

ACCELERERANDE RÖRELSE

1 Inledning

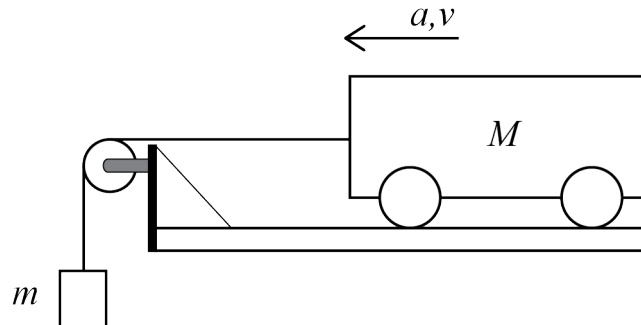


Bild 1. Massan m på trådens ända drar då den faller vagnen, vars massa är M .

I arbetet fästs vikter, med olika massor, med en tråd och ett blockhjul i en vagn, som åker längs med en skena. Vagnen drags i accelererande rörelse när vikten släpps och faller under tyngdkraftens verkan. Enligt Newtons II:a lag orsakar den totala kraften F accelerationen a , då den verkar på en kropp med massan m , enligt följande formel:

$$F = ma. \quad (1)$$

Om vi inte beaktar blockhjulets tröghetsmoment och trådens massa får vi följande rörelseekvationer för vikten och vagnen (massa M):

$$\text{Vikten:} \quad F_p = mg - T = ma \quad (2)$$

$$\text{Vagnen:} \quad F_v = T - F_k = Ma \quad (3)$$

Ovan är g tyngdaccelerationen $9,81 \text{ m/s}^2$ och T trådens spännkraft, som verkar på både vikten och vagnen. F_k är friktionskraften. Nu kan vi lösa ut T ur både ekvation (2) och (3) och sedan lägga upp en likhet med uttrycken vi får. Vi får likheten:

$$(M + m)a = mg - F_k. \quad (4)$$

Genom att mäta vagnens acceleration i det ovan beskrivna systemet kan vi alltså bestämma tyngdaccelerationen g och friktionskraften F_k .

I detta arbete börjar vi med att visa lagens (1) giltighet. Efter det använder vi sambandet i ekvation (4) för att bestämma tyngdaccelerationen g och friktionskraften F_k .

2 Målsättningar

Efter att fullborda arbetet

- har studerande praktiskt observerat olika stora krafter inverkan på en kropps acceleration
- kan studerande rita upp krafter som verkar på objekt i kraftdiagram för en simpel experimentuppsättning
- kan studerande presentera mätresultat grafiskt och göra en linjär anpassning för ett punktsystem

