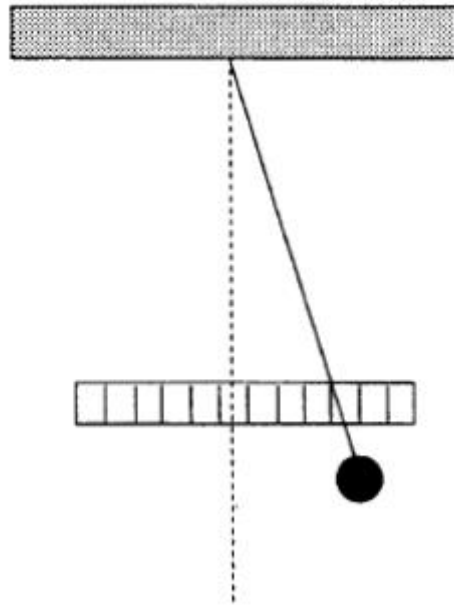


التجربة المنزلية 01

تأثير الكتلة على تخامد النواس

الهدف: دور النواس البسيط مستقل عن كتلته. آلية التخماد الرئيسية هي مقاومة الهواء لحركة تأرجح الجسم. تلك المقاومة تعتمد على شكل الجسم ولكن ليس على كتلته. بالتالي قد يتوقع المرء أن زمن التلاشي للنواس سيكون أيضاً مستقلاً عن كتلته. ستكتشف هنا أن الأمر ليس كذلك. وستتعلم أيضاً لماذا.

التجربة: استخدم وزن 10 أونصات وسلك صيد مجدول لتشكيل نواس بطول حوالي 1 إلى 1.5 متر. تأكد أن نقطة التعليق ثابتة، حتى لا تكون حركتها مصدر تخامد. قم بقطع (تشريح) كرة الاسفنج في المنتصف وأزل التجويف بالقدر الذي يصبح فيه مناسباً ليضم الوزن. ضع التجويف الكروي الاسفنجي حول الوزن وأصقه بشريط لاصق.



أوجد طريقة مناسبة لوضع مسطرة قياس بلاستيكية خلف النواس، يمكن استخدام ذلك لقياس انحراف السلك (من الصعب قياس انحراف أسفل أو حافة الجسم الكروي). قم بتحرير النواس من سعة ابتدائية تساوي حوالي 15 سم.

قم بقياس الدور. ربما ستحاول عدة مرات لتقيس زمن 20 اهتزاز لتقدير الدقة التي يمكنك قياس الدور بها. لا تحتاج إلى قياس دقيق في هذه التجربة ولكنه تدريب جيد.

الآن القياس الأهم. حدد كم يحتاج النواس زمناً لتغيير سعته وفق المعامل $1/2$.

قم بتغيير الوزن وأعد القياسات. استخدم إحدى الأوزان 1.5 أونصة هذه المرة. ضع السلك عبر الثقب وثبته باستخدام شمع خشبي. بهذه الطريقة سيكون طول النواس قريب جداً للطول المستخدم في المرة السابقة. استبدل الغلاف الكروي بمنديل ورقي أو قطني لتغليف الوزن وملء بقية التجويف وبذلك لا يتحرك الوزن بالنسبة للغلاف الكروي. الآن يجب ملاحظة أنّ زمن التخماد أصبح أقصر منه في حالة الوزن الأثقل.

مناقشة: القوة المطبقة على الجسم نتيجة احتكاك الهواء هي $F_{\text{احتكاك}} = -b\dot{x}$.

