{v}_A = 80 \vec{e},$$

$$\therefore \vec{v}_{BA} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$$

$$\therefore \vec{v}_{BA} = -50 \vec{e} - 80 \vec{e} = -130 \vec{e}$$



Donc la moto semble à l'observateur de la voiture roulant à une vitesse de 130 km/h.

Essayez de résoudre

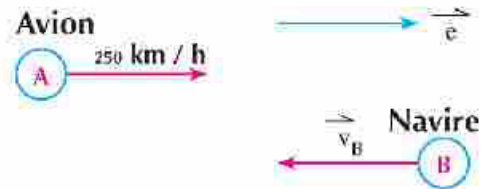
- 9 Une voiture roule sur une route rectiligne à une vitesse de 72 km/h. Si une moto roule sur la même route à une vitesse de 28 km/h, Trouvez la vitesse relative de la moto par rapport à la voiture sachant que :
- la moto se déplace dans le même sens que celui de la voiture.
 - la moto se déplace dans le sens contraire à celui de la voiture.

Exemple

- 7 Un navire se déplace suivant un trajet rectiligne vers un port. Lorsqu'il est à une distance de 100 km du port, un avion de garde l'a survolé dans le sens contraire à celui du navire à une vitesse de 250 km/h. En l'observant, il lui semble que le navire se déplace à une vitesse de 300 km/h. À partir du moment de l'observation, calculez le temps nécessaire pour que le navire atteigne le port.

Solution

On désigne le navire par le symbole B et l'avion par le symbole A. Soit $\vec{e}$ le vecteur unitaire qui a le même sens que celui de l'avion. Si la vitesse réelle du navire est (dans le sens contraire de celui de l'avion)



$$\therefore \vec{v}_A = 250 \vec{e} \text{ et } \vec{v}_{BA} = -300 \vec{e}$$

$$\therefore \vec{v}_{BA} = \vec{v}_B - \vec{v}_A \quad \therefore -300 \vec{e} = \vec{v}_B - 250 \vec{e}$$

D'où $\vec{v}_B = -50 \vec{e}$

Donc la vitesse relative du navire est 50 km/h et se déplace dans le sens contraire à celui de l'avion

$$\therefore \frac{d}{v} = \frac{1}{50} \quad \therefore 100 = 50t$$

Donc $t = 2$ heures

Essayez de résoudre

- 10 Un voiture de police roule sur une autoroute pour contrôler les vitesses. Elle roule à une vitesse de 40 km/h. Elle observe un camion roulant dans le sens contraire et lui semble que le camion roule à une vitesse de 120 km/h. Quelle est la vitesse effective du camion ?

Exercice (1 - 1)

Complétez ce qui suit:

- 1 $20 \text{ m/s} = \dots \text{ km/h}$
- 2 $90 \text{ km/h} = \dots \text{ m/s}$
- 3 Une voiture roule à une vitesse uniforme de 72 km/h pour une durée d'un quart d'heure. Alors la distance parcourue = $\dots$ km.
- 4 Si $\vec{v}_A = 15 \vec{i}$ et $\vec{v}_B = 22 \vec{i}$ alors $\vec{v}_{BA} = \dots$
- 5 Si $\vec{v}_{AB} = 65 \vec{e}$ et $\vec{v}_A = 50 \vec{e}$ alors $\vec{v}_B = \dots$
- 6 Un cycliste A se déplace sur une route rectiligne à une vitesse de 15 km/h. Un autre cycliste B se déplace dans le même sens à une vitesse de 12 km/h. Alors la vitesse de B par rapport à A est égale à $\dots$ km/h.

Choisissez la bonne réponse parmi les réponses proposées :

- 7 Si une voiture roule à une vitesse uniforme de 75 km/h pour une durée de 20 minutes, alors la distance parcourue en kilomètre est égale à $\dots$ km
- a 15 b 20 c 25 d 30

- 8 Le temps pris par une voiture roulant à une vitesse de 20 m/s pour parcourir une distance de 180 km est égale à hours
 a $1 \frac{1}{2}$ b - 2 c $2 \frac{1}{2}$ d 3
- 9 Si $\vec{v}_{AB} = 15 \vec{i}$ et $\vec{v}_A = 35 \vec{i}$ alors $\vec{v}_B$ est égale à :
 a $-50 \vec{i}$ b $-20 \vec{i}$ c $20 \vec{i}$ d $50 \vec{i}$
- 10 Si le vecteur position d'une particule, se déplaçant en une ligne droite à partir d'un point O, est donné en fonction du temps par la relation : $\vec{r} = (2t^2 + 3) \vec{e}$ sachant que la norme de $\vec{r}$ mesurée en mètre alors la norme du vecteur $\vec{D}$ déplacement après deux secondes est égale à :
 a 4m b 6m c 8m d 11m
- 11 **En lien avec l'astronomie :** Si la lumière arrive du soleil à la terre en 8,3 minutes, la distance du soleil au terre est 1494×10^{11} m. Calculez la vitesse de la lumière.
- 12 Deux voitures roules de Benha au Cairo en même temps à une vitesse uniforme de 70 km/h pour la premier et de 84 km/h pour la deuxième. Trouvez le temps d'attente du chauffeur de la deuxième voiture pour que le chauffeur du premier voiture lui rejoint sachant que le trajet est de 49 km
- 13 Un train de longueur 150 mètres entre dans un tunnel rectiligne de longueur l mètres. Pour qu'il traverse totalement le tunnel, il a pris 15 secondes. Trouvez la longueur du tunnel sachant que le train se déplace à une vitesse uniforme de 90 km/h
- 14 Un cycliste parcourt une distance de 30 km sur une route rectiligne à une vitesse de 15 km/h puis il retourne dans le sens inverse et parcourt une distance de 10 km à une vitesse de 10 km/h. Trouvez le vecteur vitesse moyenne durant le trajet.
- 15 Un homme se déplace sur une route rectiligne. Il parcourt 800 mètres à une vitesse de 9 km/h puis il parcourt la même distance dans le même sens à une vitesse de 4,5 km/h. Trouvez la vitesse moyenne de l'homme durant le trajet.
- 16 Soient deux villes A et B situées sur la route côtière distantes de 120 km. Une voiture roule de la ville A vers la ville B à une vitesse de 88 km/h. Au même instant, une autre voiture roule de la ville B vers la ville A à une vitesse de 72 km/h. Où et quand les deux voitures se rencontrent-elles ?
- 17 Une voiture A roule sur une route rectiligne à une vitesse de 60 km/h. Une autre voiture B roule sur la même route à une vitesse de 90 km/h. Trouvez la vitesse de la voiture A par rapport à la voiture B sachant que :
 a les deux voitures roulent dans deux sens contraires.
 b les deux voitures roulent dans le même sens.
- 18 Une voiture de police roule à une vitesse uniforme sur une route horizontale. Elle observe que la vitesse relative d'un camion, roulant devant elle et dans le même sens, est de 60 km/h. Lorsque la voiture de police double sa vitesse, il lui semble que le camion est au repos. Trouvez la vitesse réelle de la voiture de la police et celle du camion.



1 - 2

Mouvement rectiligne à accélération uniforme

Allez apprendre

- » Accélération
- » Courbe vitesse – temps.
- » Mouvement uniformément varié
- » Relation entre vitesse – temps
- » Relation entre distance – temps
- » Relation entre vitesse – distance

Vocabulaires de base

- » Accélération
- » Mouvement uniformément varié
- » Accélération uniforme
- » Décélération uniforme

Aides pédagogiques

- » Papiers quadrillés
- » Calculatrice scientifique
- » Logiciels de graphisme

Préface :

Vous avez déjà étudié le mouvement uniforme rectiligne à vitesse constante. Il est remarquable que très peu de corps se déplacent suivant ces conditions pendant une longue durée. Dans chaque voiture, il y a trois outils permettant de contrôler sa vitesse, l'accélérateur, le frein et le volant qui contrôle la direction du mouvement. On remarque également la variation de la vitesse des corps pendant leur chute et pendant leur lancement vers le haut.



A apprendre

Définition

Le mouvement rectiligne varié : C'est le mouvement où la vitesse varie en fonction du temps. Cette variation est appelée l'accélération et elle a pour unité de mesure m/s^2 .

$$L'accélération (a) = \frac{\text{Vitesse Finale} - \text{Vitesse initiale}}{\text{Temps}}$$

1

Ses unités de mesure sont m/s^2 ou cm/s^2 ou km/h^2

On remarque que : Si la variation de la vitesse à un instant donné est déterminée, cela s'appelle l'accélération instantanée.

Courbe (vitesse – temps)

La notion de l'accélération est liée au changement de la vitesse. Si la vitesse augmente en fonction du temps, on dit que le mouvement est accéléré et dans ce cas l'accélération est positive (en considérant que la vitesse positive) comme le montre la figure (1).

Si la vitesse diminue en fonction du temps, on dit que le mouvement est retardé. Dans ce cas, l'accélération est négative comme le montre la figure (2).

Si la vitesse est constante en fonction du temps, on dit que le mouvement est uniforme.

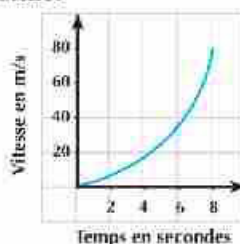


Figure (1)

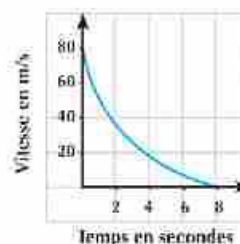


Figure (2)

Mouvement uniformément varié

On dit que le mouvement d'une particule est un mouvement uniformément varié ou il est muni d'une accélération uniforme si le vecteur accélération est constant en norme et en sens en tout temps.

Expression orale : Que signifie chacune des expressions suivantes ?

- a) La vitesse d'une particule augmente régulièrement pendant son mouvement au taux de 4 m/s^2 .
- b) La vitesse d'une particule diminue régulièrement pendant son mouvement au taux de 24 km/h^2 .



Exemple

- 1) La vitesse d'une voiture roulant en ligne droite varie de 50 km/h à 68 km/h en 10 secondes. Un camion commence à se mouvoir, à partir du repos pour atteindre la vitesse de 18 km/h durant cette même période. Lequel des deux véhicules se déplace avec une plus grande accélération ? Expliquer votre réponse.



Solution

D'après les informations données, on trouve que la voiture et le camion ont atteint la même augmentation de vitesse de 18 km/h (c'est-à-dire 5 m/s) durant un intervalle de 10 secondes.

Donc l'accélération des deux véhicules est :

$$\therefore a = \frac{\text{Variation de la vitesse}}{\text{Intervalle du temps}} = \frac{5}{10} = \frac{1}{2} \text{ m/s}^2$$



Essayez de résoudre

- 1) La vitesse d'une voiture (A) roulant en ligne droite varie de 24 km/h à 36 km/h en 5 secondes. La vitesse d'une voiture (B) roulant en ligne droite varie de 12 km/h à 30 km/h durant cette même période. Laquelle des deux voitures se déplace avec une plus grande accélération ? Expliquez votre réponse.

Équations du mouvement uniformément varié

Il y a principalement trois équations qui relient la distance, la vitesse, l'accélération et le temps au cas où le mouvement est muni d'une accélération uniforme. Ces équations sont :

[I] Relation entre la vitesse et le temps :

Si une particule se déplace en ligne droite suivant le vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$, et le vecteur accélération constante $\vec{a}$ et si son vecteur vitesse devient $\vec{v}$ après un intervalle de temps (t), alors :

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \quad \text{d'où} \quad \boxed{\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t}$$

Donc $\vec{v} = v_0 \vec{e} + at \vec{e}$ où $\vec{e}$ est le vecteur unitaire dans les sens du mouvement.

En calculant la mesure algébrique, on obtient : $\boxed{v = v_0 + a t}$

On remarque que :

- La relation relie quatre inconnues. On peut trouver la valeur d'une inconnue en connaissant les trois autres.
- Si un corps commence à se mouvoir à partir du repos, alors, $v_0 = 0$ et $V = at$
- Si $a = 0$, alors $v = v_0$ et donc la particule se déplace à une vitesse uniforme.

Exemple

- 2 Une particule commence à se mouvoir dans un sens fixe à une vitesse de 9 cm/s et une accélération uniforme de 3 cm/s² agissant dans le même sens que celui de la vitesse initiale. Trouvez :

- a la vitesse de la particule 5 secondes après le début du mouvement.
- b le temps pris à partir du début du mouvement jusqu'à ce que la particule atteigne une vitesse de 54 cm/s.

Solution

- a On suppose que le sens du mouvement de la particule soit le sens positif.

D'après les données du problème : $v_0 = 9 \text{ cm/s}$, $a = 3 \text{ cm/s}^2$, $t = 5$ secondes.

$$\therefore v = v_0 + at \quad \therefore v = 9 + 3 \times 5 \quad \therefore v = 24 \text{ cm/s},$$

- b $\therefore v = v_0 + at \quad \therefore 54 = 9 + 3t \quad \therefore t = 15$ secondes.

Essayez de résoudre

- 2 Une particule commence à se mouvoir dans un sens fixe à une vitesse de 20 cm/s et une accélération uniforme de 5 cm/s² agissant dans le même sens que celui de la vitesse initiale. Trouvez :

- a la vitesse de la particule une minute après le début du mouvement.
- b le temps pris à partir du début du mouvement jusqu'à ce que la particule atteigne une vitesse de 18 km/h.

Exemple

- 3 Une particule se déplace en une ligne droite. Sa vitesse change de 54 km/h à 3m/s en la moitié d'une minute. Trouvez l'intensité de l'accélération du mouvement. Cette particule peut-elle arriver à l'état du repos à un instant donné ? Expliquez votre réponse.

Solution

$$54 \text{ km/h} = 54 \times \frac{5}{18} = 15 \text{ m/s}$$

D'après les données du problème $v_0 = 15 \text{ m/s}$, $v = 3 \text{ m/s}$ et $t = 30$ secondes.

$$\therefore v = v_0 + at \quad \therefore 3 = 15 + 30a$$

$$\text{Donc } 30a = -12 \quad \therefore a = -0.4 \text{ m/s}^2$$

$\therefore a < 0$ cette particule peut arriver à l'état du repos à un instant donné car son mouvement est retardé.

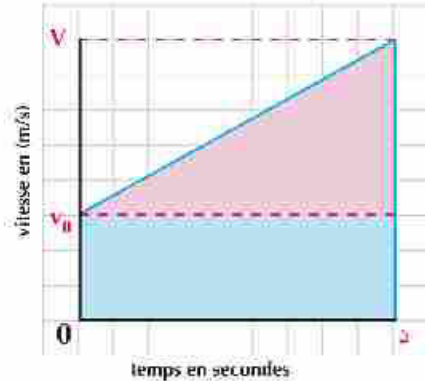
Essayez de résoudre

- 3 Une voiture roule en ligne droite. Sa vitesse diminue de 63 km/h à 36 km/h en une durée de demi-minute. Calculez son accélération et le temps pris pour que la voiture arrive à l'état de repos.

[(II) Relation entre la distance et le temps

L'aire sous la courbe (vitesse-temps) est égal au déplacement du corps.

Dans la figure ci-contre: un corps commence à se mouvoir à une vitesse initiale v_0 avec une accélération uniforme. Après un temps t secondes sa vitesse finale est v . L'aire sous la courbe peut être calculée en la subdivisant en un rectangle et un triangle.



Aire (A) = aire du rectangle + aire du triangle

$$= v_0 t + \frac{1}{2} t (v - v_0)$$

$$d = v_0 t + \frac{1}{2} t (v_0 + a t - v_0) \quad (\text{En substituant de la première formule : } v = v_0 + a t)$$

$$d = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

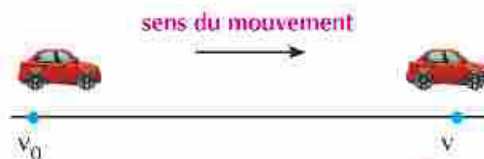
Où: d , v et a sont les mesures algébrique des déplacement, vitesse et accélération.

