

Frottement statique et cinétique

Si vous essayez de faire glisser une lourde caisse sur le sol, vous trouverez peut-être qu'il est difficile de la mettre en mouvement. Le *frottement statique* est la force qui agit contre le mouvement de la caisse. Si vous appliquez une petite poussée horizontale qui ne déplace pas la caisse, la force de frottement statique est également petite et de sens opposé à votre poussée. Si vous poussez plus fort, le frottement statique croît pour s'adapter à la grandeur de votre poussée. Il y a une limite à la grandeur que peut prendre le frottement statique, de telle sorte que si vous appliquez une force plus grande que cette limite la caisse se mettra en mouvement. Nous modéliserons le frottement statique, F_{statique} par l'inégalité $F_{\text{statique}} \leq \mu_s N$ où μ_s est le coefficient de frottement statique et N la force *normale* exercée par une surface sur l'objet. La force normale est définie comme la composante perpendiculaire de la force exercée par la surface. Si le sol est horizontal, la force normale est égale en norme au poids de l'objet.

Une fois que la caisse commence à glisser, vous devez continuer à exercer une force pour la maintenir en mouvement, sinon le frottement la freine et elle s'arrête. Le frottement agissant sur la caisse en mouvement est appelé *frottement cinétique*. Pour faire glisser la caisse à vitesse constante, une force égale à la force de frottement cinétique doit être appliquée. Le frottement cinétique est aussi appelé *frottement de glissement*. Les frottements statique et cinétique dépendent tous deux de la nature des surfaces de la caisse et du sol, et de la force avec laquelle la caisse et le sol sont pressés l'un contre l'autre. Nous modéliserons le frottement cinétique par l'égalité $F_{\text{cinétique}} = \mu_c N$, où μ_c est le coefficient de frottement cinétique.

Dans cette expérience, vous utiliserez un capteur de force pour étudier le frottement statique et le frottement cinétique sur un bloc de bois. Un détecteur de mouvement vous permettra d'étudier le frottement cinétique agissant sur un bloc de bois en train de glisser.

OBJECTIFS

- Σ Utiliser un capteur de force pour mesurer le frottement statique.
- Σ Déterminer la relation entre la force de frottement statique et le poids d'un objet.
- Σ Mesurer les coefficients de frottement statique et cinétique pour un bloc et une surface donnée
- Σ Utiliser un détecteur de mouvement pour mesurer de façon indépendante le coefficient de frottement cinétique et le comparer à la valeur précédente
- Σ Déterminer si le coefficient de frottement cinétique dépend du poids.

MATERIEL

Power Macintosh	Graphical Analysis
LabPro	Ficelle
Logger Pro	Bloc de bois avec crochet
Détecteur de mouvement Vernier	Balance
Senseur de force Vernier	Jeu de masses

QUESTIONS PREALABLES

1. Si vous voulez pousser une lourde caisse, la force que vous devez appliquer pour la mettre en mouvement est-elle plus grande, égale ou plus petite que la force nécessaire pour garder la caisse en mouvement? Sur quoi basez-vous votre choix?
2. Quel est, à votre avis, le lien entre la force de frottement et le poids de la caisse? Expliquez.

PROCEDURE

Partie I Frottement statique

1. Mesurez la masse du bloc de bois et notez la dans le tableau des données.
2. Connectez le senseur de force au Channel 1 (Student Force Sensor and Dual-Range Force Sensor) du LabPro.
3. Ouvrez le dossier Experiment 12 de *Physics with Computers*. Puis ouvrez le fichier correspondant au senseur de force que vous utilisez. Fixez l'échelle du senseur de force à 50 N. Un graphique apparaît à l'écran. L'axe vertical port la force avec une échelle de 0 à 20 Newtons. L'axe horizontal porte le temps de 0 à 5 secondes.
4. Attachez le senseur de force au crochet du bloc de bois avec la ficelle. Placez une masse totale de 1 kg sur le bloc de bois en la fixant de façon qu'elle ne glisse pas. Exercez vous à tirer sur le bloc avec le senseur de force de la façon suivante: tirez horizontalement, lentement et gentiment avec une petite force. Très graduellement, en une bonne seconde, augmentez la force jusqu'à ce que le bloc se mette à glisse, puis faites le glisser à vitesse constante pendant encore une seconde.
5. Dessiner l'allure du graphique de la force en fonction du temps, telle que vous l'avez ressentie, en indiquant la portion du graphique correspondant au repos, au démarrage et au mouvement.
6. Tenez le senseur de force en position, prêt à tirer sur le bloc mais avec une tension nulle sur la ficelle. Cliquez Zero au haut du graphique pour fixer le senseur de force à zéro.
7. Cliquez sur  pour commencer l'acquisition des données. Tirez le bloc comme précédemment, en prenant soin d'augmenter graduellement la force. Répétez le processus au besoin jusqu'à ce que vous obteniez un graphique reflétant le mouvement souhaité, y compris le mouvement à vitesse constante. Imprimez ce graphique. Choisissez Store Latest Run dans le menu Data pour enregistrer cette mesure sous le nom Run 1 pour l'analyse ultérieure.

