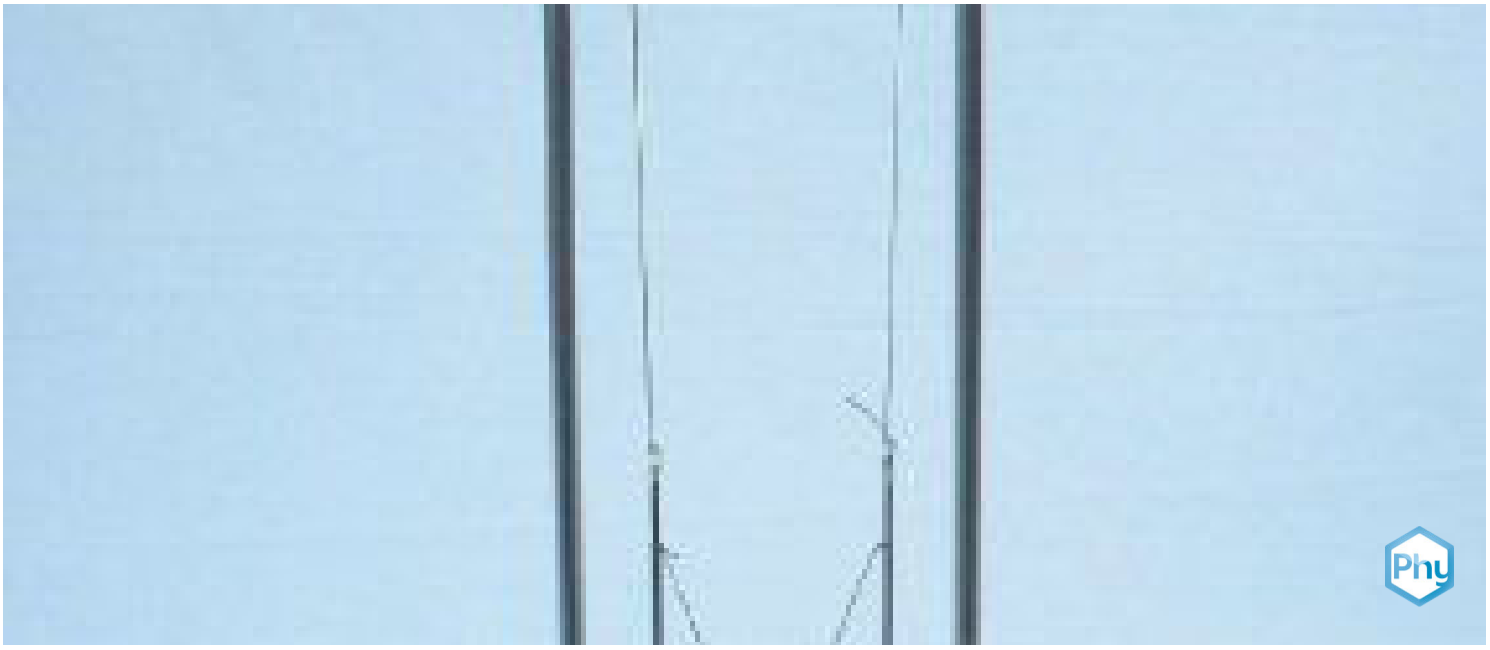
# Pendules couplés



Physique | Mécanique | Vibrations et vagues

| Niveau de difficulté | Taille du groupe | Temps de préparation | Délai d'exécution |
|---|---|---|---|
| moyen | 2 | 10 procès-verbal | 10 procès-verbal |

This content can also be found online at:

http://localhost:1337/c/5fa03f4ee4843e000398f894

PHYWE
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

PHYWE

# Informations pour les enseignants

## Application

PHYWE

Montage d'expérience pour l'étude des pendules couplés

Les systèmes d'oscillation couplés peuvent être décrits avec précision grâce au principe de Lagrange. À l'aide de ce dernier, on peut déterminer l'énergie potentielle et cinétique des systèmes respectifs $E_{pot}$ et $E_{kin}$ et former la différence entre ces énergies. Pour la fonction Lagrange $L$ s'applique de manière générale :

$$L = E_{pot} - E_{kin}$$

Avec l'introduction de coordonnées généralisées $q_i$, la loi d'action newtonienne ($F = \dot{p}$) peut être calculée en utilisant les dérivés partiels:

$$\frac{d}{dt}\frac{\delta L}{\delta \dot{q}_i} - \frac{\delta L}{\delta q_i} = 0$$

Puisque cette approche pourrait toutefois s'avérer un peu trop complexe pour les élèves, ils étudieront dans un premier temps le système à seul titre expérimental.



PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

# Autres informations pour les enseignants (1/2)

PHYWE

**Connaissances préalables**

Au préalable, les étudiants doivent avoir réalisé une expérience au sujet de l'oscillation stimulée et de la résonance ainsi que du pendule à fil. Ils doivent savoir qu'avec l'aide de la période d'oscillation $T$ d'un système, il devient possible de déterminer sa fréquence d'oscillation $f$.

**Principe**

La période d'oscillation $T$ du simple pendule de fil est calculée à l'aide de l'équation suivante:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

La fréquence $f$ est ici égale à la réciproque de la période d'oscillation :

$$f = 1/T = T^{-1}\ [1/s] = [Hz]$$

# Autres informations pour les enseignants (2/2)

PHYWE

**Objectif**

Les étudiants doivent étudier et comprendre le fonctionnement d'un système d'oscillation couplé.

**Exercices**

Les élèves doivent étudier la manière d'osciller de deux pendules couplés avec différentes situations initiales (stimulation dans la même direction et dans des directions opposées) et déterminer la fréquence intervenante en suspens $f_s$ dans le cas où un seul pendule sera stimulé. Dans une tâche supplémentaire, l'influence du couplage sur la fréquence en suspens pourrait aussi être analysée.

Pour modifier l'accouplement: la masse doit être uniquement réduite car les deux pendules à fil pendent sinon de travers, ce qui rendrait les résultats des mesures faussés. Le point de départ du couplage ne doit pas être fixé trop bas, sinon les différences de fréquence pour une stimulation dans le même sens et dans le sens opposé seront trop faibles et les erreurs de mesure trop importantes.



PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

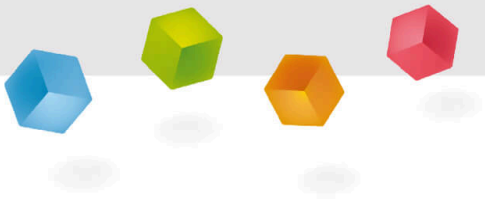
info@phywe.de
www.phywe.de

## Consignes de sécurité

PHYWE

Les instructions générales de sécurité nécessaires pour une expérience sans danger dans les cours de sciences s'appliquent à cette expérience.

PHYWE



# Informations pour les étudiants



PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

## Motivation

PHYWE

Train d'atterrissage pour avions

Les oscillations et les systèmes oscillatoires te sont déjà familiers. Dans la vie quotidienne cependant, ces systèmes ne sont généralement pas aussi individuels que les systèmes que tu as étudiés jusqu'à présent (pendule à fil, pendule à ressort hélicoïdal, etc.), mais ils consistent principalement en des systèmes oscillants couplés.

Un exemple classique est le train d'atterrissage d'un avion, comme ici, ou celui de véhicules. Il se compose de nombreuses pièces et composants individuels capables d'osciller, tels que les pneus et les ressorts installés, représentant ainsi un système d'oscillation couplé.

Dans l'expérience suivante, tu pourras analyser un système d'oscillation couplé.

## Exercices

PHYWE

Observe le comportement de deux pendules à fil, couplés par une corde et un morceau de masse.

Mesure la période d'oscillation des pendules couplés lorsqu'un seul pendule à fil est stimulé.

Détermine la période d'oscillation des deux pendules pour une oscillation dans le même sens et dans des directions opposées.



PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

# Matériel

| Position | Matériel | No. d'article | Quantité |
|---|---|---|---|
| 1 | Pied statif variable | 02001-00 | 1 |
| 2 | Tige support, l = 600 mm, d = 10 mm, en parties à visser | 02035-00 | 2 |
| 3 | Tige en acier inox 18/8, l = 250 mm, d = 10 mm | 02031-00 | 1 |
| 4 | Tige de support en acier inox, avec trou, l=100 mm | 02036-01 | 2 |
| 5 | Noix double | 02043-00 | 2 |
| 6 | Porte-poids pour poids à fente, 10 g | 02204-00 | 2 |
| 7 | Poids à fente, 10 g, noir | 02205-01 | 2 |
| 8 | Poids à fente, 50 g, noir | 02206-01 | 2 |
| 9 | Jeu de poids de précision 1 g à 50 g | 44017-01 | 1 |
| 10 | Chronomètre numérique, 24 h / 0,01 s / 1 s | 24025-00 | 1 |
| 11 | Mètre-ruban, l = 2 m | 09936-00 | 1 |
| 12 | Fil de pêche, d = 0.7 mm, l = 20 m | 02089-00 | 1 |



PHYWE
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

## Matériel supplémentaire

PHYWE

| Position | Matériel | Quantité |
|---|---|---|
| 1 | Ciseaux | 1 |

## Montage (1/2)

PHYWE

Relie les deux moitiés du pied avec la tige de support de 25 cm et serre les leviers de verrouillage.