Expression orale :

- 1- Écrivez la formule (distance-temps) lorsque le corps commence à se mouvoir à partir du repos.
- 2- Écrivez la formule précédente si $a = 0$. Comment expliquez vous la nature du mouvement dans ce cas ?

Exemple

- 4 Une voiture roule à une vitesse de 90 km/h. Le chauffeur freine et la vitesse de la voiture diminue à un taux constant Elle s'arrête au bout de cinq secondes. Calculez:



- a l'accélération de la voiture durant la diminution de la vitesse.
- b la distance parcourue par la voiture jusqu'à ce qu'elle s'arrête complètement.

Remarque

Si le corps s'arrête, alors $v = 0$

Solution

- a Pour transformer la vitesse de km/h en m/s : $90 \text{ km/h} = 90 \times \frac{5}{18} = 25 \text{ m/s}$

En appliquant la formule : $v = v_0 + a t$ où $v_0 = 25 \text{ m/s}$, $v = 0$, $t = 5 \text{ seconds}$

$$\therefore 0 = 25 + 5 a \quad \text{d'où} \quad a = -5 \text{ m/s}^2$$

Donc la voiture se déplace à une décélération uniforme d'intensité 5 m/s^2 .

b) $\therefore d = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ by substitution : $v_0 = 25 \text{ m/s}$, $t = 5 \text{ s}$, $a = -5 \text{ m/s}^2$
 $\therefore d = 25 \times 5 + \frac{1}{2} (-5) \times 25 = 62.5 \text{ meters}$.

Essayez de résoudre

- 4 Une petite boule est lancée, en ligne droite, à une vitesse de 20 m/s. sur un plan horizontal avec une décélération régulière de $\frac{1}{2} \text{ m/s}^2$. Déterminez la position et la vitesse de la boule 2 seconds après du point de départ.

[III] Relation entre la vitesse et le déplacement

On sait que : $v = v_0 - a t$ (1) $d = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2$ (2)

En élevant la première équation au carré : $v^2 = v_0^2 + 2 v_0 a t - a^2 t^2$ et en prenant un facteur commun

$\therefore v^2 = v_0^2 + 2 a (v_0 t - \frac{1}{2} a t^2)$ par substitution de la valeur de D de l'équation (2)

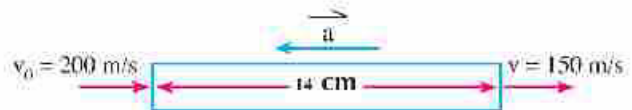
$$v^2 = v_0^2 + 2 a d$$

Exemple

- 5 Une balle est tirée à une vitesse de 20 m/s dans une direction perpendiculaire à un mur vertical d'épaisseur 14 cm. Elle est sortie de l'autre côté du mur à une vitesse de 15 m/s. Trouvez l'intensité de la décélération. Si la balle est tirée sur un mur semblable au premier et à la même vitesse. Trouvez la distance parcourue avant que la balle s'arrête sachant que l'accélération de la balle est la même dans les deux cas.

Solution

On suppose que le sens positif est celui du mouvement de la balle.



Premier cas : $v_0 = 200 \text{ m/s}$, $v = 150 \text{ m/s}$ et $d = 0,14 \text{ m}$

$\therefore v^2 = v_0^2 + 2 a d$ $\therefore (150)^2 = (200)^2 - 2 \times a \times 0,14$

En simplifiant : $a = -62500 \text{ m/s}^2$

Deuxième cas :

$v_0 = 200 \text{ m/s}$, $v = 0$ $a = -62500 \text{ m/s}^2$

$\therefore v^2 = v_0^2 + 2 a d$ $\therefore 0 = (200)^2 - 2 \times 62500 d$

$\therefore d = 0,32 \text{ m}$



Donc la balle s'enfonce dans le mur d'une distance de 32 cm avant qu'elle s'arrête.

Essayez de résoudre

- 5 La vitesse d'une voiture a diminué régulièrement de 45 km/h à 18 km/h après avoir parcouru une distance de 625 mètres. Trouvez la distance qu'elle parcourt jusqu'à ce qu'elle s'arrête.
- 6 Une balle est tirée horizontalement à une vitesse de 100 m/s sur une masse en bois. Elle s'est enfoncée d'une distance de 50 cm. Trouvez l'accélération de la balle sachant qu'elle l'accélération est uniforme. Si la balle est tirée sur une masse semblable au première, d'épaisseur 18 cm. Quelle est la vitesse avec laquelle la balle sort de la masse du bois?



Exemple Vitesse moyenne à la $n^{\text{ième}}$ seconde:

- 6 Une particule se déplace à une vitesse initiale 10 cm/s dans une direction fixe avec une accélération uniforme 4 cm/s^2 . Calculez :

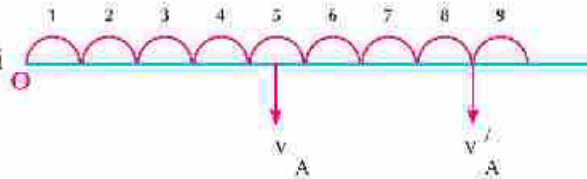
- 1) La distance parcourue durant la cinquième seconde.
- 2) La distance parcourue durant la huitième et la neuvième seconds.



Solution

On considère que le sens positif est celui de la vitesse initiale.

$$\therefore v_0 = 10 \text{ cm/s}, a = 4 \text{ cm/s}^2$$



1) La vitesse moyenne durant la cinquième seconde = La vitesse au moitié de l'intervalle du temps = La vitesse après $4 \frac{1}{2} \text{ s}$.

$$\therefore v_A = v_0 + a t \quad \therefore v_A = 10 + 4 \times 4 \frac{1}{2} = 28 \text{ cm/s.}$$

la distance parcourue à la cinquième seconde = La vitesse moyenne $\times$ temps = $28 \times 1 = 28 \text{ cm}$.

2) La vitesse moyenne durant les la huitième et la neuvième seconds v_m = La vitesse au moitié de l'intervalle du temps = La vitesse après 8 s .

$$\therefore v_A = v_0 + a t \quad \therefore v_A = 10 + 4 \times 8 = 42 \text{ cm/s}$$

La distance parcourue durant la huitième et la neuvième seconds = La vitesse moyenne $\times$ temps = $42 \times 2 = 84 \text{ cm}$

Reffichissez:

Essayez de résoudre l'exemple précédant par une autre méthode.



Essayez de résoudre

- 7 Un corps se meut dans un sens constant à une vitesse de 30 cm/s et une accélération uniforme de 6 cm/s^2 dans le sens de sa vitesse. Calculez :

- a) la distance parcourue après 5 secondes du début du mouvement.
- b) la distance parcourue à la cinquième seconde uniquement.

- 8 Une particule s'est déplacée à une vitesse initiale quelconque dans un sens constant et à une accélération uniforme. Si elle parcourt, à la troisième seconde de son mouvement, une distance de 20 mètres, puis elle parcourt dans les cinquième et sixième secondes à la fois, une distance de 60 mètres, Calculez l'accélération du mouvement de la particule et sa vitesse initiale.

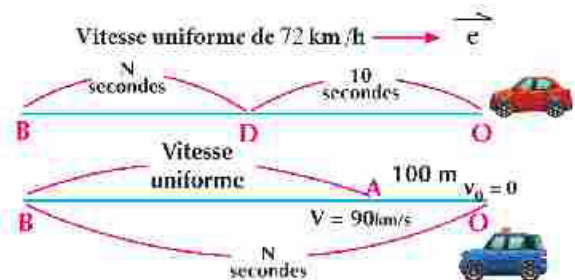
- 9 Le métro se déplace en une ligne droite entre deux stations A et B. La distance entre les deux stations est de 700 mètres. De la station A, il commence son mouvement, du repos avec une accélération uniforme de 2 m/s^2 pendant 10 secondes puis il roule, pendant, une période de temps, à une vitesse uniforme. Il parcourt la distance des 60 derniers mètres de son mouvement avec une décélération uniforme jusqu'à son arrêt à la station B. Trouvez le temps que le métro a mis pour parcourir la distance entre les deux stations.

Exemple Application sur le mouvement avec un accélération uniforme

- 7 Une voiture roule à une vitesse uniforme de 72 km/h. Elle a rencontré une voiture de police qui a commencé à la poursuivre après 10 secondes de son passage avec une accélération uniforme sur une distance de 100 mètres jusqu'à ce que sa vitesse atteigne 90 km/h, puis elle a roulé à cette vitesse jusqu'au moment où elle a rattrapé la première voiture. Trouvez le temps pris par la poursuite à partir de l'instant du mouvement de la voiture de la police et la distance parcourue par cette voiture.

Solution

On considère que la sens positif est le sens de la direction du mouvement et que la voiture de police était au repos au point O, puis elle a parcouru la distance de 100 mètres jusqu'à son arrivée à A où sa vitesse devient 90 km/h avec laquelle elle continue régulièrement jusqu'à ce qu'elle rattrape la première voiture au point B.



$$72 \text{ km/h} = 72 \times \frac{5}{18} = 20 \text{ m/s} \quad , \quad 90 \text{ km/h} = 90 \times \frac{5}{18} = 25 \text{ m/s}$$

Concernant la voiture de police de l'intervalle du temps de O $\rightarrow$ A

$$v_0 = 0 \quad , \quad v = 25 \text{ m/s} \quad , \quad d = 100 \text{ m} \quad \quad v^2 = v_0^2 + 2ad$$

$$25 \times 25 = 2 \times a \times 100 \quad \therefore a = \frac{25}{8} \text{ m/s}^2$$

$$v = v_0 + at \quad \therefore 25 = \frac{25}{8} t \quad \therefore t = 8 \text{ secondes}$$

$\therefore$ La distance que la voiture de police parcourt à vitesse uniforme = $25(t - 8)$ mètres

La voiture poursuivie a parcouru la distance OB en un temps = $(t + 10)$ secondes

La voiture de police a parcouru la même distance OB en un temps = t secondes

$$\therefore 20(t + 10) = 100 + 25(t - 8) \quad , \text{ then } t = 60 \text{ secondes}$$

$$\text{La distance parcourue} = 20 \times 70 = 1400 \text{ mètres}$$

Essayez de résoudre

- 10 Une voiture roule à une vitesse uniforme de 54 km/h. Elle est passée par une voiture de police qui a commencé à la poursuivre après 30 secondes de son passage avec une accélération uniforme sur une distance de 200 mètres jusqu'à ce que sa vitesse atteigne 72 km/h, puis elle a roulé à cette vitesse jusqu'au moment où elle a rattrapé la première voiture. Trouvez le temps pris par la poursuite à partir de l'instant du mouvement de la voiture de la police et la distance parcourue par cette voiture.



Exercices (1 - 2)



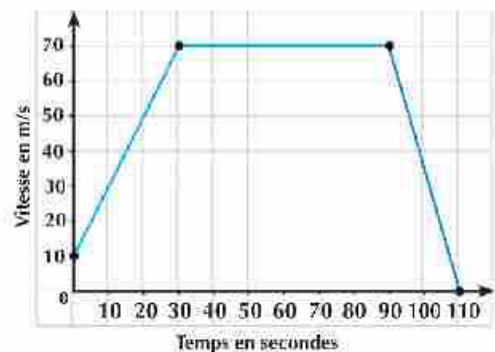
- 1 Complétez ce qui suit :
 - a Une particule se meut du repos en ligne droite avec une accélération uniforme de 4 m/s^2 . Sa vitesse 6 secondes après le début du mouvement = m/s .
 - b La distance que parcourt une particule qui se déplace en une direction fixe du repos à une accélération d'intensité de 5 cm/s^2 en un intervalle de temps de 4 secondes = cm .
 - c La vitesse moyenne d'une particule se déplaçant à une vitesse initiale v_0 et une accélération uniforme a pendant la sixième seconde de son mouvement =
 - d La vitesse moyenne d'une particule se déplaçant à une vitesse initiale v_0 et une accélération uniforme a pendant les septième, huitième et neuvième secondes =
 - e De l'état de repos, une particule se meut en ligne droite à une accélération uniforme. Si elle parcourt 24 mètres durant les quatre premières secondes de son mouvement, alors l'intensité de son accélération =
 - f Une particule se meut de l'état de repos en ligne droite avec une accélération uniforme de 2 cm/s^2 . Si elle parcourt une distance de 25 cm , alors sa vitesse à la fin de cette distance = cm/s .
- 2 De l'état du repos, une voiture s'est lancée avec une accélération de 4 m/s^2 . Quelle est la distance parcourue par la voiture lorsque sa vitesse atteint 24 m/s ?
- 3 Une voiture de course roule sur une piste à une vitesse de 44 m/s puis sa vitesse diminue à un taux constant jusqu'à ce qu'elle atteigne 22 m/s en 11 secondes. Trouvez la distance parcourue par la voiture durant cet intervalle de temps.
- 4 Une voiture accélère à un taux constant de 15 m/s à 25 m/s . Quel est le temps pris par la voiture pour atteindre à cette vitesse sachant qu'elle a parcouru une distance de 125 mètres?
- 5 Un cycliste roule avec une accélération uniforme. Il atteint une vitesse de $7,5\text{ m/s}$ en 4,5 secondes. Si le déplacement du vélo pendant la période d'accélération est égal à 19 mètres, trouvez la vitesse initiale du vélo.
- 6 Karim s'entraîne à monter à bicyclette. Son père le pousse, alors il a atteint une accélération constante de $\frac{1}{2}\text{ m/s}^2$ pendant 6 secondes. Après cela, Karim conduit la bicyclette tout seul à une vitesse de 3 m/s^2 pendant 6 autres secondes avant de tomber. Trouvez la distance parcourue par Karim.
- 7 Un cycliste descend une colline avec une accélération constante de 3 m/s^2 . Arrivé en bas de la colline, sa vitesse atteint 18 m/s puis il freine pour conserver cette vitesse pendant une minute. Trouvez la distance totale parcourue par le cycliste.
- 8 Un chauffeur de voiture roule à une vitesse constante de 24 m/s . Soudain, il voit un enfant traverser la rue. Si le temps nécessaire pour freiner est de $\frac{1}{2}$ seconde et que la voiture roule avec une décélération uniforme de $9,6\text{ m/s}^2$ jusqu'à son arrêt, trouvez la distance totale que la voiture a parcourue avant de s'arrêter.

- 9 De l'état de repos, un corps a commencé son mouvement en ligne droite horizontale avec une accélération uniforme de 4 cm/s^2 pour une durée de 30 secondes puis il s'est déplacé à la vitesse atteinte pendant 40 autres secondes. Trouvez sa vitesse moyenne.
- 10 Un corps se déplace en ligne droite avec une accélération uniforme sur un plan horizontal lisse. Durant la quatrième seconde, après le début du mouvement, il parcourt 26 mètres et 56 mètres durant la neuvième seconde. Trouvez sa vitesse initiale et l'intensité de son accélération.
- 11 X et Y sont deux points sur une route rectiligne horizontale. Du repos, une voiture A se déplace de X vers Y avec une accélération uniforme de 10 m/s^2 . Au même moment, une autre voiture B se déplace de Y vers X à une vitesse uniforme de 54 km/h . Si la vitesse relative de la voiture A par rapport à la voiture B, au moment de leur rencontre, est égale à 162 km/h , trouvez le temps pris par chacune des deux voitures du début du moment de leur mouvement au moment de leur rencontre.



