

Détermination de g sur un plan incliné

Au début du XVII^e siècle, Galilée a étudié expérimentalement le concept d'accélération. L'un de ces buts était d'en apprendre plus sur les objets en chute libre. Malheureusement, il ne disposait pas d'instruments lui permettant une mesure assez précise du temps pour pouvoir étudier directement la chute libre. Il décida donc de limiter l'accélération en usant de fluides, de plans inclinés et de pendules. Au cours de cet exercice de laboratoire, vous verrez comment l'accélération d'une bille ou d'un chariot dépend de l'angle de la rampe. Puis vous extrapolerez vos données pour obtenir l'accélération sur une "rampe verticale", c'est-à-dire l'accélération de l'objet en chute libre.

Si l'angle d'inclinaison par rapport à l'horizontale est petit, une bille roulant sur le plan incliné se déplace lentement et peut facilement être chronométrée. En utilisant le temps et la distance parcourue, il est possible de Calculer l'accélération de la bille. Quand on augmente l'angle, l'accélération augmente. L'accélération est directement proportionnelle au sinus de l'angle d'inclinaison. Un graphique de l'accélération en fonction du sinus de l'angle peut être extrapolé jusqu'à une valeur de 1 pour le sinus de l'angle, soit 90° pour l'angle, ce qui correspond à une chute libre : on peut alors déduire l'accélération en chute libre du graphique.

Galilée n'a pu mesurer l'accélération que pour de petits angles. Vous allez acquérir des données similaires. Peut-on extrapoler à partir de ces données pour déterminer une valeur correcte de g ? Nous verrons dans quelle mesure cette extrapolation est valide. Plutôt que de mesurer le temps comme Galilée, vous utiliserez un détecteur de mouvement pour déterminer l'accélération. Vous ferez des mesures quantitatives de l'accélération d'une bille roulant vers le bas d'un plan incliné pour différents petits angles; à partir de ces mesures, vous devriez pouvoir décider si une extrapolation pour de grands angles est valide.

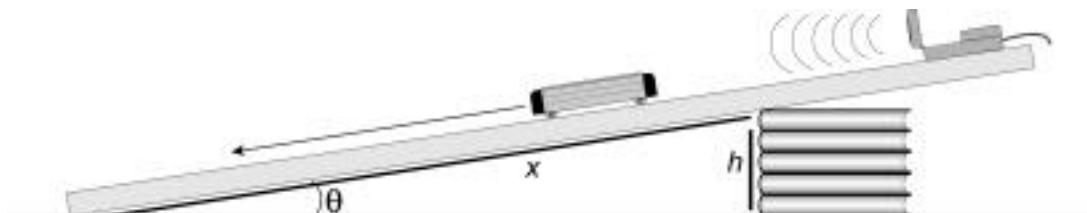


Figure 1

OBJECTIFS

- Σ Utiliser un détecteur de mouvement pour mesurer la vitesse et l'accélération d'une bille et d'un chariot roulant en bas d'un plan incliné.
- Σ Déterminer la relation mathématique entre l'angle d'inclinaison et l'accélération de la bille.
- Σ Déterminer la valeur de g , accélération en chute libre, en extrapolant la relation entre le sinus de l'angle d'inclinaison et l'accélération de la bille...
- Σ Comparer les résultats avec ceux obtenus en utilisant un chariot.
- Σ Déterminer si l'extrapolation faite précédemment est valide.

MATERIEL

Power Macintosh ou Windows PC
LabPro
Logger *Pro*
Vernier Motion Detector
Graphical Analysis
Rampe

Balle dure, environ 8 cm de diamètre
Balle de caoutchouc de même taille
Chariot
Règle graduée
Livres

QUESTIONS PREALABLES

1. Un des instruments de chronométrage de Galilée était son pouls. Lâchez une balle d'une hauteur d'environ 2 m et essayez de déterminer combien de battements de pouls se produisent avant que la balle ne touche le sol. Quel autre problème Galilée a-t-il rencontré avec cette façon de mesurer le temps?
2. Faites la même mesure avec une montre-bracelet. Cela améliore-t-il vraiment les résultats?
3. Mesurez à présent le temps que prend une balle dure pour descendre d'un plan incliné d'environ 10° avec l'horizontale, d'abord avec votre pouls puis avec la montre.
4. Pensez-vous qu'à l'époque de Galilée il était possible d'obtenir des mesures utilisables? Pourquoi?