3 Apparatur

3.1 Apparaturens delar

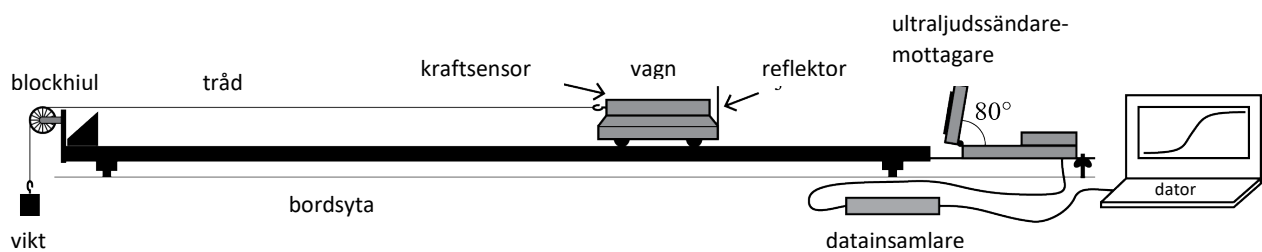


Bild 2. Mätningsskema

Redskapen som behövs i arbetet presenteras i bild 1. En vagn på hjul åker längs med en skena. På vagnen är en kraftsensor, vars krok är fäst i ett snöre, som går över ett blockhjul, och sedan är bundet i en vikt, som hänger i snöret. Kraftsensorn har en trådlös Bluetooth-uppkoppling och sänder data om kraften som drar i vagnen till datorn. Vagnens position mäts med en ultraljudssändare-mottagare som sänder ut ultraljudspulser med tätt intervall (10 1/s). Ultraljudspulserna reflekteras från reflektorn och återvänder till mottagaren. Ultraljudssensorn är förbunden med en LabQuest Mini-datainsamlare, som i sin tur är förbunden med en dator. Baserat på tiden det tar för pulserna att återvända kan man bestämma vagnens position, ur vilken man i sin tur kan bestämma vagnens hastighet och acceleration. Sensorns data kan granskas med datorn. Trådens massa och blockhjulets tröghetsmoment behöver inte beaktas under arbetet, då de är försvinnande små.

Dessutom behövs:

- En viktsamling
- En våg för att väga vikternas och vagnens massa
- En vinkellinjal

3.2 Annat att lägga märke till om apparaturen

Kontrollera före mätningarna att skenan inte är för nära bordets kant. Skenan kan flytta på sig något då vagnen kolliderar med ändstoppet och om skenan faller av bordet kan vagnen falla så att den känsliga kraftsensorn på den skadas!

Varning! Reflektorplattans kanter kan vara vassa, akta fingrarna!

Den trådlösa kraftsensorn kan laddas med laddaren bredvid arbetet. Om batteriet verkar tomt tar det ca. 10 minuter att ladda upp det till mätningsskick. Laddaren kopplas till hålet på sensorns ända. Ta loss reflektorskivan från magneterna på vagnen för att lyckas med detta. *Kom ihåg att sätta kraftsensorn i laddning efter att ni är klara med arbetet, för att underlätta följande mätningsarbeten!*

Om det uppstår problem med att förbinda den trådlösa kraftsensorn med datorn kan det löna sig att försöka igen med datorns wifi avkopplad. Kraftsensorns Bluetooth-sändare förlorar ibland förbindelsen med datorn mitt i en mätning. Detta märks oftast genom att mätningen inte startar då man trycker på "Collect"-knappen. Oftast hjälper det att stänga av sensorn och sätta på den igen. Datorn ger då ett felfönster, i vilket man väljer "Attempt reconnection". Det kan även hjälpa att flytta på datorn, eftersom reflektorn, som är gjord av metall, kan störa Bluetooth-sändarens radiosignal något. Om problemen ej upphör; spara mätningsfilen, stäng Logger Pro, och starta om programmet. Genom att sedan öppna den sparade mätningsfilen kan man fortsätta där man avbröt mätningen.

4 Föruppgifter

Bekanta dig med teorin som hör till arbetet med valfri fysiklärobok, t.ex. [1–3]. Läs igenom arbetsinstruktionerna och besvara frågorna nedan i svarsformuläret.

1. Vad tänker du mäta i detta arbete och varför?
2. Rita i svarsformuläret in alla krafter som verkar på vikten och vagnen, och namnge krafterna.

5 Mätningar

Varning: Vagnarna innehåller magneter, som kan störa till exempel pacemakers eller mekaniska armbandsurs funktion.

Alla mätresultat och frågornas svar skrivs upp på svarsblanketten. Blyertspenna rekommenderas. Svarsblanketten lämnas till slut in till assistenten.

5.1 Före mätningarna

1. Gör en hypotes:

En vikt hängs på ändan av tråden, som i bild 2. Vagnen och vikten släpps och vikten drar vagnen längs med skenan, tills vagnen träffar hindret på ändan av banan, och kolliderar elastiskt så att vagnen studsar tillbaka.

Hur ser vagnens rörelse ut som funktion av tiden? Skissera grafer för vagnens position, hastighet och acceleration i svarsformuläret. Motivera ditt svar.