Activité

- 12 La figure ci-contre représente la courbe (vitesse - temps) d'un corps commençant le mouvement à une vitesse initiale de 10 m/s jusqu'au repos après un temps égal à 110 secondes. Trouvez :
- Son accélération.
 - La décélération uniforme du corps jusqu'à ce qu'il s'arrête.
 - La distance totale parcourue par le corps.

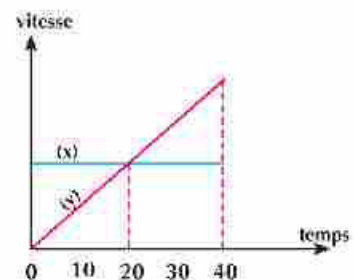


Réflexion créative:

- 13 Au fond d'une mine, un ascenseur au repos commence à monter. Il parcourt une distance de 540 cm avec une accélération de 120 cm/s^2 . Ensuite, il monte une distance de 360 cm à une vitesse uniforme, puis une distance de 720 cm avec une décélération uniforme pour s'arrêter à l'entrée de la mine. Calculez le temps pris par l'ascenseur pour remonter du fond de la mine à l'entrée.

Réflexion créative:

- 14 La figure ci-contre représente la courbe (vitesse - temps) Du mouvement de deux voitures X et Y. Trouvez le temps où les deux voitures se rencontrent (Expliquez votre réponse)



Chute libre

1 - 3

Introduction:

Que se passe-t-il lorsqu'une orange tombe d'un arbre ?

- L'orange se déplace de l'état de repos. Elle atteint une vitesse au cours de sa chute libre sous l'effet de l'attraction terrestre. Une seconde après la chute, sa vitesse, vers le bas, sera de 9,8 m/s et après une autre seconde, elle sera de 19,6 m/s et ainsi de suite...

Remarquer que : la vitesse de l'orange est directement proportionnel un temps.

L'accélération avec laquelle les corps tombent en chute libre (en négligeant la résistance de l'air) est égale à $9,8 \text{ m/s}^2$ environ et elle varie avec la latitude en diminuant à l'équateur et en augmentant légèrement lorsqu'on se dirige vers les deux pôles.

Lois du mouvement vertical des corps :

Le mouvement vertical suit les mêmes lois que le mouvement horizontal à accélération uniforme avec l'utilisation du symbole (g) qui exprime l'accélération avec laquelle les corps tombent en chute libre au lieu du symbole (a). De cette façon les lois prennent la forme suivante :

$$V = v_0 + g t \quad , \quad d = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad , \quad v^2 = v_0^2 + 2gd$$

Où v ; g ; d sont les mesures algébriques des vecteurs vitesse ; accélération ; déplacement.

Pour cela, en appliquant les lois précédentes, il faut prendre en considération v , v_0 , g et d comme suit .

[1] Si le corps tombe ou s'il est lancé vers la surface de la terre

On considère que le sens positif est le sens vertical vers le bas, et par conséquent, v , v_0 , g et d sont positives

Exemple

- 1 Un maçon a fait tomber un morceau de béton d'un haut échafaudage.
 - a Quelle est la vitesse du morceau de béton après la moitié d'une seconde?
 - b Quelle est la distance parcourue par le morceau de béton pendant ce temps?

Allez apprendre

- Lois du mouvement vertical.
- Etude du mouvement des corps tombés ou projetés vers le bas.
- Etude du mouvement des corps projetés vers le haut.

Vocabulaires de base

- Chute libre
- Accélération de l'attraction terrestre.

Aides pédagogiques

- Calculatrice scientifique

Solution

a Énoncé de la loi : $v = v_0 + g t$

Par substitution : $v_0 = 0$, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, $t = \frac{1}{2}$ seconde.

$$v = 0 + 9.8 \times \frac{1}{2} = 4.9 \text{ m/s}$$

b Énoncé de la loi : $d = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$

Par substitution : $v_0 = 0$, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, $t = \frac{1}{2}$ seconde

$$d = 0 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times \frac{1}{4} = 1 \frac{9}{40} \text{ mètres}$$

Essayez de résoudre

1 Une pomme est tombée d'un arbre. Une seconde après, elle heurte le sol.

a Calculez la vitesse de la pomme au moment où elle heurte le sol puis sa vitesse moyenne pendant ce temps.

b Quelle est la hauteur de la pomme à partir du sol au moment où elle commence à tomber?

[II] Si le corps est lancé verticalement vers le haut :



Activité

Un balle est lancée vers le haut à une vitesse initiale de 19.6 m/s . En supposant que la direction verticale vers le haut est le sens positif, la vitesse initiale sera positive alors que l'accélération sera négative. **Pourquoi ?**

➤ Utiliser le logiciel (Geogebra) pour dessiner la relation (vitesse-temps) où : $v = 19.6 - 9.8t$ où $t \in [0 ; 4]$

Que remarquez-vous ?

➤ Utiliser le même logiciel pour dessiner la relation (distance-temps)

où : $d = 19.6 t - 4.9 t^2$, **Que remarquez-vous ?**

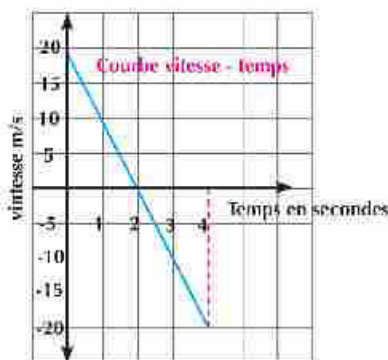
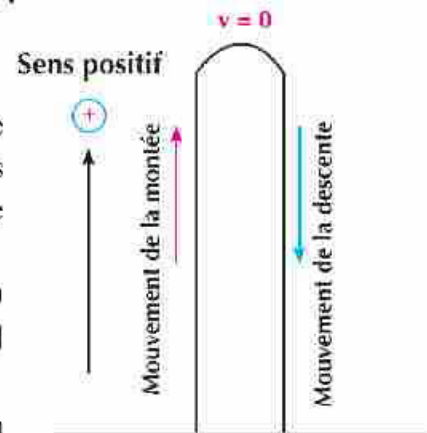


Figure (1)

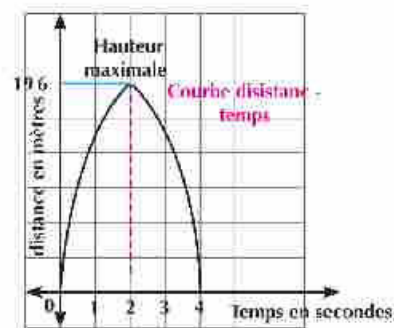


Figure (2)

Du graphique, on remarque que :

- La vitesse du corps est positive pendant la montée et est négative pendant la descente.
Par exemple : lorsque $t \in [0 ; 2[$ on remarque que la vitesse $v > 0$, lorsque $t \in]2 ; 4]$ on a $v < 0$.
- La vitesse du corps à la hauteur maximale est égale à zéro.
- Le temps de la montée est égal au temps de la descente.
- L'intensité de la vitesse du corps à laquelle il revient au point du lancement est égale à la vitesse du lancement mais de signe contraire.
- Le déplacement du corps pendant un intervalle de temps quelconque n'est pas nécessairement égal à la distance que le corps a parcourue pendant cet intervalle.

Remarque



Temps pour atteindre la
hauteur maximale = $\frac{v_0}{g}$

Hauteur maximale = $\frac{v_0^2}{2g}$

Pensé critique :

- 1- Si on lance un corps verticalement vers le haut à une vitesse initiale (v_0) qui atteint sa vitesse finale (v) en un temps (t), trouvez.
 - a le temps que met le corps pour atteindre une hauteur maximale.
 - b la hauteur maximale que le corps atteint.

Exemple

- 2 Un corps est lancé verticalement vers le haut à une vitesse de 49 m/s. Trouvez le temps qu'il met pour arriver à la hauteur maximale et la distance qu'il atteint.

Solution

Soit le sens verticale vers le haut le sens positif, alors :

$$v_0 = 49 \text{ m/s} \quad , \quad g = -9.8 \text{ m/s}^2 \quad , \quad v = 0 \text{ (à la hauteur maximale)}$$

- a Pour trouver le temps pris pour atteindre la hauteur maximale :

$$\because v = v_0 + g t \quad \therefore 0 = 49 - 9.8 t \quad \therefore t = 5 \text{ seconds.}$$

- b Pour trouver la distance parcourue pour atteindre la hauteur maximale:

$$\because v^2 = v_0^2 + 2 g d \quad \therefore 0 = (49)^2 - 2 \times 9.8 \times d \quad \therefore d = 122.5 \text{ mètres}$$

Réfléchissez :

- 1- Pouvez-vous utiliser d'autres lois pour trouver la distance parcourue pour atteindre la hauteur maximale ? Expliquez.

Essayez de résoudre

- 2 Un corps est lancé verticalement vers le haut à une vitesse de 39,2 m/s. Trouvez le temps pour atteindre la hauteur maximale et cette hauteur.

Exemple

- 3 Un corps est lancé verticalement vers le haut à une vitesse de 16 m/s. Trouvez le temps que met le corps pour arriver 330 mètres verticalement au dessous de point de lancement.

Solution

On considère la direction verticale vers le haut comme sens positif $v_0 = 16 \text{ m/s}$ parce qu'il le même sens que celui du lancement.

$g = -9.8$ parce qu'elle a un sens contraire à celui de l'attraction terrestre.

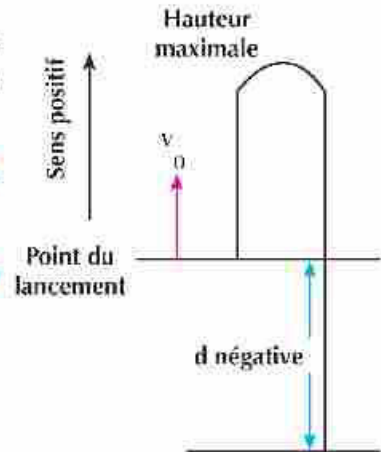
$d = -330$ parce qu'elle est verticalement au dessous du point de lancement.

$$d = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$-330 = 16t - \frac{1}{2} \times 9.8t^2 \quad \text{en simplifiant} \quad 49t^2 - 16t - 330 = 0$$

En factorisant le trinôme : $(t - 10) (49t + 330) = 0$

$$t = 10 \quad , \quad t = -\frac{330}{49} \quad (\text{refusé})$$



Réfléchissez :

1- Avez-vous d'autres solutions ? Expliquez.

Essayez de résoudre

3 Une petite balle a été lancée verticalement, vers le haut, de la fenêtre d'une maison. On observe qu'elle descend devant la fenêtre 3 secondes après le moment du lancement. Ensuite elle arrive au sol 4 secondes après le moment lancement. Trouvez la hauteur de cette fenêtre par rapport au sol.

Exercices (1 - 3)

- 1 Un enfant fait tomber une balle d'une fenêtre de hauteur 3,6 m par rapport au trottoir. Quelle est sa vitesse au moment où elle heurte le trottoir ?
- 2 Un ballon est tombé verticalement vers le bas. Quelle est sa vitesse 6 secondes après le début du mouvement ?
- 3 Un corps est tombé verticalement vers le bas d'une hauteur de 490 m du sol. Trouvez :
 - a Le temps d'arriver au sol.
 - b Sa vitesse après 5 secondes du début du mouvement.
- 4 Une balle en caoutchouc est tombée d'une hauteur de 10 mètres, elle heurte le sol et rebondit verticalement vers le haut pour atteindre de $2\frac{1}{2}$ mètre de hauteur. Calculez la vitesse de la balle juste avant et après qu'elle heurte le sol.
- 5 Un élève s'entraîne à shooter verticalement vers le haut. Le ballon revient après chaque coup pour heurter son pied. Le ballon prend 0,3 seconde du moment où il a été shooté jusqu'au moment où il heurte le pied.
 - a Trouvez la vitesse initiale.
 - b La hauteur atteinte par le ballon après avoir été shooté par l'élève.

- 6 Un corps est lancé, verticalement, vers le haut, du haut d'une colline de hauteur 9,8 mètres, à une vitesse de 4,9 m/s. Trouvez :
 - a la vitesse du corps au moment où il arrive en bas de la colline.
 - b le temps qu'il met pour arriver en bas de la colline.
- 7 Une pierre est jetée, verticalement, vers le bas, dans un puits à une vitesse de 4 m/s. Elle arrive au fond du puits après 2 secondes. Trouvez :
 - a la profondeur du puits.
 - b la vitesse de la pierre au moment où elle heurte le fond du puits.
- 8 D'un point d'une hauteur de 350 m du sol, un corps est lancé, verticalement, vers le haut, à une vitesse de 14 m/s. Trouvez le temps que met le corps pour arriver au sol.
- 9 D'une fenêtre, un ballon a été lancé verticalement vers le haut. Il arrive devant la fenêtre 4 secondes après le lancement, et au sol 5 secondes après le lancement. Trouvez :
 - a la vitesse du lancement du ballon.
 - b la hauteur maximale atteinte par le ballon à partir du point de lancement.
 - c la hauteur de la fenêtre par rapport au sol.
- 10 Du sommet d'une tour de hauteur 80,5 mètres, un corps a été lancé verticalement vers le haut à une vitesse de 8,4 m/s. Trouvez :
 - a la hauteur maximale atteinte par le corps à partir du point de lancement.
 - b le temps pris par le corps pendant sa descente jusqu'à ce que sa vitesse atteigne 11,2 m/s.
 - c le temps pris pour arriver au point du lancement.
 - d le temps pris pour arriver au sol.
- 11 Du haut d'une colline de hauteur 140 m, une balle a été lancée, verticalement, vers le haut. On a trouvé qu'elle a parcouru une distance de 10,5 mètres durant la troisième seconde. Trouvez :
 - a la vitesse de lancement de la balle.
 - b la hauteur maximale atteinte par la balle.
 - c le temps pris par la balle pour arriver au sol.

Réflexion créative :

- 12 Un corps est tombé d'une hauteur de 60 mètres du sol. Au même moment, un autre corps a été lancé du sol, verticalement, vers le haut à une vitesse de 20 m/s. Les deux corps se sont rencontrés après un certain intervalle de temps. Calculez ce temps puis trouvez la distance parcourue par chacun des deux corps pendant cet intervalle de temps.

Lois de mouvement de Newton

Unité 2



Introduction de l'unité

Crédit pour découvrir la Loi de la gravitation générale dans le savant anglais Isaac Newton (1642-1727), qui est l'un des symboles de la révolution scientifique en mécanique moderne, puis vint le savant allemand Johann Kepler (1571-1630) et devant lui, mettre quelques règles mathématiques qui régissent le mouvement des planètes autour du soleil. à l'étude des savants musulmans qui traduite au cours des siècles précédents. fondé le savant italien Galileo Galilée (1564-1643) kinésologie où il a occupé de nombreuses expériences sur la chute d'objets ou levée ainsi que des objets en mouvement horizontalement et avait de nombreuses expériences par le biais de propriétés de tâche Active du mouvement et des épaules de retours crédités déplacement d'objets sur des surfaces horizontales sans résistance de poursuivre leur mouvement à une vitesse constante et croit que Galileo était venu par le biais de sa loi première et deuxième lois de Newton du mouvement. Isaac Newton a apporté la recherche globale dans son livre appelé (Brescia) les principes mathématiques de philosophie de la nature et font de ce livre un des livres plus importants scientifiques paraissant dans l'ère moderne, dans lequel Newton a rédigée les trois lois. la Loi de la Gravitation générale de Newton a expliqué entendait que la force peut être produire d'effet à distance, les objets s'attirent même s'ils ne touchent pas la terre, par exemple s'oppose fermement attirer appelé la force du poids ,

Pour la masse, Notons que la définition statique de la masse ne pas définie la masse des objets en mouvement, mais elle compare les masse selon de la résistance des leurs poids, comme une définition de la masse dynamique peut être donnée en examinant le mouvement des objets et aborder cette étude de l'unité de masse, quantité du mouvement, les lois du mouvement de Newton, et des applications sur ces lois comme le mouvement sur un plan lisse ou rugueux et d'étude du mouvement des poulies simple.,

Après l'étude de l'unité et pratiquer les activités, l'élève doit être capable de:

- ✚ Savoir la notion de la quantité du mouvement et ses unités de mesure – la variation de la quantité du mouvement.
- ✚ Savoir les lois de Newton (première ; deuxième et troisième).
- ✚ Savoir la relation entre l'accélération et la force:
- ✚ Savoir appliquer les lois du mouvement de Newton dans la situation de la vie comme: Un corps dans un ascenseur déplacé avec une accélération uniforme– le mouvement reliant avec des fils.
- ✚ Mouvement d'un corps sur un plan lisse (horizontal – incliné).
- ✚ Mouvement d'un corps sur un plan rugueux (horizontal – incliné)

- # Mouvement de deux corps reliant par un fil. l'un se déplace sur un plan horizontal rugueux et l'autre est vertical.
- # Mouvement de deux corps reliant par un fil.

l'un se déplace sur un plan incliné lisse et l'autre est vertical.