Visse les quatres petites tiges de support afin d'en former deux plus longues. Place ces deux tiges (60 cm) dans la base du trépied et visse-les bien.

Connecter les bases du trépied

Vissage de la tige de support

Fixation de la tige de support



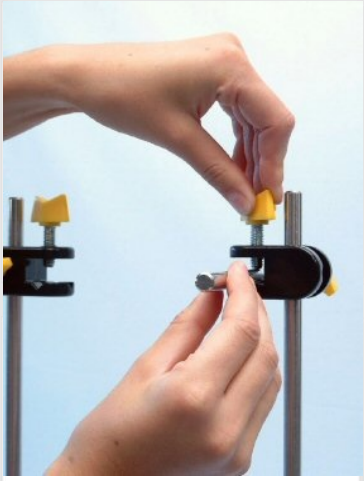
PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

## Montage (2/2)



Monter les tiges de support dans une double douille

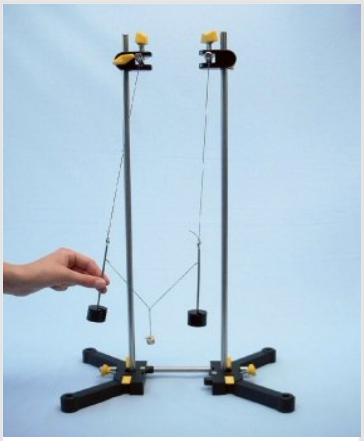
Fixe les deux petites tiges de support avec les doubles douilles à l'extrémité supérieure des longues tiges.

Utilise ces dernières pour construire deux pendules à fil parfaitement identiques avec $40\ cm$ de longueur du pendule et une masse $m = 70\ g$. L'espace entre les deux points de suspension doit s'élever à $10\ cm$. Les pendules devraient avoir la même période d'oscillation! (Ajuster éventuellement la longueur d'un pendule).

Fixe au milieu d'un bout de ligne de pêche ( $20\ cm$ de longueur) un morceau de masse de $10\ g$. Fixe les deux extrémités du fil à chaque extrémité supérieure d'une plaque de poids.

Montage de deux pendules à fil identiques

## Mise en œuvre (1/2)



Déviation du pendule à fil

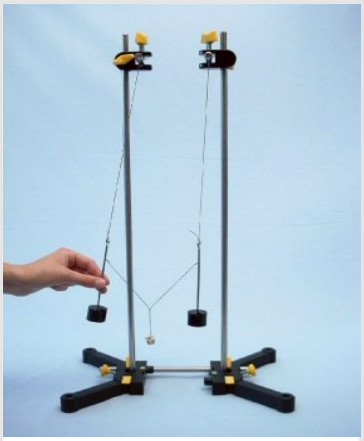
- Fais osciller le système en faisant dévier un pendule de $4\ cm$ sur le côté.
- Relâche le pendule et observe ensuite le comportement des deux pendules.
- Mesure la durée de suspens des deux pendules à fil couplés : À cet effet, détermine le temps $T$ entre deux arrêts d'un pendule. Réitère les mesures à deux reprises et prends note des mesures dans le tableau 1 du protocole.



PHYWE
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

## Mise en œuvre (2/2)

PHYWE



Déviation du pendule à fil

- Détermine enfin la période d'oscillation d'un pendule dans les conditions suivantes:
  - les deux pendules sont déviés du même côté (même direction) et avec la même distance.
  - les deux pendules sont déviés vers des côtés différents (opposés l'un à l'autre) et avec la même distance.
- Mesure le temps nécessité pour 10 oscillations et réitère ces mesures deux fois.
- Saisis les premières valeurs mesurées pour une mesure de même sens dans le tableau 2 du protocole.
- Saisis les deuxièmes valeurs mesurées pour la mesure avec directions opposées dans le tableau 3 du protocole.

PHYWE

# Protocole



PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

## Tableau 1

Inscris tes mesures portant sur la durée de suspens $T_s$ et calcule à partir de celles-ci la valeur moyenne de la durée de suspens $\langle T_s \rangle$ du pendule et de la fréquence de suspens $f_s$.