PROCEDURE

1. Connectez le détecteur de mouvement au DIG/SONIC 2 du LabPro.
2. Placez un livre à l'extrémité d'une planche de 1 à 3 m de long de façon à former un plan de faible inclinaison. Ajustez les points de contact de telle façon que la distance x de la Figure 1 soit comprise entre 1 et 3 m.
3. Placez le détecteur de mouvement au haut du plan, de façon à ce que la balle ne s'en approche jamais à moins de 0,4 m.
4. Ouvrez le fichier du dossier Experiment 4 de *Physics with Computers*. Deux graphiques apparaîtront à l'écran. L'axe vertical du diagramme du mouvement va de 0 à 3 m. L'axe vertical du diagramme de la vitesse va de 0 à +2 m/s. L'axe horizontal des deux graphiques porte le temps de 0 à 5 s.
5. Tenez la balle dure sur le plan à environ 0.5 m du détecteur.
6. Cliquez  pour commencer l'acquisition de données. Lorsque vous entendez cliquer le détecteur, lâchez la balle en ôtant rapidement votre main du chemin du faisceau. Cela nécessitera sûrement plusieurs essais ; vous saurez que vous avez un bon essai lorsque la pente du diagramme de la vitesse sera approximativement constante.
7. Logger *Pro* peut ajuster une droite à une portion de vos données. Indiquer d'abord sur quelle portion du graphique vous voulez faire l'ajustement en indiquant avec la souris les points initiaux et finaux. Puis cliquez sur l'outil de régression linéaire, , pour en effectuer une sur les données sélectionnées. Utilisez également cet outil pour déterminer la pente du

diagramme de la vitesse . A partir de la droite ajustée, déterminez l'accélération de la balle et consignez sa valeur dans le tableau des données.

8. Répétez encore deux fois les points 5 – 7 .
9. Mesurez la longueur x du plan incliné, définie par la Figure 1.
10. Mesurez la hauteur h , hauteur du ou des livre(s). Ces deux dernières mesures serviront à déterminer l'angle d'inclinaison.
11. Augmentez l'inclinaison en ajoutant un livre. Ajustez les livres de façon que la distance x reste la même.
12. Refaites les points 5 – 10 pour la nouvelle inclinaison.
13. Refaites les points 5 – 11 pour 3, 4, et 5 livres.
14. Refaites les points 5 – 13 avec un chariot à la place de la balle.

TABLEAU DES DONNEES

Données avec la balle							
Nombre de livres	Hauteur des livres, h (m)	Longueur du plan, x (m)	$\sin(\theta)$	Accélération			Accélération moyenne (m/s^2)
				essai 1 (m/s^2)	essai 2 (m/s^2)	essai 3 (m/s^2)	
1							
2							
3							
4							
5							

Données avec le chariot							
Nombre de livres	Hauteur des livres, h (m)	Longueur du plan, x (m)	$\sin(\theta)$	Accélération			Accélération moyenne (m/s^2)
				essai 1 (m/s^2)	essai 2 (m/s^2)	essai 3 (m/s^2)	
1							
2							
3							
4							
5							

ANALYSE

1. Calculez l'accélération moyenne pour chaque hauteur.
2. Avec la trigonométrie et vos valeurs pour x et h , calculez le sinus de l'angle d'inclinaison pour chaque hauteur. Notez que x est l'hypoténuse d'un triangle rectangle.
3. Faites, avec Graphical Analysis, un graphique de l'accélération moyenne en fonction du sinus de l'angle
4. Utilisez la régression linéaire de Graphical Analysis et déterminez la valeur de sa pente. La pente peut être employée pour déterminer l'accélération de la balle sur un plan d'inclinaison
5. Sur le graphique, lisez la valeur de l'accélération pour $\sin$ de 1.¹
6. Cette valeur est-elle en accord avec la valeur communément admise de g ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$)?
7. Répétez l'analyse, y compris l'extrapolation, pour les données du chariot.
8. Pourquoi, à votre avis, le chariot donne-t-il un résultat plus proche de la valeur correcte de g ?
9. Discutez la validité de l'extrapolation jusqu'à un angle droit.

EXTENSIONS

1. Utilisez le détecteur pour mesurer l'accélération g à partir de la chute libre d'une balle, Comparez avec les résultats de votre extrapolation.
2. Comparez vos résultats avec ceux obtenus grâce à d'autres mesures de g , par exemple celle décrite dans l'expérience 5.
3. Faites un schéma des forces agissant sur le chariot et calculez la valeur théorique de l'accélération pour chaque inclinaison. Comparez avec vos données expérimentales.

¹ Ce qui équivaut à utiliser la pente de la droite ajustée.