- # Mouvement de deux corps reliant par un fil. l'un se déplace sur un plan incliné rugueux et l'autre est vertical.

Vocabulaire de base

- | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Quantité du mouvement | Principe d'inertie | Dynamomètre |
| Quantité du mouvement linéaire | Force | balance de pression |
| masse | Deuxième loi de Newton | balance |
| Vecteur vitesse | équation de mouvement | Plan incliné |
| Variation de la quantité du mouvement | Poids | Plan lisse |
| Première loi de Newton | Troisième loi de Newton | Plan rugueux |
| Inertie | Pression | Frottement dynamique |
| | Réaction | Frottement statique |
| | Animation d'ascenseur | poule lisse |

Leçons de l'unité

(2 - 1): Quantité du mouvement

(2 - 2): Première loi de Newton

(2 - 3): Deuxième loi de Newton

(2 - 4): Troisième loi de Newton

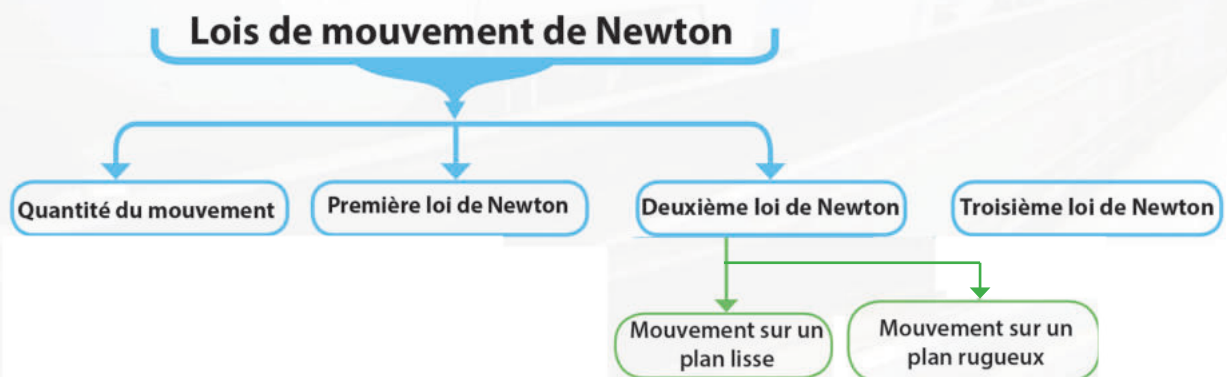
Mouvement d'un corps sur un plan incliné

Mouvement d'un corps sur un plan rugueux

Aide pédagogique

- Calculatrice scientifique
- Logiciel graphisme

Organigramme de l'unité



Unité 2 2 - 1

Quantité du mouvement

A apprendre

- ↗ Concept de quantité de mouvement
- ↗ Unités de mesure de quantité de mouvement
- ↗ Variation de quantité de mouvement.

Vocabulaire de bas

- ↗ Quantité de mouvement
- ↗ Quantité de mouvement linéaire
- ↗ Masse
- ↗ Vecteur vitesse
- ↗ Variation de quantité de mouvement

Aide pédagogique

- ↗ Calculatrice scientifique.



Réfléchissez et discutez

- 1 Quelle est l'action de poser une grande pierre sur le plafond d'une maison? Quelle est l'action de tirer une balle de fusé sur ce plafond?
- 2 Quelle est l'action de poser un grain de sable sur vos mains? Quelle est l'action de ce grain dans un coup de vent sur une voiture qui se déplace par une grande vitesse contre le coup de vent?

Remarquez – vous de ces exemples que:

- 1 - Quand on tire la balle du fusé malgré sa petite masse sur le plafond de la maison, elle va enfoncer dans le plafond une distance car la vitesse de la balle est plus grande que la vitesse de la pierre.
- 2 - Le grain de sable malgré sa petite masse, il peut faire des scratches à pare-brise de la voiture, car il aura une quantité de mouvement par rapport à la voiture. Le vecteur de la quantité de mouvement devient assez grand à cause de la grande vitesse relative.



Apprendre

Quantité du mouvement

La quantité de mouvement d'un corps mobile est une quantité vectorielle a le même sens que le corps et sa norme pendant un instant quelconque vaut le produit de la masse du corps par sa vitesse en ce moment et le vecteur de la quantité de mouvement est noté $\vec{p}$.

$$\vec{p} = m \vec{v}$$

Dans le cas du mouvement rectiligne $\vec{p}$; $\vec{v}$ sont parallèles à la droite du mouvement. On peut représenter chacun des $\vec{p}$ et $\vec{v}$ par les mesures algébriques:

$$P = m V$$

Où P ; V sont les mesures algébriques des vecteurs de la quantité de mouvement et de la vitesse respectivement.

Unités de mesure de la quantité de mouvement

L'unité de la norme de la quantité de mouvement =

L'unité de la masse $\times$ l'unité de la vitesse

Dans le système international des unités, la norme de la quantité du mouvement est mesurée en $\text{kg} \cdot \text{m/s}$
C.-à-d.: $P (\text{kg} \cdot \text{m/s}) = m(\text{kg}) \times V(\text{m/s})$.

Remarquez-vous que: P est proportionnelle à V quand la masse est constante et la relation entre eux est linéaire. En ce moment la quantité du mouvement est appelée quantité du mouvement linéaire.



Exemple Définition de la quantité du mouvement

- 1 Calculez la quantité du mouvement d'une bicyclette de masse 35 kg qui meut par une vitesse constante de 12 m/s vers l'Est.



Solution

$$\because P = mv \quad \therefore P = 35 \times 12 = 420 \text{ kg} \cdot \text{m/sec}$$

La quantité du mouvement de la bicyclette = 420 $\text{kg} \cdot \text{m/sec}$ vers l'Est.



Figure (1)



Essayez de Résoudre

- 1 Calculez la quantité du mouvement d'un train de masse 40 tonnes se déplace dans la direction du Nord avec une vitesse de 72 km/h.
- 2 Calculez la quantité du mouvement d'une voiture de masse 800 kg qui se déplace vers le Sud-ouest avec une vitesse de 126 km/h.

La variation de la quantité du mouvement

Si le vecteur de la vitesse d'un corps mobil en deux instants consécutifs t_1 et t_2 sont $\vec{v}_1$ et $\vec{v}_2$ respectivement, alors la variation de la quantité du mouvement est définie par la relation:

$$\Delta \vec{P} = m \Delta \vec{V}$$

Où m est la masse du corps mobil, $\Delta \vec{V}$ la variation de la vitesse

$\therefore$ La variation de la quantité du mouvement $\Delta P = m (\vec{v}_2 - \vec{v}_1)$



Exemple

la variation de la quantité du mouvement

- ③ Une balle de masse 200 g est lâchée d'une hauteur de 90 cm sur un sol horizontal et elle rebondit à une hauteur de 40 cm. Calculez en kg. m/s la norme de la variation de la quantité du mouvement.

Solution

Soit $\vec{e}$ un vecteur unitaire dans le sens du mouvement vers le bas

L'étude du mouvement de la balle vers le bas.

$$\therefore v^2 = V_o^2 + 2 g S$$

$$\therefore V_1^2 = 0 + 2 \times 980 \times 90$$

$$v_1 = 420 \text{ cm / sec}$$

$$\therefore \vec{v}_1 = 420 \vec{e}$$

L'étude du mouvement de la balle vers le haut.

$$\therefore v^2 = V^2 + 2 g d$$

$$\therefore 0 = V_2^2 - 2 \times 980 \times 40$$

$$v_2 = 280 \text{ cm / sec}$$

$$\therefore \vec{v}_2 = -280 \vec{e}$$

La variation de la quantité du mouvement $\Delta \vec{P} = m(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)$

$$= \frac{200}{1000} (-2.8 - 4.2) \vec{e} = -1.4 \vec{e}$$

$\therefore$ **La norme de la variation de la quantité du mouvement** = 1.4 kg. m/sec

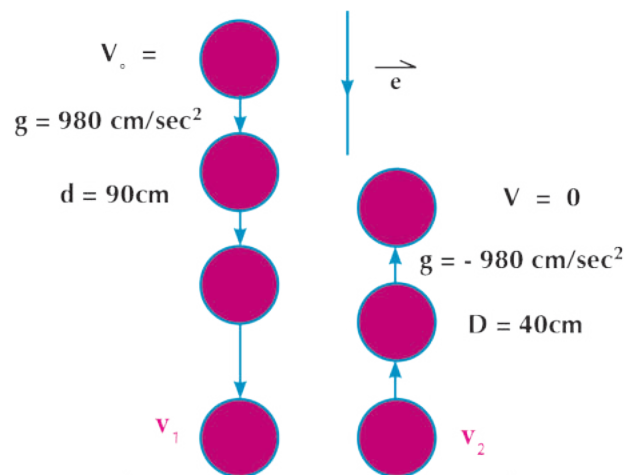


Figure (3)

Essayez de Résoudre

- ④ Un pierre de masse 800 g est lâché du repos après deux secondes, il heurte la surface d'un lac. Il enfonce dans l'eau et parcourt 12 m pendant 3 s. déterminez la variation de la quantité du mouvement à cause du choc par la surface de l'eau.



Exercices 2 - 1



Choisissez la bonne réponse parmi les réponses proposées :

- ① la quantité du mouvement d'une balle de fusé de masse 100 g qui se déplace avec une vitesse de 240 m/s, est :

a 24×10^{-3} g. m/sec	b 24kg. m/sec
c 24×10^3 g. m/sec	d 24×10^3 kg. m/sec
- ② La quantité du mouvement d'une voiture de masse 2 tonnes qui se déplace en ligne droite avec une vitesse de 54 km/h, est:

a 108 tons. m/sec	b 3000kg. m/sec
c 30000 kg. m/sec	d 108000 kg. m/sec
- ③ Un corps de 500 g de masse est lâché d'une hauteur de 4,9 m du sol. La quantité du mouvement du corps quand il arrive au sol est égale à :

a 2.45 kg. m/sec	b 4.9kg. m/sec
c 2450 kg. m/sec	d 4900 kg. m/sec
- ④ Un obus de masse 1 kg lancé avec une vitesse de 720 km/h vers un char de masse 50 tonnes déplacé vers le canon avec une vitesse de 20 m/s. alors :

(1) la norme de la quantité du mouvement d'obus par rapport au char est :

a 200 kg. m/sec	b 220 kg. m/sec
c 10^7 kg. m/sec	d 1.1×10^7 kg. m/sec

(2) la norme de la quantité du mouvement du char par rapport à l'obus est :

a 200 kg. m/sec	b 220 kg. m/sec
c 10^7 kg. m/sec	d 1.1×10^7 kg. m/sec

Répondez aux questions suivantes:

- ⑤ Une balle de masse 200g se déplace horizontalement avec une vitesse constante de 40 m/s. Elle heurte un mur vertical. Si la norme de la variation du mouvement à cause du choc est 12 kg. m/s, calculez la vitesse de rebond de la balle.

Lois de mouvement de Newton

- 6 Un corps de masse 90 g tombé verticalement et après 3 secondes il heurte une surface d'un liquide visqueux. Il y enfonce avec une vitesse uniforme. Il parcourt 2,2 m en demi-seconde. Déterminez la variation de la quantité du mouvement à cause du choc.
- 7 Un corps en caoutchouc de masse 100 g se déplace horizontalement avec une vitesse de 120 cm/s. Il heurte un mur vertical et rebondit dans un sens perpendiculairement au mur après perdre le deux tiers de sa vitesse. Déterminez la variation de la quantité du mouvement du corps en caoutchouc à cause du choc.
- 8 D'un point au dessous du plafond d'une chambre d'une distance 240 cm, une balle est lancée de masse 40 g avec une vitesse 980 cm/s verticalement vers le haut. Elle heurte le plafond. Alors la variation de la quantité du mouvement est 0,4 kg. m/s. Déterminez la vitesse du rebondissement de la balle.
- 9 Une balle en caoutchouc de masse $\frac{1}{2}$ kg est tombée d'une hauteur de 8,1 m d'un sol horizontal. Elle rebondit verticalement à une hauteur de 3,6 m après qu'elle heurte le sol. Calculez la variation de la quantité du mouvement de la balle à cause du choc au sol.
- 10 Un wagon de chemin de fer de masse 15 tonnes se meut horizontalement avec une vitesse de 40 m/s. Il heurte la barrière à la fin du chemin et il rebondit à la vitesse de 30 m/s. Déterminez la variation de la quantité du mouvement.

Unité 2

2 - 2

Première loi de Newton

Allez apprendre

- Première loi de Newton
- Concept d'Inertie

Vocabulaire de bas

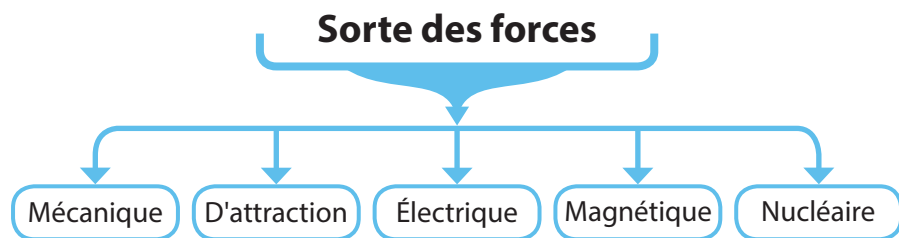
- Première loi de Newton
- Inertie
- Concept d'Inertie
- La force

Aide pédagogique

- Calculatrice scientifique.
- Logiciel graphisme

Introduction :

Dans la vie, on rencontre plusieurs sortes de la force qui agissent aux différents corps mobil et changent leurs vitesses par exemple: un homme pousse une charrette ou la tire ou la force agit sur des corps en repos et les laisse en repos comme un livre sur bureau ou une photo suspendue sur un mur. L'effet d'une force peut être direct comme: le tirage d'une souplesse ou pousser d'une charrette. L'effet d'une force peut être de loin comme l'attraction ou la répulsion des pôles de l'aimant. La particule qui est en repos, est en équilibre quand la résultante des forces agissant sur lui est nulle. Il existe de plusieurs sortes des force dans la naturelle et elles sont mécanique, d'attraction, électrique, magnétique ou nucléaire. On étudiera dans cette unité la première et la deuxième, sortes seulement.



Pour étudier la force mécanique, on commence d'étudier les lois de Newton du mouvement

Première loi de Newton

Newton a représenté à partir de cette loi ce qui passe d'un corps quand les forces agissant sur lui soit nulle.