Partie II Frottement statique maximum et frottement cinétique

Dans cette section, vous mesurerez la force de frottement statique maximum et la force de frottement cinétique en fonction de la force normale. Vous procéderez comme avant, mais en faisant varier la force normale en changeant la masse posée sur le bloc.

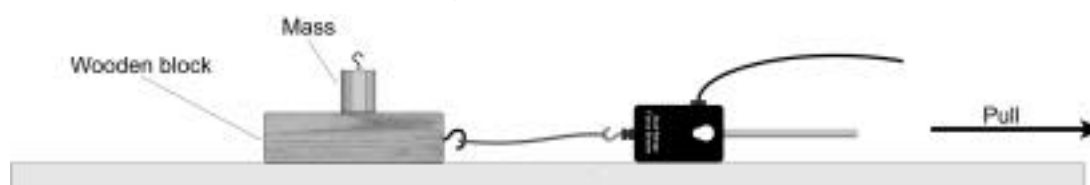


Figure 1

8. Ôtez toutes les masses du bloc.

9. Cliquez  pour commencer l'acquisition des données et tirez comme précédemment pour obtenir les valeurs de la force en fonction du temps.
10. Examinez les données en cliquant sur le bouton Statistics , . La valeur maximale de la force correspond à l'instant où le bloc a commencé à glisser. Lisez cette valeur de la force de frottement statique *maximum* et notez la dans le tableau des données.
11. Déplacez la souris à travers la région du graphique correspondant à la vitesse constante du bloc. Cliquez sur le bouton Statistics à nouveau et lisez la valeur de la force moyenne pendant cet intervalle de temps. Cette force est la force de frottement cinétique
12. Répétez les étapes 9-11 pour deux autres mesures et faites la moyenne de vos résultats pour déterminer la fiabilité de vos mesures. Notez les valeurs dans le tableau des données.
13. Ajoutez 250 g au bloc. Répétez les étapes 9-12. Notez les valeurs dans le tableau des données.
14. Répétez avec des masses de 500, 750, et 1000 g. Notez les valeurs dans le tableau des données.

Partie III Frottement cinétique à nouveau

Dans cette section, vous allez mesurer le coefficient de frottement cinétique selon une deuxième méthode et vous allez comparer le résultat à celui obtenu dans la Partie II en utilisant le détecteur de mouvement, vous pouvez mesurer l'accélération du bloc lorsqu'il s'arrête de glisser. Cette accélération peut être déterminée à partir du diagramme de la vitesse. Tandis qu'il glisse, la seule force horizontale agissant sur le bloc est le frottement. De la masse du bloc et de son accélération, l peut déduire la force de frottement et finalement le coefficient de frottement cinétique



Figure 2

15. Connectez le détecteur de mouvement au DIG/SONIC 2 du LabPro. Ouvrez le fichier Exp 12 Motion Detector. Deux graphiques apparaîtront à l'écran. L'axe vertical du graphique du haut porte la distance de 0 à 3 m, et le graphique du bas porte la vitesse de -2 à 2 m/s. L'axe horizontal est le temps de 0 à 5 s.
16. Placez le détecteur de mouvement sur la table à 2 – 3 m d'un bloc de bois, comme sur la Figure 2. Positionnez le détecteur de façon qu'il puisse mesurer le mouvement du bloc lorsqu'il glissera vers lui.
17. Exercez-vous à faire glisser le bloc jusqu'à l'arrêt vers le détecteur de mouvement . Minimisez la rotation du bloc, qui, après avoir quitté votre main, devrait glisser sur environ 1m avant de s'arrêter; le bloc ne doit pas s'approcher du détecteur à moins de 0.4 m.
18. Cliquez sur  pour commencer l'acquisition des données et poussez le bloc pour qu'il glisse vers le détecteur de mouvement. Le diagramme de la vitesse devrait présenter une portion décroissant linéairement, ce qui correspond au mouvement du bloc glissant librement. Répéter si nécessaire.

