Versuche zur geradlinigen Bewegung

Gleit- und Haftreibung



Einleitung

In dieser Versuchsreihe sollen Sie zwei Arten von **Reibung** kennenlernen, nämlich die **Haftreibung** und die Gleitreibung. Dabei erfahren Sie, welche Faktoren diese **Reibungskräfte** beeinflussen – und welche eben nicht – und Sie werden sehen, wie wir rechnerisch mit diesen Kräften umgehen.

Mess-Setting

Im Wesentlichen arbeiten Sie ganz schlicht mit einer sogenannten **Federwaage** – ein einfaches Kraftmessgerät – mit der Sie einen **Klotz** über eine **Holzunterlage** ziehen und dabei messen, wie viel Kraft dazu benötigt wird. Bereits mit diesem einfachen Setting lassen sich einige wichtige Fragen rund um die Reibung zwischen Oberflächen beantworten.

Bei diesem Versuch können Sie Ihre Gruppe in zwei Teilgruppen aufteilen. Das Material ist doppelt vorhanden. So kommen alle wirklich selber zum Experimentieren.

Versuchsvorbereitung

1. Auf `agertsch.ch` liegt für Sie das *Excel*-File `reibung.xlsx` bereit. Laden Sie dieses File herunter und öffnen Sie es (nur jemand pro Teilgruppe).

2. Ermitteln Sie zu allererst die Masse m_K Ihres Klotzes auf Gramm genau. Eine Waage liegt bereit. Tragen Sie diese Masse in Ihr Messfile ein.

3. **Federwaage tarieren ($\widehat{=}$ auf Null stellen"):** Halten Sie die $2\,\mathrm{N}$-Federwaage horizontal, ohne daran zu ziehen. Vermutlich wird sich die rote Marke im durchsichtigen Rohr nun nicht genau bei 0 befinden. Stellen Sie die Federwaage auf 0, indem Sie oben an der Waage den Haken etwas hinein- oder herausschrauben. Die Endposition können Sie fixieren, indem Sie die zusätzliche Metallscheibe an den Deckel der Federwaage herandrehen, bis es nicht mehr weiter geht.

Messungen der Haftreibung

1. Zunächst geht es um die **Haftreibung**. Damit bezeichnen wir die Kraft, die verhindert, dass sich ein Körper *zu bewegen beginnt*. Probieren Sie es aus. Legen Sie den Klotz mit seiner Holzseite auf die Holzunterlage, haken Sie die Federwaage am einen Ende ein und ziehen Sie nun mit der Waage am Klotz. Zunächst wird dieser sich nicht bewegen, obwohl Sie bereits messbar an ihm ziehen. Das ist genau die Auswirkung der Haftreibung zwischen Klotz und Holzunterlage. Wenn Sie immer stärker ziehen, gibt es irgendwann einen "Ruck" und der Klotz bewegt sich. Nun haben Sie den maximal **möglichen Betrag der Haftreibung** $F_{\mathrm{R,Haft,max}}$ überschritten.

   Die Haftreibung $F_{\mathrm{R,Haft}}$ passt sich also der Kraft, mit der die Federwaage am Klotz zieht, an und verhindert so die Bewegung, aber eben nur bis zu einem gewissen Grenzbetrag $F_{\mathrm{R,Haft,max}}$. Das notieren wir wie folgt:

$$F_{\mathrm{R,Haft}} \leq F_{\mathrm{R,Haft,max}} \tag{1}$$

2. Ermitteln Sie nun für die möglichen Oberflächenkombinationen "Holz auf Holz", "Gummi auf Holz", "Schleifpapier auf Holz" und "Filz auf Holz" die maximal mögliche Haftreibungskraft $F_{\mathrm{R,Haft,max}}$ (im File eintragen). Dazu müssen Sie genau hinschauen, bei welchem Kraftwert der Klotz zu rutschen beginnt. (N.B.: Kräfte werden in der SI-Grundeinheit **Newton** N angegeben.)