Chaque corps garde son état de repos ou de mouvement uniforme rectiligne à moins d'être soumis à un influent extérieur qui change sons état.

On remarque de la première loi de Newton ce qui suit:

- (1) Le corps en repos reste en repos à moins d'être soumis à une force qui le fait déplacer. Le corps mobil en mouvement uniforme reste mobil avec la même vitesse à moins d'être soumis à une force qui change son mouvement.
- (2) La force dans la loi signifie que la résultante des forces agissant sur le corps. La force est mesurée par l'unité de Newton en son honneur.
- (3) La loi concerne l'état du repos et de mouvement uniforme rectiligne sont équivalent. Chacun de deux états représente l'étant du corps quand la résultante des forces agissant sur le corps est nulle.

- (4) La loi concerne l'état du repos et de mouvement uniforme rectiligne (c.-à-d. dans son état normal) ne peut pas changer son état mais il faut qu'une force agisse sur lui pour changer son état. Pour cela la première loi de Newton est appelée la loi d'inertie.

Inertie

De la première loi de Newton, on déduit que les corps tendent à garder son état de repos ou de mouvement uniforme rectiligne. Ce défaut de changer est appelé l'inertie.

Principe d'inertie

Chaque corps est mineur ou incapable à changer son état du repos et de mouvement uniforme rectiligne.



Activité

Relation entre la masse et l'inertie

- 1 L'activité suivante montre que la masse est la mesure de l'inertie.
- 2 Amenez deux balles, d'une est une balle de golf du poids 500 gp et l'autre de bowling de poids 5 kgp
- 3 La quelle de deux balles qui a besoin de plus de force pour bouger?
- 4 Sans doute, la balle de bowling qui a besoin de plus de force que la force qui a besoin la balle de golf pour commencer le mouvement.
- 5 Cela parce que la balle de bowling tends à garder son état de repos, c.- à – d. l'inertie est assez grand à cause de sa grande masse qui est à peu près dix fois de la masse de la balle de golf.



figure (5)

Force

La première loi de Newton définit la force qu'elle l'effet qui change ou essaye à changer l'état du corps de repos ou de mouvement uniforme rectiligne.



Exemple

(Corps en repos)

- 1 La figure ci – contre représente un corps en repos sous l'effet d'un ensemble des forces. Déterminez F_1 et F_2 .



Solution

- $\therefore$ Le corps est en repos
 $\therefore$ Les forces verticales sont en équilibres
 $\therefore F_2 + 40 = 70$
 $\therefore F_2 = 30 \text{ N}$
 $\therefore$ Les forces horizontales sont en équilibres
 $\therefore F_1 = 20 + F_2$
 $\therefore F_1 = 50 \text{ N}$

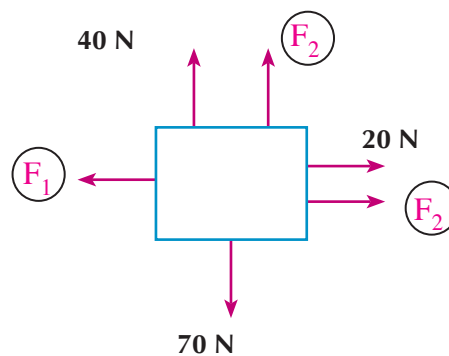
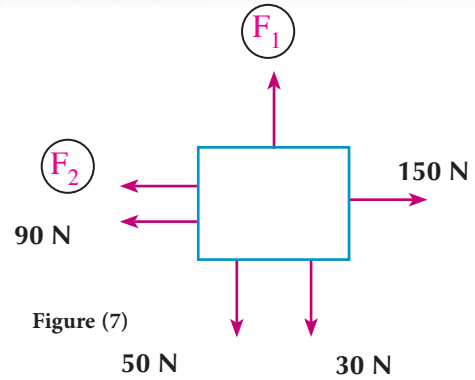


figure (6)

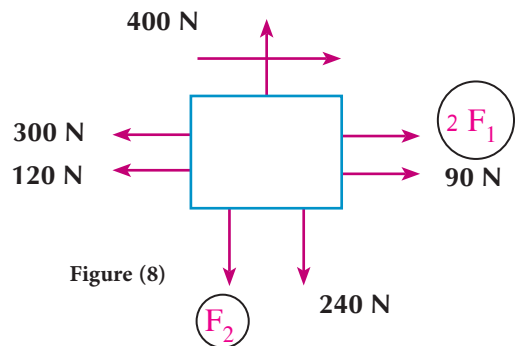
Lois de mouvement de Newton

Essayez de Résoudre

- 1 La figure ci – contre représente un corps en repos sous l'effet d'un ensemble des forces. Déterminez F_1 et F_2 .

**Exemple** (le corps est dans le cas de se mouvoir)

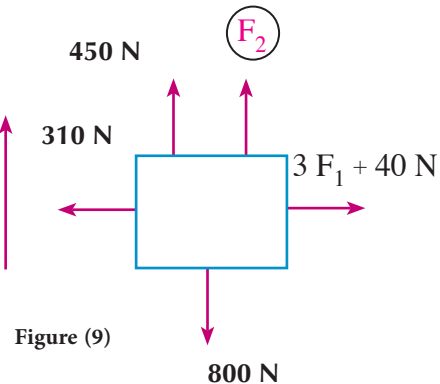
- 2 La figure ci – contre représente un corps qui se déplace horizontalement dans le sens indiqué avec une vitesse uniforme de 8 m/s. Déterminez F_1 et F_2 .

**Solution**

- ∴ Le corps se déplace avec une vitesse uniforme
- ∴ Les forces horizontales sont en équilibres
- ∴ $2F_1 + 90 = 300 + 120$
- ∴ $F_1 = 165 \text{ N}$
- ∴ Les forces verticales sont en équilibres
- ∴ $240 + F_2 = 400$
- ∴ $F_2 = 160 \text{ N}$

Essayez de Résoudre

- 2 La figure ci – contre représente un corps qui se déplace verticalement vers le haut avec une vitesse uniforme de 8 m/s, sous l'effet d'un ensemble des forces. Déterminez F_1 et F_2 .

**Exemple**

- 3 Un train de 200 tonnes de masse se déplace sous l'effet d'une résistance proportionnelle au carré de sa vitesse. Si la résistance est 9,6 kgp pour chaque tonne de la masse du train quand la vitesse du train Est 72 km/h. Déterminez la vitesse maximale du train sachant que la locomotive le tire par une force constante de 4,32 tonne. p.

Solution

- Posons que la résistance = r_1 quand la vitesse du train est v_1 .
 La résistance = r_2 quand la vitesse du train est v_2 .
 ∴ La résistance est proportionnelle au carré de la vitesse.

Hypothèses

$$\begin{aligned} r_1 &= 9,6 \times 200 \\ &= 1920 \text{ sec kg} \\ v_1 &= 72 \text{ km / h} \end{aligned}$$



Figure (10)

$$\therefore \frac{r_1}{r_2} = \frac{V_1^2}{V_2^2}$$

La résistance est proportionnelle au carré de la vitesse.

Si v_2 est la vitesse maximale du train alors $r_2 = 4,32$ tonne. P $\therefore r_2 = 4320$ kgp

$$\therefore \frac{r_1}{r_2} = \frac{V_1^2}{V_2^2} \quad \frac{1920}{4320} = \frac{72 \times 72}{V_2^2} \quad \therefore v_2 = 108 \text{ km/h.}$$

Essayez de Résoudre

- ③ Un train de 240 de masse, une locomotive le tire par une force constante de 12 tonne. p. Si la résistance du mouvement du train est proportionnelle au carré de sa vitesse et la résistance est 8 kgp pour chaque tonne de la masse quand la vitesse du train est 45 km/h. Déterminez la vitesse maximale du train.

Exemple

- ④ Un parachutiste chute verticalement avec parapluie ouvert. Si le poids du parachutiste et ses outils est 90 kgp. la résistance du vent est proportionnelle au carré de sa vitesse. La vitesse maximale du parachutiste est 15 km/h. Déterminez la résistance du vent contre le parachutiste quand sa vitesse est 10 km/h.

Solution

Le parachutiste atteint sa vitesse maximale quand la résistance est égale au poids du parachutiste et ses outils.

Si r_1 est la résistance du vent quand la vitesse du parachutiste est v_1

$\therefore r_1 = 90$ kgp **quand** $v_1 = 15$ km/h

Si r_2 est la résistance du vent quand la vitesse du parachutiste est v_2

$\therefore r_2 = ?$ **quand** $v_2 = 10$ km/h

$\therefore$ La résistance est proportionnelle au carré de la vitesse

$$\therefore \frac{r_1}{r_2} = \frac{V_1^2}{V_2^2} \quad \therefore \frac{90}{r_2} = \frac{15 \times 15}{10 \times 10}, \quad r_2 = 40 \text{ kgp}$$

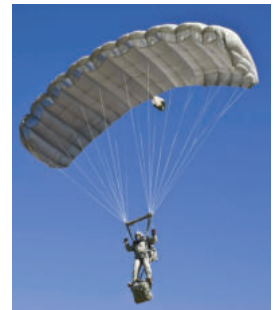


Figure (11)

Essayez de Résoudre

- ④ Un homme est attaché par un parapluie de survie et il chute avec le parapluie verticalement. Si la résistance du vent est directement proportionnelle au carré de sa vitesse et la résistance est $\frac{4}{9}$ du poids de l'homme et ses outils quand sa vitesse est 12 km/h. Déterminez la vitesse maximale du chute de l'homme.

Lois de mouvement de Newton



Exercices 2 - 2



Choisissez la bonne réponse parmi les réponses proposées:

- 1 Une voiture de 4 tonnes de masse se déplace sur une route horizontale par une vitesse uniforme. Si la force du moteur est 120 kgp, alors la résistance pour chaque tonne de la masse :
 - a 4 sec tons
 - b 30 kg.p
 - c 120 kg
 - d 480 kg.p
- 2 Si un corps du poids 20 kgp descend avec une vitesse uniforme sur un plan incliné de 30° , à l'horizontal, alors la résistance du plan en kgp:
 - a Zero
 - b 10
 - c $10\sqrt{3}$
 - d 20
- 3 Un parachutiste chute verticalement. La résistance du vent est proportionnelle au carré de la vitesse et la vitesse est v_1 quand la résistance est $\frac{9}{25}$ de son poids, v_2 est sa vitesse maximale alors v_1 e₀ $v_2 =$
 - a 9: 25
 - b 25: 9
 - c 3: 5
 - d 5: 3

Répondez aux questions suivantes:

- 4 Dans chacun de situations suivantes le corps est en repos sous l'effet d'un ensemble des forces:

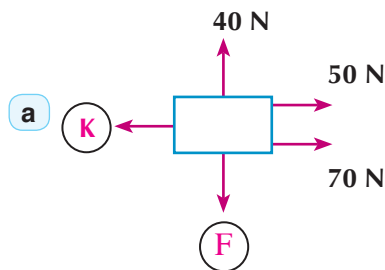


Figure (13)

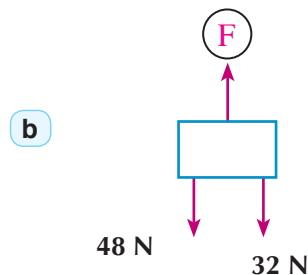


Figure (12)

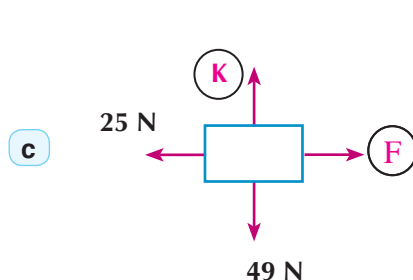


Figure (15)

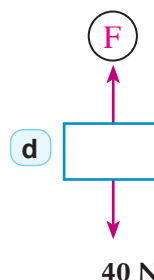


Figure (14)

Déterminez la force inconnue dans chaque cas

- 5 Dans chacun de situations suivantes le corps se déplace avec une vitesse uniforme V sous l'effet d'un ensemble des forces.

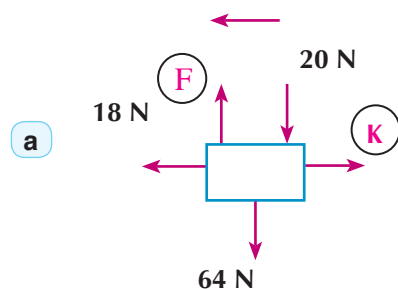


Figure (17)

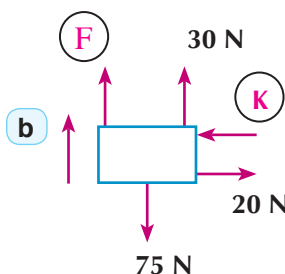


Figure (16)

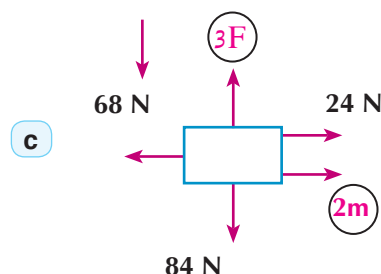


Figure (19)

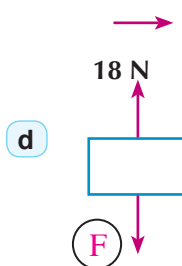


Figure (18)

Déterminez la force inconnue dans chaque cas

- 6 Une voiture de 8 tonnes de masse se déplace avec une vitesse uniforme sous l'effet d'une résistance constante de 6 kgp pour chaque tonne de la masse de la voiture. Quelle est la force du moteur de la voiture?
- 7 Un train de 240 tonnes de masse se déplace par une vitesse uniforme. La force du moteur de la locomotive est 4 tonne. P. Déterminez la résistance de chaque tonne de la masse du train.
- 8 Une voiture de masse 3 tonnes se déplace sous l'effet d'une résistance proportionnelle à la vitesse de la voiture. Si la résistance est 8 kgp de chaque tonne de la masse de la voiture quand sa vitesse est 36 km/h. Déterminez la vitesse maximale de la voiture Si la force du moteur de la voiture est 120 kgp.

- 9 Un train de 200 tonnes de masse se déplace sous l'effet d'une résistance proportionnelle au carré de la vitesse. Si la résistance est 8 kgp de chaque tonne de la masse du train quand sa vitesse est 70 km/h. Déterminez la vitesse maximale du train Si la locomotive le tire par une force constante de 6,4 tonne. p.
- 10 Un train de 300 tonnes de masse, une locomotive le tire par une force constante de 810 kgp sous l'effet d'une résistance proportionnelle au carré de la vitesse. Si la vitesse maximale du train est 30 m/s, déterminez le taux de la résistance de chaque tonne de la masse du train quand la vitesse du train est 90 km/h.
- 11 Le poids d'un parachutiste et ses outils est 80 kgp. La résistance du vent contre son mouvoir est proportionnelle au carré de sa vitesse. Si la résistance est 45 kgp quand la vitesse du parachutiste est 4,5 km/h, déterminez la vitesse maximale atteinte par le parachutiste pendant la chute.
- 12 Le poids d'un parachutiste et ses outils est 90 kgp. La résistance du vent est proportionnelle au carré de sa vitesse. Si la vitesse maximale pendant la chute est 12 km/h. Déterminez La résistance du vent quand sa vitesse 8 km/h.

Deuxième loi de Newton



Réfléchissez et discutez

On sait de la première loi de Newton que la résultante de forces qui agissent sur un corps se meut avec une vitesse uniforme est nulle. Tandis que si la résultante de forces n'est égale pas à zéro, alors le corps se meut par une accélération.

- Est-ce que il y a une relation entre l'intensité de la résultante et l'accélération du mouvement?
- vous pouvez déduire cette relation ?



