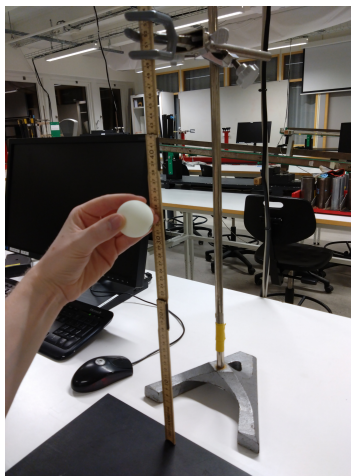


Lösningsförslag

Fäst tumstocken i lodrätt läge med hjälp av stativet. Håll bollen med underkanten $h_{\text{före}} = 30,5$ cm över stålplattan framför tumstocken. Mät höjden h_{efter} på bollens underkant efter studsens med ögonmått. En bild av uppställningen visas i figur 1.



Figur 1: Bild av uppställningen.

Då denna metod medför en viss osäkerhet bör försöket upprepas minst tre gånger och ett medelvärde beräknas¹. Tre sådana försök gav resultaten $h_{\text{efter}} = 25,2$ cm, $25,8$ cm och $24,9$ cm. Medelvärdet blir då $h_{\text{efter}} = 25,3$ cm, vilket stämmer väl överens med den internationella standarden. Stöttalet beräknas sedan med det givna uttrycket $q = \sqrt{\frac{h_{\text{efter}}}{h_{\text{före}}}} = 0,91$.

Placera sedan webbkameran med mikrofon på stålplattan och ta upp tider (T) för studsar genom att spela in ljudet från studsarna med Audacity. Stega igenom den erhållna vågformen för att avläsa tiderna, och zooma in så att man tydligt ser var ljudpulsens genererad av stötarna börjar. Tänk på att mäta från pulsens början, som inte nödvändigtvis sammanfaller med pulsens maximala amplitud. Tiderna kan avläsas på en tusendels sekund när. Avlästa tider visas i tabell 1. Komplettera tabellen med tidsskillnaderna ΔT mellan påvarandra följande stötar.

För ett fall från höjd h med konstant acceleration g gäller att falltiden, motsvarande halva tiden mellan stötarna, ges av

$$\frac{\Delta T}{2} = \sqrt{\frac{2h}{g}}. \quad (1)$$

Stöttalet q_n för den n :e studsens kan därför beräknas enligt

$$q_n = \sqrt{\frac{h_{n+1}}{h_n}} = \frac{\Delta T_{n+1}}{\Delta T_n}. \quad (2)$$

Erhållna värden på q_n visas i kolumnen längst till höger i tabell 1. För fullständighets skull visas även en plot av q_n som funktion av n i figur 2.

Dessa värden är något högre än stöttalet uppmätt ovan utifrån höjdskillnaden efter första studsens, och även lite högre än den övre gränsen för den internationella standarden som motsvarar $q \approx 0,92$. Även om viss stokastisk osäkerhet förekommer framträder en tydlig trend av att stöttalet ökar något med antal studsar, särskilt om mätningen upprepas några gånger (inte nödvändigt för de tävlande). Detta kan förklaras av att studsarna som mätningen med Audacity är baserad på sker från lägre höjd, samt att höjden minskar med antal studsar. Detta leder till att mindre energi går förlorad på grund av

¹Internationellt mäts studsens 3 ggr med mobilkamera och mm-skala bakom. Geometriskt medelvärde bildas.

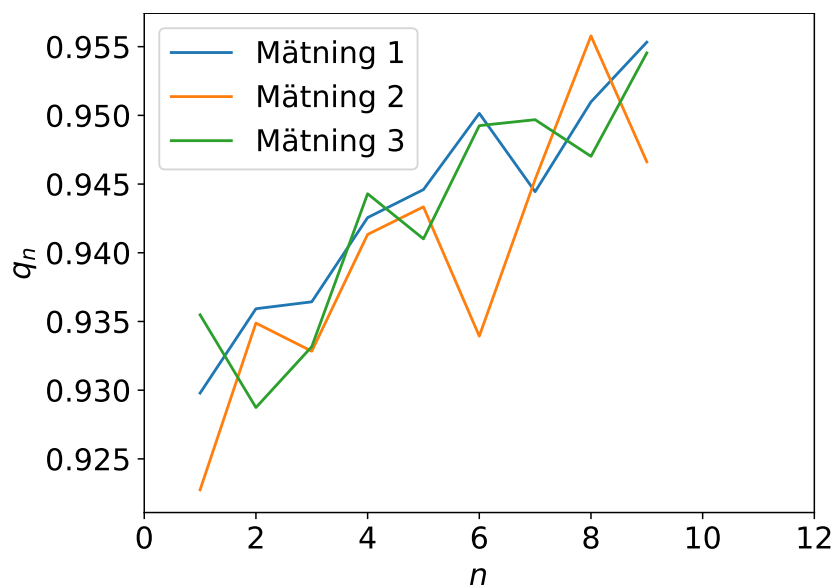
luftmotstånd, samt att deformationen av bollen blir mindre, vilket minskar sannolikheten för plastisk deformation.

Slutligen kan falltiden från att bollen släpptes uppskattas utifrån antagandet att stöttalet är ungefär detsamma för första och andra stöten. Falltiden för andra stöten ges av $\Delta T_2/2$ och förhåller sig till falltiden för första stöten enligt

$$\frac{\Delta T_2}{2} = T_{\text{fall},1} \cdot q_1 \Rightarrow T_{\text{fall},1} = \frac{\Delta T_2}{2q_1} \approx \frac{\Delta T_2}{2q_2} \approx 0.25 \text{ s.} \quad (3)$$

T [s]	ΔT [s]	q_n
4.601		
5.071	0.470	0.930
5.508	0.437	0.936
5.917	0.409	0.936
6.300	0.383	0.943
6.661	0.361	0.945
7.002	0.341	0.950
7.326	0.324	0.944
7.632	0.306	0.951
7.923	0.291	0.955
8.201	0.278	

Tabell 1: Tider för studsar uppmätta med Audacity.



Figur 2: Stöttal baserat på tidsskillnaden mellan varje enskild studs.

Rättningsmall

Enkel studs: (Totalt: 2 poäng)

- Redovisat metod med figur (0,5 poäng).
- Redovisat stöttalet (0,5 poäng) och medelvärde minst 3 försök ger (1 poäng)
- Bedömt om intervallet 240 - 260 mm, motsvarar 0,89 - 0,92 är uppfyllt (0,5 poäng).

Audacity: (Totalt: 8 poäng)

- Redovisat en tabell med en mätserie av tiden (T) som funktion av antal studsar. Minst 10 mätpunkter (1 poäng), färre (0,5 poäng).
- Utvidgar tabellen med ΔT . (1 poäng).
- Insett att $q_n = \frac{\Delta T_{n+1}}{\Delta T_n}$ (1 poäng).
- Udvidgat tabellen med q_n (1 poäng).
- Stöttalen ligger inom rimligt intervall (ca 0.91 – 0.97) (0,5 poäng) och den ökande trenden är synlig (0,5 poäng).
- Jämfört stöttalen med första mätningen (0,5 poäng) och med den internationella standarden (0,5 poäng).
- Godtagbart resonemang om varför stöttalet ökar med antal studsar (1 poäng).
- Beräknat tid till första studs (1 poäng).

Maximalt utdelas 10 poäng på uppgiften. Enhetsfel/utelämnade enheter och storheter ger 0,1 poängs avdrag varje gång det inträffar. Olämplig skala på axlarna i grafen ger upp till 0,5 poängs avdrag.