الثابت b يعتمد على عدة عوامل مثل شكل الجسم الهندسي ولزوجة الهواء. لا يعتمد الثابت b على كتلة الجسم. من أجل الاهتزازات ذات السعة الصغيرة. $F_{\text{استعادة}} = -mg(x/\ell)$. وضع هذه القوى في معادلة الحركة يعطي:

$$F_{\text{الكتلة}} = -mg(x/\ell) - b\dot{x} = m\ddot{x}.$$

تذكر أن زمن التخماد حوالي $\tau = 1/\gamma = m/b$. بالتالي يكون زمن التخماد متناسباً مع الكتلة. إذا كان الشرح (التوضيح) في الأعلى مرضٍ لك، ربما يجب أن يكون تخصصك بالرياضيات عوضاً عن الفيزياء. لنحاول مرة أخرى. إذا حرك أحدهم الجسم مسافة dx بعكس اتجاه القوة المطبقة F ، تنتقل الطاقة $dE = -Fdx$ إلى النظام المزود للقوة. في حالة تخامد النواس، $F = -b\dot{x}$ و dE تنتقل إلى الهواء بصيغة ازدياد الطاقة الحركية للجزيئات. بما أنّ الطاقة مصونة، تتناقض طاقة النواس بكمية $dE = b\dot{x}dx$. الطاقة المفقودة في دورة واحدة ΔE هي تكامل هذه الكمية على دورة واحدة للنواس. ليس هناك حاجة للقيام بالتكامل التحليلي لفهم النتيجة. مسار dx يُحدد بواسطة السعة الأعظمية للتأرجح X_{max} . السرعة الاتجاهية \dot{x} تُحدد من أجل المسار الكامل إذا علمنا -بالإضافة إلى X_{max} -، التردد ω . وبالتالي من أجل كل الاهتزازات مع نفس ω و X_{max} ، ستكون ΔE نفسها. الطاقة التي يتم خسارتها في كل دورة لا علاقة لها بالكتلة.

لنعتبر الآن أنّ متوسط الطاقة الكلية E_{total} ، حيث تكون هذه هي طاقة النواس عندما يكون انحرافه أعظماً X_{max} . هذا أسهل لتحديد نهاية التأرجح عندما كل الطاقة تكون كامنة وتساوي $l mgh$. لاحظ أنّ هذه الكمية تعتمد على الكتلة خطياً.

الارتفاع h فوق موضع ثابت يعتمد فقط على X_{max} و ℓ :

$$h \approx \frac{1}{2} x_{\text{max}}^2 / \ell$$

لنلخص ذلك: الطاقة التي نخسرها في كل دورة لا تعتمد على الكتلة، متوسط الطاقة خلال تلك الدورة متناسبة مباشرة مع الكتلة. وبالتالي كل الأشياء الأخرى ستكون متساوية، معدل التخماد متناسب مع $\Delta E/E_{total}$ سيكون متناسباً عكسياً مع الكتلة. τ سيكون عندها متناسباً مع الكتلة.

أسئلة:

1- ما هي العلاقة بين τ (المناقشة أعلاه) والزمن الذي قسته $t_{1/2}$ ، حيث تتناقص السعة وفق هذا الزمن بمعدل 2؟

$$t_{1/2} = (2 \ln 2)\tau \text{ الإجابة:}$$

2- كيف يتغير الدور بشكل جزئي صغير جداً بالنسبة للتغير الجزئي الصغير جداً في الطول؟

$$dT/T = \frac{1}{2} dl/l \text{ الإجابة:}$$

3- كيف يمكنك -جزئياً- تحديد الدور T؟ ما هي الدقة -بال-سم- التي يمكنك من خلالها إعادة وضع الكتلة في موضع جديد بحيث يكون الدور T بنفس القيمة التي كان عليها في التجربة؟

4- ماذا كان المعامل Q للمذبذب في كل حالة؟

5- التخماد يسبب التردد الفعلي (ω_f الحقيقي) لتكون قيمته أقل من التردد غير المتخامد ω_0 . هل ستكون قادراً على قياس انزياح هذا التردد (أو الدور) عندما تغيّر الكتلة وتستخدم الكتلة الأخف؟

6- هل كانت أزمنة التخماد متناسبة مع الكتلة؟ إذا لم يكونوا كذلك، هل تعتقد أن الاختلاف (التناقض) عائد إلى الدقة في القياسات أم أنه نتيجة مصدر تخامد آخر؟