3. Machen Sie denselben Versuch gleich noch zweimal mit allen vier Oberflächenbeschaffenheiten des Klotzes, wobei Sie nun allerdings mit anderen Gesamtmassen arbeiten. Legen Sie einmal insgesamt $100\,\mathrm{g}$ und einmal insgesamt $200\,\mathrm{g}$ zusätzliche Masse m_{add} in Form von Gewichtsscheiben auf den Klotz. Lassen Sie sich im File gerade die jeweilige Gesamtmasse m $(= m_{\mathrm{K}} + m_{\mathrm{add}})$ berechnen. Tragen Sie jeden Ihrer Messwerte für $F_{\mathrm{R,Haft,max}}$ an der richtigen Stelle ins File ein.

Auswertung zu den Haftreibungsmessungen

1. Offensichtlich nimmt der maximal mögliche Haftreibungsbetrag $F_{\mathrm{R,Haft,max}}$ zu, je schwerer der Klotz ist (Gesamtmasse m).

   Erklärung: Aufgrund seines Gewichts wird der Klotz mit einer Kraft gegen die Unterlage gedrückt. *Genau mit dieser Kraft werden die beiden Oberflächen (Klotz und Unterlage) gegeneinander gedrückt.* Eine solche Kraft zwischen zwei Oberflächen bezeichnen wir als **Normalkraft** F_{N}. Je stärker die Oberflächen gegeneinander gedrückt werden, desto grösser wird die Reibung.

   Tatsächlich sollten Sie in Ihren Daten andeutungsweise eine Proportionalität erkennen können. Bei einer bestimmten Oberflächenkombination sind $F_{\mathrm{R,Haft,max}}$ und F_{N} in etwa proportional zueinander. Das bedeutet, dass das Verhältnis $\frac{F_{\mathrm{R,Haft,max}}}{F_{\mathrm{N}}}$ in etwa immer denselben Wert ergeben muss. Nehmen Sie diese Berechnungen in Ihrem File vor (vorbereitete Felder rechts) und ermitteln Sie auch gerade den Mittelwert aller Werte (ganz rechts).

2. Wir haben also festgestellt, dass die maximal mögliche Haftreibung $F_{\mathrm{R,Haft,max}}$ in etwa proportional zur Normalkraft F_{N} ist. Somit können wir (1) nochmals erweitern:

$$F_{\mathrm{R,Haft}} \leq F_{\mathrm{R,Haft,max}} = \mu_{\mathrm{H}} \cdot F_{\mathrm{N}} \tag{2}$$

   μ_{H} steht für den sogenannten **Haftreibungskoeffizienten** resp. die sogenannte **Haftreibungszahl**. Dabei ist μ der griechische Buchstabe *mü*. μ_{H} lesen wir also als "mü ha".

   Dieses μ_{H} beschreibt das Verhältnis aus maximal möglicher Haftreibung und Normalkraft. Wie wir gesehen haben, hängt es von den Oberflächenbeschaffenheiten ab. Ganz rechts im File haben Sie dazu je einen Mittelwert für eine bestimmte Oberflächenkombination berechnet.

Messungen und Auswertung zur Gleitreibung

Messen Sie nun ebenfalls die sogenannte **Gleitreibungskraft** $F_{\mathrm{R,Gleit}}$. Sie erhalten die Messwerte, indem Sie versuchen den Klotz mit **gleichförmiger Geschwindigkeit** über die Holzunterlage zu ziehen und dabei den Wert auf der Federwaage abzulesen. Das ist unter Umständen ein bisschen "tricky", aber es geht schon, besonders zu zweit.

Anschliessend können Sie genau dieselben Auswertungen wie bei der Haftreibung vornehmen. Offenbar ist auch bei der Gleitreibung die Reibungskraft $F_{\mathrm{R,Gleit}}$ proportional zur Normalkraft F_{N}:

$$F_{\mathrm{R,Gleit}} = \mu_{\mathrm{G}} \cdot F_{\mathrm{G}} \tag{3}$$

Ermitteln Sie auch hier unter Verwendung verschiedener Masseauflagen für jede Oberflächenkombination drei Werte für μ_{G}, das wir nun natürlich als **Gleitreibungszahl** bezeichnen müssen.

Natürlich bleiben zum Schluss noch Fragen offen, z.B.: "Welche Rolle spielt die Geschwindigkeit bei der Gleitreibung?" Oder: "Welchen Einfluss hat eine grössere oder kleinere Berührungsfläche auf die Reibung?" Diesen Fragen werden wir im Unterricht wieder begegnen.