Apprendre

1- Deuxième loi de Newton

Le taux de variation par rapport au temps de la quantité de mouvement d'un corps est proportionnel à la force qui a provoqué cette variation et de même sens que cette force

$$\frac{d}{dt} (m \vec{v}) \propto \vec{F} \quad \text{c'est à dire que} \quad \frac{d}{dt} (m \vec{v}) = C \vec{F}$$

(où c est le coefficient de proportionnalité)

Si la masse est constante durant le mouvement, alors:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = C \vec{F} \quad (\text{où } c \text{ est La constante de proportionnalité})$$

$$\text{Donc } m \vec{a} = C \vec{F}$$

Si on définit l'unité de la force comme étant l'intensité de la force qui appliquée à une masse de 1 kg, lui imprime une accélération de 1 m/s²,

De l'équation précédente on obtient :

$$1 = C \times 1 \times 1 \quad \therefore C = 1$$

L'équation prend alors la forme suivante $m \vec{a} = \vec{F}$

Cette équation est appelée **l'équation du mouvement d'un corps de masse constante**, qui est l'équation fondamentale de la dynamique

Qu'on peut l'appliquer sur tous les corps de masse constante qui se meut, considérons qu'ils sont des points matériels.

De l'équation du mouvement on trouve que $\vec{F}$ et $\vec{a}$ ont même sens, si $\vec{a}$ est mesuré d'un sens $\vec{F}$ doit être mesuré dans le même sens, donc la formule convenable est :

$$m \vec{a} = \vec{F}$$

Allez apprendre

- Deuxième loi de Newton
- Unités de la force
- Le poids et la masse

Vocabulaire de bas

- Deuxième loi de Newton
- équation du mouvement
- La force
- La masse
- Le poids

Aide pédagogique

- Calculatrice scientifique

Lois de mouvement de Newton

Si a et F sont les mesurent algébriques de $\vec{a}$ et $\vec{F}$ respectivement alors : l'équation du mouvement d'un corps de masse constante s'écrit :

$$m a = F$$

Où m la masse du corps , a est l'accélération mouvement; F exprime l'intensité de la résultante des forces qui agissent sur le corps. C'est-à-dire :

$$m a = \Sigma F$$

Unités de la force et de la masse

Quand on déduit l'équation du mouvement d'un corps, on a choisies des unités précises de chacune de la force ; la masse et l'accélération, pour que la constante de la proportionnalité soit égale à un, l'équation du mouvement devient alors ; $m a = F$. Donc quand on utilise l'équation du mouvement, on utilise les unités de la force comme Newton et Dyne.

$$m \times a = F$$

$$1\text{kg} \times 1\text{ m/ sec}^2 = 1\text{ Newton}$$

$$1\text{gm} \times 1\text{cm/ sec}^2 = 1\text{ dyne}$$

Rappel



$$1\text{ kg.p} = 9.8\text{ Newton}$$

$$1\text{ kg.p} = 980\text{ dyne}$$

Le poids et la masse

le poids du corps est la force qui attire le corps vers le bas, c'est la force de la pesanteur. Si on a un corps de masse 1 kg, alors son poids d'après l'équation du mouvement est égale à 1 kgp.

$$\therefore m a = F \quad \therefore 1 \times 9,8 = F \quad F = 9,8\text{ newton} = 1\text{ kg.p}$$

Exemple

- 1 Une force de 10 Newton agit sur un corps de masse 8 kg en repos, elle le déplace dans sa sens à une accélération uniforme. Calculez la distance parcourue après 12 sec ; ainsi que sa vitesse à ce moment.

Solution

$$F = 10 \text{ Newton} \quad v_0 = 0$$

$$m = 8 \text{ kg} \quad t = 12 \text{ sec}$$

Équation du mouvement du corps

$$m a = F \quad \therefore 8 a = 10$$

$$a = \frac{5}{4} \text{ m/sec}$$

$$\therefore V = v_0 + a t \quad \therefore V = 0 + \frac{5}{4} \times 12 = 15 \text{ m/sec}$$

$$\therefore d = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad \therefore d = 0 + \frac{1}{2} \times \frac{5}{4} \times 144 = 90 \text{ m}$$

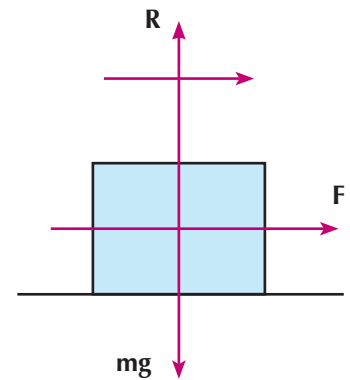


Figure (20)

Essayez de résoudre

- 1 Si le dernier wagon d'un train est séparé dont la masse est 24,5 ton quand sa vitesse été 54 km/h, il se meut avec une décélération constante et il s'arrête après 125 m. Trouvez l'intensité de la résistance qui agit sur le wagon séparé en kg.p.



Figure (21)

Exemple

- 2 Un corps de masse 3 kg est tombé d'une hauteur de 10 m du sol sableuse et y pénètre à une profondeur de 5 cm. Calculez la résistance du sable, sachant que le corps se meut dans le sable avec une accélération uniforme.

Solution

L'étape Chute libre

$$V^2 = V_0^2 + 2 g S$$

$$V^2 = 0 + 2 \times 9.8 \times 10$$

$$V = 14 \text{ m/sec}$$

L'étape de pénétration dans le sable

$$V^2 = v_0^2 + 2 a D$$

$$0 = (14)^2 + 2 a \times 0.05$$

$$a = -1960 \text{ m/sec}^2$$

Équation de mouvement

$$m a = m g - r$$

$$3 \times -1960 = 3 \times 9.8 - r$$

$$\therefore r = 3 \times 9.8 + 3 \times 1960$$

$$r = 5909.4 \text{ newton}$$

$$r = 603 \text{ kg.P}$$

Lois de mouvement de Newton

 Essayez de résoudre

- ② Une boîte de masse 100 kg. Soulever vers le haut à l'aide d'une corde avec une accélération uniforme de 25 cm/s^2 . Trouvez la force de tension dans la corde, en négligeant la force de résistance.

 Exemple

- ③ Un train de masse 220 t, se meut sur une route horizontale avec une vitesse uniforme de $29,4 \text{ m/s}$. Si le dernier wagon d'un train de masse est 24 tons est séparé, il se meut avec une décélération constante et il s'arrête après une minute de moment de la séparation. Trouvez:

- a) l'intensité de la résistance pour chaque tonne de la masse du train sachant qu'il est constante.
- b) La force motrice.
- c) La distance entre la partie restant du train et le wagon séparé au moment où il s'arrête, sachant que la partie restant du train se meut avec une accélération uniforme.



Figure (23)

 Solution

a) Le mouvement du wagon séparé d'équations du mouvement rectiligne:

$V = V_0 + a t$	$m = 24 \text{ ton}$	$V_0 = 29.4 \text{ m/sec}$
$0 = 29.4 + 60 a$	$V = 0$	$t = 60 \text{ sec}$
$\therefore a = -0.49 \text{ m/sec}^2$		

De l'équation de mouvement du wagon séparé

$ma = -r$	$24 \times 1000 \times -0.49 = -r$
$r = 11760 \text{ newton.}$	$\therefore r = 1200 \text{ kg.p}$
$r = 50 \text{ kg.p /ton}$	

La distance parcourue après une minute par le wagon séparé

$$\begin{aligned}
 D &= V_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \\
 &= 29.4 \times 60 - \frac{1}{2} \times 0.49 \times (60)^2 \\
 D &= 882 \text{ meters}
 \end{aligned}$$

b) Le mouvement du train avant la séparation

$\therefore$ Le train se meut avec une vitesse uniforme avant la séparation $\therefore$ La force motrice = résistance totale $\therefore F = 50 \times 220 = 11000 \text{ kg.p}$	$m = 220 \text{ t}$ La résistance / t = 50 kg.p
---	--

c) Le mouvement de la partie restant du train après la séparation du dernier wagon:

Equation du mouvement

$$m a = F - r$$

$$196 \times 1000 a = (11000 - 50 \times 196) \times 9,8$$

$$a = \frac{3}{50} \text{ m/sec}^2$$

$$m = 196 \text{ ton}$$

$$F = 11000 \text{ kg.p}$$

$$\text{Resistance/ton} = 50 \text{ kg.p}$$

Des lois d'accélération

$$d = V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$= 29.4 \times 60 + \frac{1}{2} \times \frac{3}{50} \times (60)^2$$

$$d = 1872 \text{ meters}$$

La distance entre la partie restant du train et le wagon séparé au moment où il s'arrête

$$= 1872 - 882$$

$$= 990 \text{ meters}$$

Pensé critique : Tracez une courbe qui représente la distance entre la partie restant du train et le wagon séparé au moment où il s'arrête. Puis à l'aide de la courbe trouvez :

- a) Quand la distance égale à 110 m?
- b) La distance 40 sec après la séparation du dernier wagon.

Essayez de résoudre

- 3 Un aérostat de masse 105 kg, se meut verticalement vers le bas avec une accélération uniforme de 98 cm/s^2 . Trouvez l'intensité de la force de levage de l'air qui agit sur l'aérostat en kg.p, si un corps de masse 35 kg, tombe d'aérostat quand sa vitesse est 490 cm/s , Trouvez la distance entre l'aérostat et le corps séparé $\frac{20}{7}$ sec après le moment de séparation.



Figure (24)

Lois de mouvement de Newton



Exercices 2-3



Choisissez la bonne réponse parmi les réponses proposées :

- ① Le poids d'un corps de masse 5 kg, est :
 (a) $\frac{25}{49}$ Newton (b) 5 Newton (c) 49 Newton (d) 49 kg.p

- ② Un corps de masse 8 kg, se meut verticalement vers le haut avec une accélération constante (a) sous l'effet d'une force de même sens du mouvement d'intensité 12 kg.p, alors (a) en m/s^2 :

- (a) $\frac{1}{2}$ (b) $\frac{3}{2}$ (c) 4,9 (d) 14,7

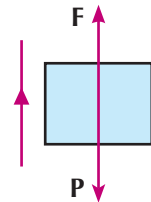


Figure (26)

- ③ Une balle de fusil de masse 7 g est tirée à la vitesse de 254 m/s sur un obstacle fixe, elle y pénètre 12,25 cm avant de s'arrêter. Calculez la résistance de l'obstacle au mouvement de la balle, sachant qu'elle est décélérée.

- (a) 17.15 Newton (b) 175 Newton (c) 175 kg.p (d) 1715 kg.p

- ④ Dans chacune de cas suivante, la force F agit sur le corps de masse m kg, qui lui acquise une accélération uniforme, indiquer sur la figure. Trouvez F

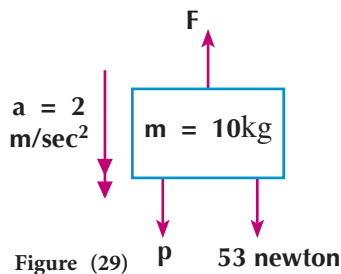


Figure (29)

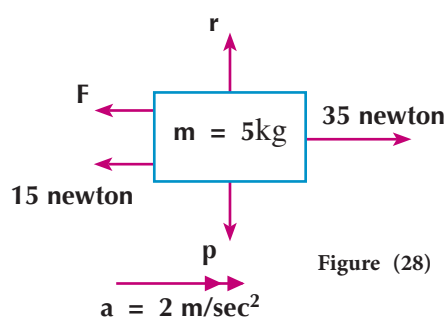


Figure (28)

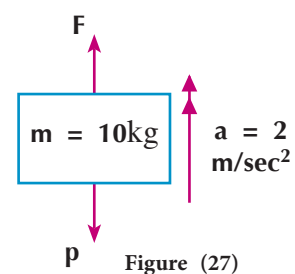


Figure (27)

- ⑤ Dans chacune de cas suivante, la force F agit sur le corps de masse m kg, qui lui acquise une accélération uniforme, indiquer sur la figure. Trouvez (m)

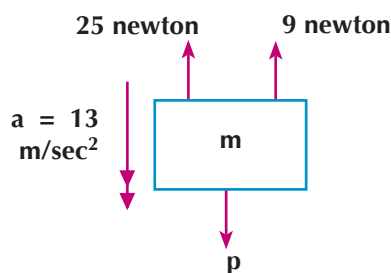


Figure (32)

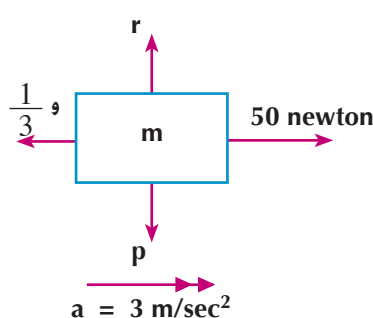


Figure (31)

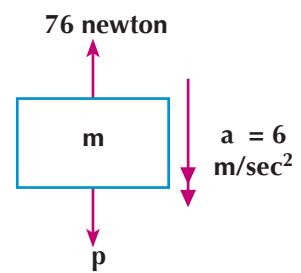


Figure (30)

- 6 Dans chacune de cas suivante, la force F agit sur le corps de masse m kg, qui lui acquise une accélération uniforme, indiquer sur la figure. Trouvez (a)

16 newton 24 newton

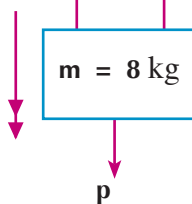


Figure (35)

60 newton

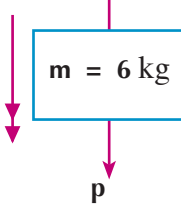


Figure (34)

$a = 3 \text{ m/sec}^2$

72 newton

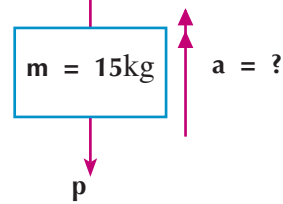


Figure (33)

- 7 Un corps de masse 150g, une force de 4500 dyne agit sur le corps, trouvez l'accélération.
- 8 Une force horizontale F est appliquée à un corps de masse 20 kg posé sur un plan horizontale lisse. Le corps se meut avec une accélération constante de 49 m/s^2 . Trouvez F .
- 9 Une voiture en repose de masse 4,9 ton, une force est appliquée sur la voiture, sa vitesse est devenu 27 km /h durant une minute. Trouvez la force en kg.p.
- 10 Si la force du moteur d'une locomotive est égale à 2,5 t.p, et la masse du train et de la locomotive est 200 t.si le train se meut du repos trouvez sa vitesse après demi minute.
- 11 Trouvez la force de résistance du frein de mouvement d'un train en kg.p par ton de sa masse si sa vitesse 72 km /h ; il s'arrête par les freins après qu'il parcourt une distance 250 m, trouvez le temps nécessaire pour s'arrêter.
- 12 Un homme a poussé une voiture en repose de masse 980 kg, avec une force constante, sa vitesse est devenu 45 cm / s, après 5 second. Trouvez en kg.p cette force, si la résistance est de 50 kg.p.
- 13 Une locomotive tir un train, leurs masse est de 245 t, en repos sa vitesse est augmenter à 18 km /h après avoir parcourir une distance de un kilomètre sur une route horizontale, si la résistance est égale à 4 kg.p / t. Trouvez la force horizontale du moteur de la locomotive.
- 14 Une force horizontale constante d'intensité 1 k.t.p est appliquée sur une voiture de masse 4 t. en repos, elle atteint la vitesse 4,9 m/s en 10 second. Trouvez l'intensité de la résistance qui agit sur la voiture.
- 15 Un homme de masse 75 kg ; glisse sur l'évasion corde d'incendie, si la corde ne support une tension plus que 50 kg.p. Trouvez l'accélération minimale de son mouvement. Puis trouvez sa vitesse quand il glisse 30 m, sachant que l'accélération est constante.