Calcule la fréquence à partir de la durée d'oscillation :

$$f_s = \frac{1}{T_s} = T_s^{-1} \quad [Hz \triangleq \frac{1}{s}]$$

| N° de mesure | $T_s\,[s]$ |
|---|---|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |

| $\langle T_s \rangle\,[s]$ | $f_s\,[Hz]$ |
|---|---|
| | |

## Tableau 2

Inscris tes valeurs mesurées pour la durée d'oscillation de 10 périodes avec stimulation dans le même sens et les durées d'oscillation correspondantes $T$ pour une oscillation. Calcule ensuite la valeur moyenne $T_1$ et la fréquence $f_1$ pour la stimulation identique.

$$f_1 = \frac{1}{T_1}$$

| N° de mesure | $t_{10}\,[s]$ | $T\,[s]$ |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |

| $T_1\,[s]$ | $f_1\,[Hz]$ |
|---|---|
| | |



PHYWE
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

## Tableau 3

PHYWE

Inscris tes valeurs mesurées pour la durée d'oscillation de 10 périodes avec stimulation opposée et les durées d'oscillation correspondantes $T$ pour une oscillation. Calcule ensuite la valeur moyenne $T_2$ et la fréquence $f_2$ pour une stimulation opposée.

$$f_2 = \frac{1}{T_2}$$

| N° de mesure | $t_{10}\,[s]$ | $T\,[s]$ |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |

| $T_2\,[s]$ | $f_2\,[Hz]$ |
|---|---|
| | |

## Tâche 1

PHYWE

Fais glisser les mots aux bons endroits selon tes observations.

En _____ les pendules, _____ est transférée du premier pendule au second, qui à son tour commence à _____. La perte d'énergie du premier pendule entraîne une _____ de son amplitude jusqu'à son _____. Le deuxième pendule a maintenant atteint sa plus grande _____. Ensuite, le transport d'énergie recommence, mais désormais à l'envers, du _____ pendule au _____. Avec cela, l'"état initial" est de nouveau atteint, le processus recommence.

amplitude
osciller
deuxième
diminution
arrêt
premier
couplant
l'énergie

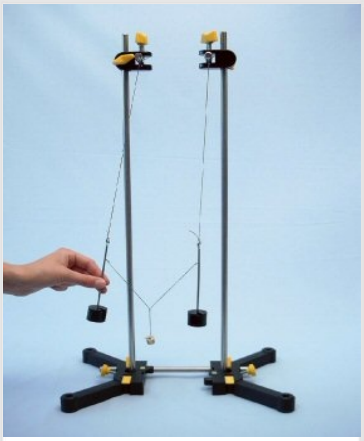
Consultez le site



PHYWE
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

## Tâche 2

PHYWE



Déviation du pendule à fil

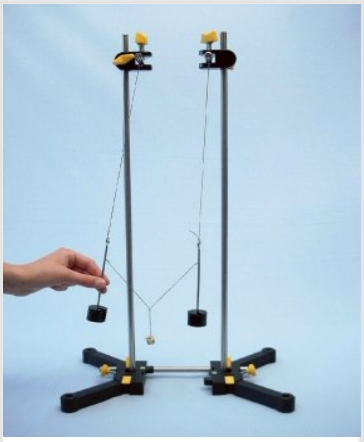
Un pendule oscillant possède une énergie d'oscillation sous forme d'énergie potentielle et cinétique. Peux-tu expliquer les processus observés sur les pendules couplés en adoptant une perspective énergétique ?

- ○ Les énergies cinétiques et potentielles de chaque masse (gauche et droite) se transforment sans cesse.
- ○ Le système n'a toujours que de l'énergie potentielle.
- ○ Le système n'a toujours que de l'énergie cinétique.

Consultez le site

## Tâche 3

PHYWE



Déviation du pendule à fil

Forme la différence des fréquences d'oscillation pour une stimulation dans un même sens et dans des directions opposées $f_2 - f_1$. Compare le résultat avec la fréquence de suspens que tu avais déterminée $f_s$ Que constates-tu ?

- ○ $f_s = f_2 - f_1$
- ○ $f_s < f_2 - f_1$
- ○ $f_s > f_2 - f_1$

Consultez le site



PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

| Diapositive | Score / Total |
|---|---|
| Diapositive 19: Pendule d'observation couplé | 0/8 |
| Diapositive 20: conversion de $E_{pot}$ et $E_{kin}$ | 0/1 |
| Diapositive 21: Comparaison des $\Delta f$ et $f_s$ | 0/1 |

**Montant total** 0 / 10

Solutions | Répéter | Exportation de texte



PHYWE
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de