19. Dans le diagramme de la vitesse, sélectionnez cette région à décroissance linéaire. La pente du diagramme de la vitesse est l'accélération. Déplacer la souris au-dessus de cette section, et cliquez sur le bouton Linear Regression , , pour déterminer la pente. Notez la valeur de la pente dans le tableau des données.
20. Répétez les étapes 18 – 19 encore quatre fois.
21. Posez une masse de 500 g sur le bloc. Fixez les masses de façon qu'elles ne bougent pas. Répétez les étapes 18 – 19 cinq fois pour le bloc chargé. Notez les valeurs de l'accélération dans le tableau des données..

TABLEAU DES DONNEES

Partie I Frottement statique

Masse du bloc	kg
---------------	----

Partie II Frottement statique et frottement cinétique

Masse totale (m)	Force normale (N)	Frottement maximal			Frottement maximal moyen (N)
		Essai 1	Essai 2	Essai 3	

Masse totale (m)	Force normale (N)	Frottement cinétique			Frottement cinétique moyen (N)
		Essai 1	Essai 2	Essai 3	

Partie III Frottement cinétique

Bloc seul			
Essai	Accélération (m/s ²)	Force de frottement cinétique	m_k
1			
2			
3			
4			
5			
Coefficient de frottement cinétique moyen:			

Bloc chargé de 500 g de masse additionnelle			
Essai	Accélération (m/s ²)	Force de frottement cinétique	m_k
1			
2			
3			
4			
5			
Coefficient de frottement cinétique moyen:			

ANALYSE

1. Imprimez le graphique de la force en fonction du temps de la Partie I (sauvé sous Run 1). Indiquez la portion du graphique correspondant au repos, le départ du bloc ainsi que la partie correspondant à la vitesse constante
2. Toujours à l'aide de ce graphique, comparez la force nécessaire pour faire glisser le bloc à la force mise en jeu au départ. Qu'aviez-vous répondu à la question 1 dans la section Questions préalables?
3. Le *coefficient de frottement* est une constante qui lie la force normale entre deux objets (bloc de bois et surface de la table) et la force de frottement. A partir de votre graphique (Run 1) de la Partie I, pensez-vous que le coefficient de frottement statique est plus grand, égal à ou plus petit que le coefficient de frottement cinétique
4. Pour la Partie II, calculez la *force normale* de la table sur le bloc seul, puis avec chaque masse ajoutée. Puisque le bloc est posé sur une surface horizontale, la force normale sera égale en grandeur et de sens opposé au poids du bloc et de sa charge éventuelle. Notez les valeurs dans les deux tableaux de données de la partie II.
5. Faites un graphique de la force de frottement maximale (axe y) en fonction de la force normale (axe x) à l'aide de Graphical Analysis.

6. Comme $F_{\text{maximum statique}} = \mu_s N$, la pente de ce graphique est le coefficient de frottement statique μ_s . Trouvez la valeur numérique de la pente, y inclus les unités. Une droite ajustée à ces données devrait-elle passer par l'origine?
7. De façon similaire, déterminer le coefficient de frottement cinétique μ_c . Utilisez un graphique de la force de frottement cinétique moyenne en fonction de la force normale. Rappelez-vous que $F_{\text{cinétique}} = \mu_c N$. Une droite ajustée à ces données devrait-elle passer par l'origine?
8. Vos données de la Partie III vous permettent également de déterminer μ_k . Dessinez un schéma des forces pour le bloc quand il glisse en freinant. La force de frottement cinétique peut être déterminée à partir de la deuxième loi de Newton, soit $\Sigma F = ma$. A partir de la masse et de l'accélération, déterminez la force de frottement pour chaque essai, et notez la dans le tableau des données.
9. A partir de la force de frottement, déterminez le coefficient de frottement cinétique pour chaque essai et notez sa valeur dans le tableau. Calculez la valeur moyenne de ce coefficient pour le bloc seul et pour le bloc chargé.
10. Le coefficient de frottement dépend-il de la vitesse? Expliquez en vous aidant de vos données.
11. La force de frottement cinétique dépend-elle du poids du bloc? Expliquez.
12. Le coefficient de frottement cinétique dépend-il du poids du bloc?
13. Comparez vos coefficients de frottement cinétique déterminés dans la partie III à celui que vous avez obtenu dans la partie II. Discutez les valeurs. Pensez-vous qu'elles devraient être les mêmes ou différentes?

EXTENSIONS

1. La force de frottement ou le coefficient de frottement sont-ils affectés par l'aire de la surface de contact du bloc? Imaginez une expérience pour tester votre hypothèse.
2. Examinez la force de frottement statique pour un objet posé sur un plan incliné. Trouvez l'angle à partir duquel un bloc de bois va commencer à glisser. Calculez le coefficient de frottement et comparez le à la valeur que vous obtenez quand l'angle d'inclinaison est de 0° .
3. Refaites les mesures sur une surface plus lisse ou plus rugueuse.