Lois de mouvement de Newton

- 16) Une balle de fusil de masse 20 g est tirée à la vitesse de 700 m /s sur un obstacle fixe, elle y pénètre 5 cm avant de s'arrêter. Calculez la résistance de l'obstacle sachant qu'elle est constante.
- 17) Un corps de masse 2 kg est tombé d'une hauteur de 10 m du sol sableuse et y pénètre à une profondeur de 5 cm. Calculez la résistance du sable, sachant qu'elle est constante.
- 18) Un train de masse 245 t(y compris la locomotive) se meut avec une accélération constante de 15 cm/s. La résistance de l'aire et frottement à son mouvement est de 75 kg.p par ton de la masse du train, Trouvez en kg.p la force du moteur de la locomotive. Si le dernier wagon de masse 49 tonnes est séparé du train, après 4,9 min de mouvement, trouver le temps mis par le wagon lâché pour s'arrêter.

Unité 2

2 - 4

Troisième loi de Newton et ses applications



Activité

On sait de la première loi de Newton que la résultante de forces qui agissent sur un corps se meut avec une vitesse uniforme est nulle. Tandis que si la résultante de forces n'est pas à zéro, alors le corps se meut par une accélération.



Figure (36)

- Est-ce que il y a une relation entre l'intensité de la résultante et l'accélération du mouvement?

- vous pouvez déduire cette relation?



Apprendre

1 - Troisième loi de Newton

A chaque action correspond une réaction de même intensité et de sens contraire.

2 - La pression et la réaction

Quand on pose un corps de masse m sur un plan en repos, ce corps agit sur le plan par une force de pression égale au poids du corps, qui produit une force de réaction du plan qui agit sur le corps est égale à la force de pression du corps sur le plan, ces deux forces en sens contraires et de même intensité, la pression sur le plan ça change si le plan se meut vers le haut ou vers le bas. La pression en ce cas est connue par le poids.

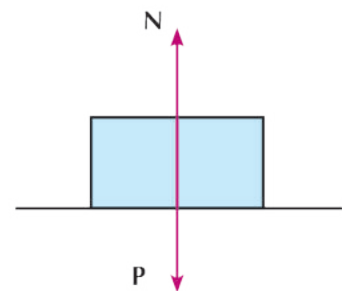


Figure (37)

Allez apprendre

→ la pression et la réaction

→ -Mouvement d'un corps sur un plan lisse incliné

→ Mouvement sur un plan rugueux

Vocabulaire de bas

→ 3^{ème} loi de Newton
→ poids
→ réaction

→ - plan incliné

→ - plan lisse

→ Plan rugueux

→ Frottement dynamique

→ Frottement statique

Aide pédagogique

→ Calculatrice scientifique

Mouvement d'un corps sur un plan lisse incliné



Réfléchissez et discutez

Si un corps de masse m est posé sur un plan incliné sur l'horizontale d'un angle de mesure θ , si une force F Newton agit sur le corps vers le haut suivant la ligne de plus grande pente du plan, déterminez le sens du mouvement du corps, à quoi dépend le sens du mouvement.

Mouvement d'un corps sur un plan lisse incliné

Supposons qu'un corps de masse m se meut sur un plan incliné sur l'horizontale d'un angle de mesure θ , sous l'effet d'une force F agit sur le corps dirigé vers le haut suivant la ligne de plus grande pente du plan. On remarque qu'il y a trois forces agissant sur le corps, qui sont les suivantes:

- 1 - La force donnée F dirigé vers le haut suivant la ligne de plus grande pente du plan.
- 2 - Le poids du corps d'intensité mg agissant verticalement vers le bas.
- 3 - La force de réaction du plan, perpendiculaire à ce plan et dirigée vers le haut, d'intensité R .

On décompose le poids du corps en deux composantes l'une dans le sens du plan vers le bas et l'autre dans le sens perpendiculaire au plan vers le bas.

La composante dans le sens du plan = $mg \sin \theta$.

La composante dans le sens perpendiculaire au plan = $mg \cos \theta$

On a trois cas pour comparer entre F ; $mg \sin \theta$.

1^{ère} : si $F > mg \sin \theta$, Alors le corps se meut d'une accélération uniforme a vers le haut,

son équation de mouvement est : $ma = F - mg \sin \theta$

Si $F = 0$, après t sec, depuis le mouvement, alors le corps se meut vers le haut par une décélération a'

(dans le même sens du mouvement) où

$a' = -g \sin \theta$

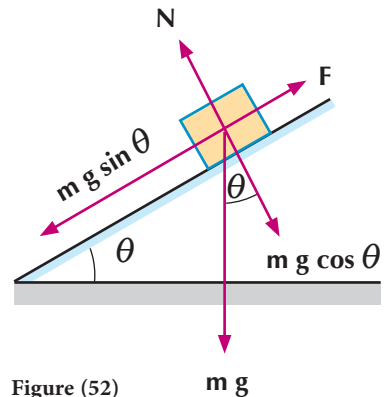


Figure (52)

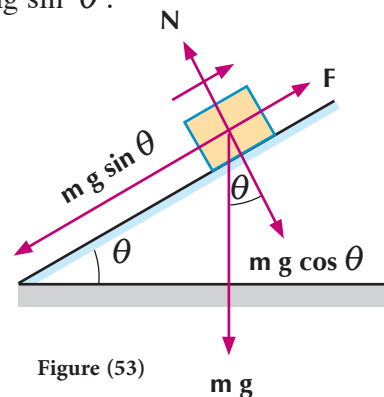


Figure (53)

Le corps forcément atteint l'état du repos puis change le sens du mouvement vers le bas avec une accélération $g \sin \theta$.

2^{ème} cas : si $F < mg \sin \theta$ Alors le corps se meut d'une accélération uniforme a vers le bas, son équation de mouvement est : $ma = mg \sin \theta - F$

3^{ème} cas : si $F = mg \sin \theta$. Alors le corps garde son état du repos, mais si il a acquis une vitesse uniforme V dans le sens du plan vers le haut ou vers le bas, alors le corps se déplace sur le plan par une vitesse uniforme dans le sens de $\vec{V}$ d'après la 1^{ère} loi de Newton.



Exemple

- ① Un corps de masse 12 kg est posé sur un plan lisse incliné sur l'horizontale d'un angle de mesure 30° , une force d'intensité 88,8 N., dirigé vers le haut suivant la ligne de plus grand pente du plan, est appliquée à ce corps. Trouvez la vitesse de ce corps 14 sec depuis le début du mouvement. Si la force s'annule à ce moment-là, calculez la distance parcourue sur le plan avant d'atteindre l'état de repos instantané.



Solution

$$\because F = 88,8 \text{ Newton}$$

$$\begin{aligned} \because mg \sin \theta &= 12 \times 9,8 \times \frac{1}{2} \\ &= 58,8 \text{ Newton} \end{aligned}$$

$$F > mg \sin \theta$$

$\therefore$ Alors le corps se meut d'une accélération uniforme a vers le haut

L'équation de mouvement :

$$ma = F - mg \sin \theta$$

$$12a = 88,8 - 58,8$$

$$a = 2,5 \text{ m/sec}^2$$

$$\because V = V_0 + at = 0 + 2,5 \times 14 = 35 \text{ m/sec}$$

Si $F = 0$, alors le corps se meut vers le haut par une décélération a'

L'équation de mouvement:

$$ma' = -mg \sin \theta$$

$$a' = -9,8 \times \frac{1}{2} = -4,9 \text{ m/sec}^2$$

Le corps parcourt une distance d pour atteindre l'état de repos instantané

$$v^2 = v_0^2 + 2a'd$$

$$0 = (35)^2 - 2 \times 4,9 d$$

$$d = 125 \text{ meters}$$

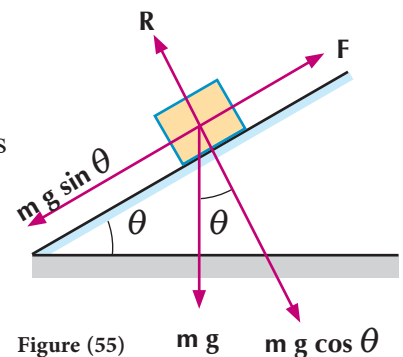


Figure (55)

Essayez de résoudre

- ① Un corps de masse 32,5 kg est posé sur un plan lisse incliné sur l'horizontale d'un angle de mesure θ où $\cos \theta = \frac{12}{13}$, une force d'intensité 83,5 N., dirigé vers le haut suivant la ligne de plus grand pente du plan, est appliquée à ce corps. Calculez l'intensité et le sens de l'accélération du mouvement, puis trouvez la vitesse de ce corps 8 sec depuis le début du mouvement.

Lois de mouvement de Newton

Exemple

- ② Un corps de masse 25 kg est posé sur un plans lisse incliné sur l'horizontale d'un angle de mesure θ où $\tan \theta = \frac{4}{3}$. une force horizontale d'intensité 30 kg.p., dirigée vers le plan est appliquée à ce corps ? sachant que la ligne d'action de cette force appartient au plan vertical passant par une ligne de plus grand pente du plan,. Calculez l'accélération résultante ainsi que la réaction normale du plan.

Solution

$$F \cos \theta = 30 \times \frac{3}{5} = 18 \text{ kg.p}, \quad p \sin \theta = 25 \times \frac{4}{5} = 20 \text{ kg.p}$$

$$\therefore F \cos \theta < p \sin \theta$$

$\therefore$ Alors le corps se meut d'une accélération uniforme a vers le bas

$$m a = m g \sin \theta - F \cos \theta$$

$$25 a = (20 - 18) \times 9,8$$

$$a = \frac{98}{125} \text{ m/sec}^2$$

$$g = F \sin \theta + m d \cos \theta$$

$$= 30 \times \frac{4}{5} + 25 \times \frac{3}{5} = 39 \text{ kgp}$$

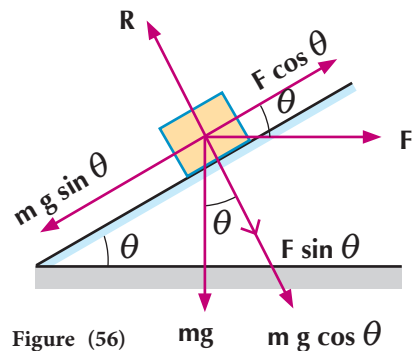
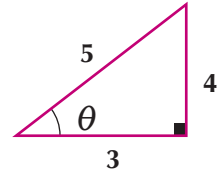


Figure (56)

Essayez de résoudre

- ② Un corps de masse 2 kg est posé sur ligne de plus grand pente d'un plan lisse incliné sur l'horizontale d'un angle de mesure 60° une force d'intensité 1 kg.p., dirigée vers le plan qui fait avec l'horizontale un angle de mesure 30° est appliquée à ce corps ? Calculez la réaction normale du plan, ainsi que l'accélération résultante.

Exemple

- ③ Un corps de masse 30 kg se meut sur un plans lisse incliné sur l'horizontale d'un angle de mesure 30° , sou l'effet d'une force d'intensité F Newton, dirigé vers le haut suivant la ligne de plus grand pente du plan, avec une accélération uniforme de $1,5 \text{ m/s}^2$. Calculez l'accélération si la force devient $0,5 F$.

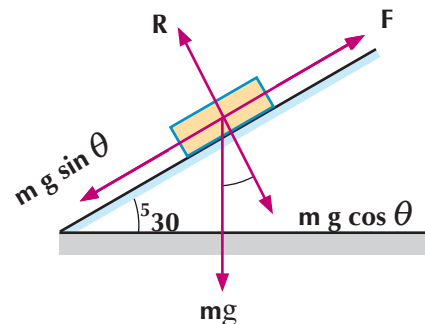
Solution

L'équation du mouvement dans le 1^{ère} cas

$$m a = F - m g \sin \theta$$

$$\therefore 30 \times 1,5 = F - 30 \times 9,8 \times \frac{1}{2}$$

$$\text{alors } F = 192 \text{ Newton}$$



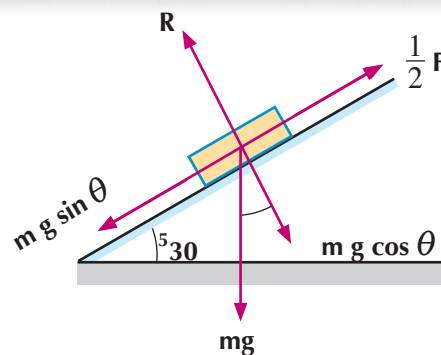
L'équation du mouvement dans le 2^{ème} cas

$$m a = \frac{1}{2} F - mg \sin \theta$$

$$\therefore 30 a = 96 - 30 \times 9.8 \times \frac{1}{2} \quad \therefore a = -1.7 \text{ m/sec}^2$$

Essayez de résoudre

- 3 Un corps de masse 200 kg se meut sur un plan lisse incliné sur l'horizontale d'un angle de mesure 30° , sous l'effet d'une force d'intensité F Newton, dirigée vers le haut suivant la ligne de plus grande pente du plan, avec une accélération uniforme de 2 m/s^2 . Si cette accélération est diminuée à sa moitié, le corps, alors se meut vers le bas du plan avec une accélération de $1,45 \text{ m/s}^2$, trouvez la force $\vec{F}$.



Mouvement d'un corps sur un plan rugueux

Introduction:

D'après l'étude précédente de frottement, on sait que quand on essaye de bouger un corps sur un plan rugueux, la force de frottement apparaît comme une force de résistance agissant suivant le sens opposé de celui que le corps est sur le point de se mouvoir. Cette force a la même intensité de la force tangentielle. Quand la force tangentielle augmente, la force frottement augmente de façon que ne la dépasse pas et elle atteint sa valeur maximale, dans ce cas, le corps est sur le point de se mouvoir. Si la force tangentielle augmente, elle peut bouger le corps et la force frottement diminue. C'est le cas de mouvement du corps. La force de frottement est appelée le frottement dynamique et le coefficient de frottement est le frottement dynamique.



A apprendre

Mouvement sur un plan rugueux

Si un corps est en équilibre sur un plan rugueux sous l'action d'une force qui tend à produire un mouvement, alors la force de frottement est la force de frottement statique et le coefficient est le coefficient frottement statique. Mais si le corps se déplace sur un plan rugueux, alors la force de frottement est la force de frottement dynamique et le coefficient est le coefficient frottement dynamique.



Exemple

- 1 Un corps est posé sur un plan rugueux incliné de longueur 250 cm et de hauteur 150 cm. Si le corps se glisse vers le bas du plan et l'accélération du mouvement est 196 cm/s^2 . Trouvez le coefficient frottement dynamique puis la vitesse du corps après avoir parcouru 200 cm sur le plan.

Solution

$$R = ma \cos \theta = \frac{4}{5} mg$$

∴ Le corps se déplace vers le bas avec une accélération régulière

$$mg = ma \sin \theta - \mu_D R$$

$$196 m = \frac{3}{5} mg - \mu_D \times \frac{4}{5} mg$$

$$196 = \frac{3}{5} \times 980 - \mu_D \times \frac{4}{5} \times 980$$

$$\therefore \mu_K = \frac{1}{2}$$

$$\therefore V^2 = V^2 + 2 a D$$

$$V^2 = 0 + 2 \times 196 \times 200$$

$$\therefore V = 280 \text{ cm/sec}$$

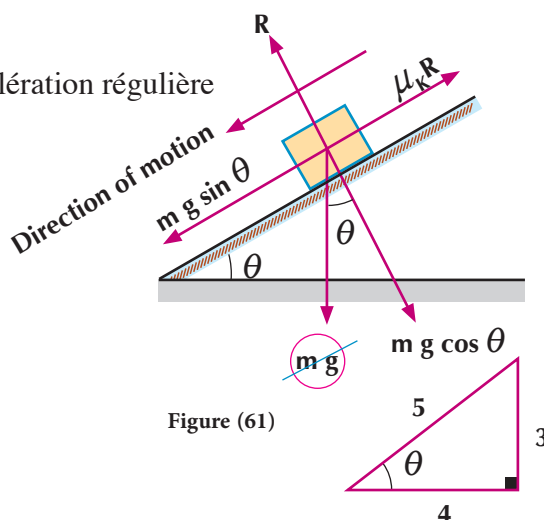


Figure (61)

Essayez de résoudre

- ① Dans l'une des usines, les boîtes sont transférées par leur glissement sur un plan rugueux incliné de longueur 15 mètres et de hauteur 9 mètres. Trouvez la vitesse de la boîte qui commence son mouvement du repos au sommet du plan et en bas du plan si le coefficient de frottement dynamique est égal à $\frac{1}{4}$.

Exemple

- ② Un corps de masse 12 kg est posé sur un plan rugueux horizontal. Le coefficient de frottement statique entre le corps et le plan est $\frac{\sqrt{3}}{3}$ mais le coefficient de frottement dynamique est $\frac{\sqrt{3}}{4}$. Calculez la force qui rend le corps sur le point de basculer puis la force qui le rend déplacer avec une accélération $\frac{49\sqrt{3}}{20} \text{ m/s}^2$ sachant que la force est inclinée sur l'horizontal d'un angle de mesure 30° .

Solution

Premièrement: La force qui rend le corps sur le point de basculer

$$R + F \sin 30 = P$$

$$R = (12 - \frac{1}{2} F) \text{ kgp}$$

$$\therefore F \cos 30 = \mu_S R$$

$$\therefore \frac{\sqrt{3}}{2} F = \frac{\sqrt{3}}{3} (12 - \frac{1}{2} F)$$

$$3 F = 24 - F$$

$$4 F = 24$$

$$F = 6 \text{ kgp}$$

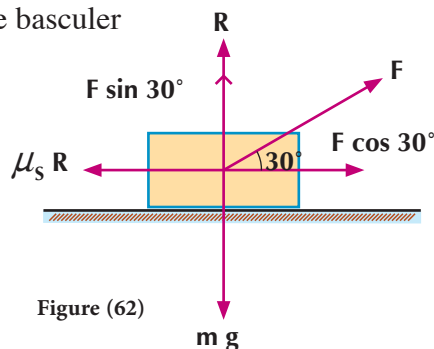


Figure (62)

Deuxièmement: la force fait déplacer le corps avec l'accélération $\frac{49\sqrt{3}}{20} \text{ m/sec}^2$
 $\therefore R = mg - F \sin 30$ c.a.d $R = (12 \times 9.8 - \frac{1}{2} F) \text{ N}$

$$\therefore m a = F \cos 30 - \mu_D R$$

$$12 \times \frac{49\sqrt{3}}{20} = F \times \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{4} (12 \times 9.8 - \frac{1}{2} F)$$

$$12 \times \frac{49\sqrt{3}}{20} = \frac{5\sqrt{3}}{8} F - 3\sqrt{3} \times 9.8$$

$$F = 94.08 \text{ N}$$

Essayez de résoudre

- ① Dans l'exemple précédent, calculez l'intensité de la force F si la force agissant sur le corps est horizontale.

Exemple

- ③ Un corps de poids 800 N est posé sur un plan rugueux incliné sur l'horizontal d'un angle de mesure 25° . Le coefficient de frottement statique entre le corps et le plan est 0,35 mais le coefficient de frottement dynamique est 0,25. Calculez la force F dans chacun des cas suivants:

- a) F rend le corps sur le point de se mouvoir vers le haut du plan.
- b) La plus petite force F qui rend déplacer le corps vers le haut du plan.
- c) F qui empêche le corps à se glisser.

Sachant que F agit suivant la ligne de plus grande pente vers le haut du plan.

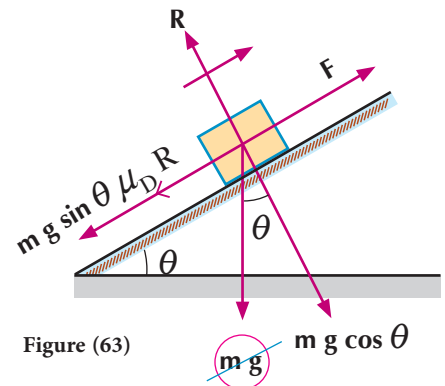


Figure (63)

Solution

- a) $\therefore$ Le corps est sur le point de se mouvoir vers le haut du plan

$$R = mg \cos \theta$$

$$\begin{aligned} F &= \mu_D R + mg \sin \theta \\ &= 0.35 \times mg \cos \theta + mg \sin \theta \\ &= 0.35 \times 800 \cos 25 + 800 \sin 25 \\ &= 591.86 \text{ N} \end{aligned}$$

- b) La plus petite force F qui rend déplacer le corps vers le haut du plan

$$\begin{aligned} F &= \mu_D + mg \sin \theta \\ &= 0.25 \times mg \cos \theta + mg \sin \theta \\ &= 0.25 \times 800 \cos 25 + 800 \sin 25 \\ &\simeq 519.36 \text{ N} \end{aligned}$$

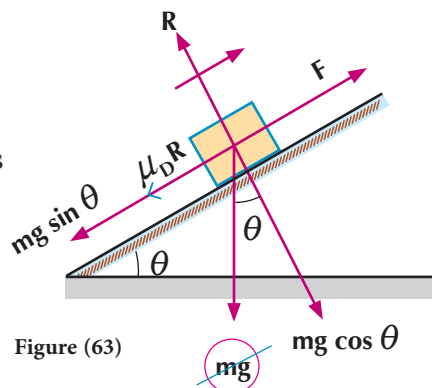


Figure (63)

Lois de mouvement de Newton

- c) F qui empêche le corps à se glisser
- $$R = mg \cos \theta$$
- $$F + \mu_D R = mg \sin \theta$$
- $$F + 0.35 \times mg \cos \theta = mg \sin \theta$$
- $$F = 800 \sin 25 - 0.35 \times 800 \cos 25$$
- $$F = 84.33 \text{ N}$$

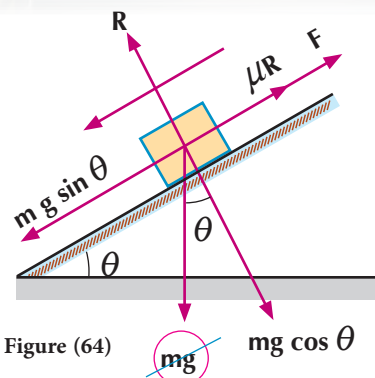


Figure (64)

Essayez de résoudre

- 2) Dans l'exemple précédent, calculez l'intensité de la force F si la force agissant sur le corps est horizontale.

Exercices (2 - 4)

Complétez ce qui suit :

- 1) Dans la figure ci-contre : le corps posé sur le plan lisse de masse 2 kg , commence son mouvement du repos, sous l'effet de la force $F = 1,5 \text{ kg.p}$

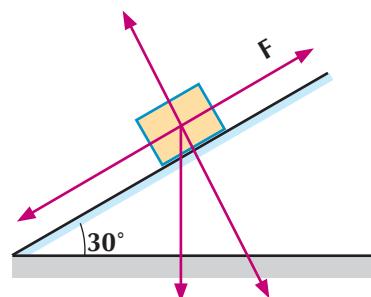


Figure (58)

- a) L'accélération du mouvement = m/s^2 , sa direction
- b) La vitesse du corps après 4 sec de son mouvement
- c) La réaction du plan = kg.p .

- 2) Dans la figure ci-contre : le corps posé sur le plan lisse de masse $m = 12 \text{ kg}$, commence son mouvement du repos, sous l'effet de la force $F = 8 \text{ kg.p}$.

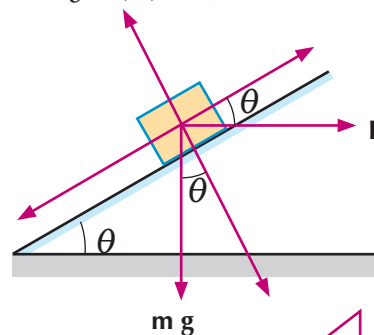
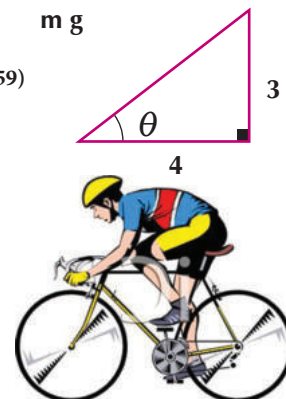


Figure (59)

- a) L'accélération du mouvement = m/s^2 , sa direction
- b) La distance parcourue sur le plan après 4 sec de son mouvement
- c) La réaction du plan = kg.p

Choisissez la bonne réponse :

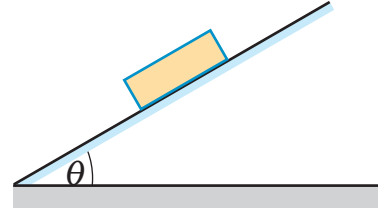
- 3) La masse d'un cycliste et son vélo est 85 kg, il se meut avec une accélération uniforme de $0,5 \text{ m/s}^2$, alors la force qui produit cet accélération est :
- a) 42.5/ kg.p b) 42.5 Newton
- c) 170 kg.p d) 170 Newton.



- 4 Une voiture parcourt sur une route de résistance négligeable, avec une accélération $1,47 \text{ m/s}^2$, si la force du moteur est 150 kg.p , alors la masse de la voiture est :
- a 102 kg b 100 kg
 c 1000 kg d 220.5 kg .



- 5 Si un corps se meut sur un plans lisse incliné sur l'horizontale d'un angle de mesure θ , sous l'effet de son poids seulement, alors l'accélération de son mouvement est :
- a g b $g \cos \theta$
 c $g \sin \theta$ d zero.



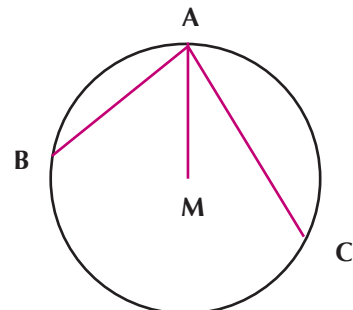
- 6 Si un corps se meut sur un plans lisse incliné, sous l'effet de son poids seulement, alors son accélération dépend de :
- a sa masse b son poids
 c l'angle d'inclinaison du plan
 d le réaction du plan.

Répondre aux questions suivantes :

- 7 Un corps de masse 10 kg est posé sur un plans lisse incliné sur l'horizontale d'un angle dont le sinus est $\frac{3}{5}$, une force d'intensité 80 N ., dirigé vers le haut suivant la ligne de plus grand pente du plan, est appliquée à ce corps. Calculez l'intensité et le sens de l'accélération du mouvement et la réaction normale.
- 8 Un corps de masse 1 kg est posé sur un plans lisse incliné sur l'horizontale d'un angle de mesure 30° , une force d'intensité 10 N ., dirigé vers le haut suivant la ligne de plus grand pente du plan, est appliquée à ce corps. Calculez l'intensité de l'accélération du mouvement et la réaction normale.
- 9 Un corps de masse 16 kg est posé sur un plans lisse incliné sur l'horizontale d'un angle de mesure 45° une force horizontale d'intensité 30 kg.p. , dirigée vers le plan est appliquée à ce corps ? sachant que la ligne d'action de cette force appartient au plan vertical passant par une ligne de plus grand pente du plan,. Calculez l'accélération résultante ainsi que la réaction normale du plan.

10 Dans la figure ci-contre :

$\overline{AM}$ est un rayon verticale, $\overline{AB}$ et $\overline{AC}$ deux cordes representent deux routes lisses dans le cercle où $AC > AB$, deux perles sont glissées du repos du point A, l'une sur la corde $\overline{AB}$, elle arrive en B après un temps t_1 et l'autre sur la corde $\overline{AC}$, elle arrive en C après un temps t_2 . Trouvez le rapport $t_1 : t_2$.



- 11) Dans chacune des figures suivantes : Un corps de masse 5 kg est posé sur un plan rugueux horizontal, le coefficient de frottement dynamique entre le corps et le plan est μ_D . Calculez μ_D dans chaque cas où R est la force de frottement.

a

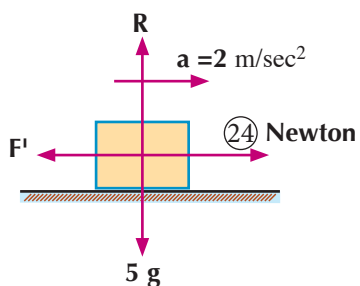


Figure (65)

b

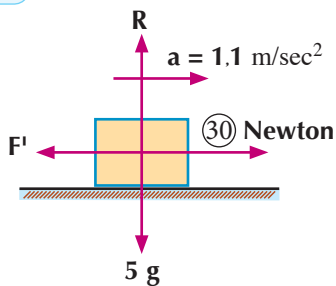


Figure (66)

c

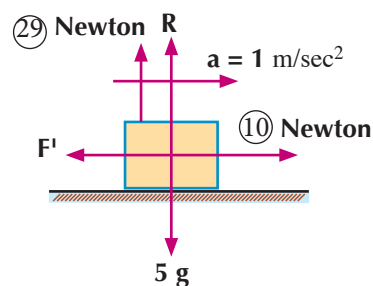


Figure (67)

d

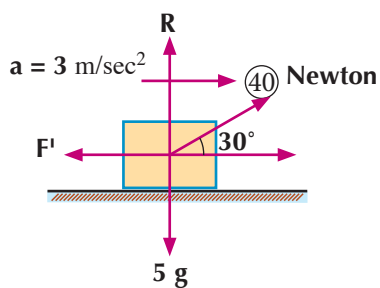


Figure (68)

d

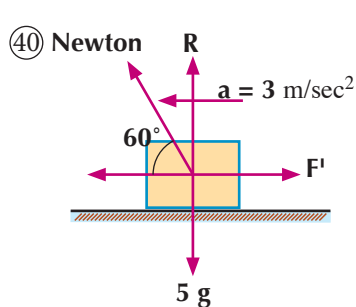


Figure (69)

f

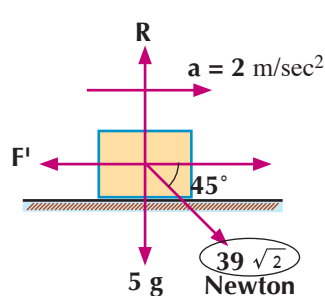


Figure (70)

g

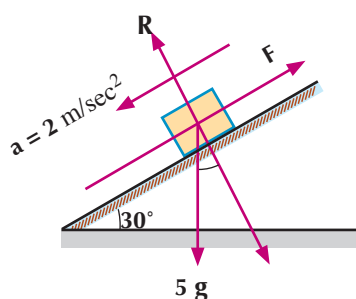


Figure (71)

h

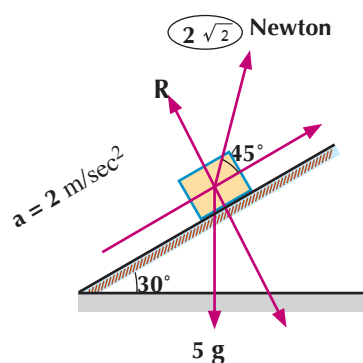


Figure (72)

- b** $a = 1 \text{ m/sec}^2$