2. Ta loss den trådlösa kraftsensorn från laddaren. Väg vagnen med sin sensor och reflektor samt väg vikterna, som skall användas under mätningen, med en 10–50 g våg. Skriv ner resultaten i svarsformuläret.
3. Kontrollera att skenan inte lutar genom att ge vagnen lite fart i båda riktningarna. Vagnen borde sakta in likadant i båda riktningarna. Skenans fötter kan justeras vid behov. Ta bort möjliga hinder som ultraljudskonon kunde träffa ifrån skenans omgivning.
4. Koppla in ultraljudssensorn i LabQuest-datainsamlarens DIG 1-port och koppla in datainsamlaren i datorns USB-port. Kontrollera att spaken på ultraljudssensorn är i "vagn"-positionen. Sätt på den trådlösa kraftsensorn. Öppna den färdiga mätningsfilen *Mittauspohja_kiihtyvä_liike.cml* i

Mittauspohjat-mappen på datorns skrivbord. Ett *Sensor Confirmation*-fönster dyker upp. Klicka på *Scan for WDSS* i det och välj sensorns namn i listan som dyker upp enligt det som står på sidan av sensorn ni använder.

5. Kontrollera att tråden och vikten inte ännu är fästa i kraftsensorn. Dra vagnen så nära ultraljudssensorns ända av skenan som tråden tillåter och nollställ både platssensorn och kraftsensorn genom att välja *Experiment* ® *Zero* eller genom tangentkombinationen *Ctrl+0*.
6. Gör en testmätning med en 20 g vikt. Placera vikten, vagnen och tråden som i bild 2 och ta bort hinder för ultraljudskonon. Starta mätningen genom att trycka på *Collect* eller genom att trycka på mellanslagstangenten. Släpp loss vagnen.

(OBS! Speciellt med större massor kan vikten slita sig loss från tråden under kollisionen och vagnen studsar då tillbaka utan någon inbromsning. Var redo att fånga vagnen före den slår in i ultraljudssensorn!)

Accelerationen borde vara jämn från början till kollisionen. Om accelerationsgrafan har toppar eller mycket spridning lönar det sig kontrollera att ultraljudssensorn är rätt inställd. Om sändare-mottagaren är för lågt riktad stör reflektioner från bordet och skenans ändor mätningen, och om sändare-mottagaren är för högt riktad träffar inte ultraljudspulserna reflektorn på vagnen. Rätt vinkel är vanligtvis inom intervallet 79–81°. Vid behag kan vinkellinjal användas för att underlätta justeringen.

5.2 Egentliga mätningar

1. **Testa din hypotes** med en 20 g vikt och skriv ner observationer i svarsformuläret. Motsvarar resultatet hypotesen? Om inte, tänk på varför.
2. Mät vagnens acceleration samt kraften som drar den vid fem olika värden för massan, 10–50 g. Spara varje lyckad mätserie (mätning) före nästa mätning (*Ctrl + L*)
3. Visa till slut resultaten till assistenten. Spara *Logger Pro*-filen för senare undersökning. Spara filen på *Opiskelijat*-nätdisken.
4. Ta till slut loss reflektorskivan från vagnen och koppla den trådlösa kraftsensorn till laddaren och laddaren till ett eluttag. Koppla även loss *LabQuest Mini*-datainsamlarens USB-kabel från datorn.

6 Behandling av resultaten

Skriv ner resultaten i svarsblanketten. Bifoga möjliga uträkningar på andra papper, samt grafer till svarsblanketten.

6.1 Newtons II:a lag

1. Bestäm för alla mätningar vagnens acceleration a före den kolliderar med hindret på skenans ända och skriv ner dem i svarsblanketten.

Tips: Du kan bestämma accelerationen antingen med ögonmått eller genom att räkna ut ett medelvärde för ett passligt område.

2. Bestäm på samma sätt, med kraftsensorns data, kraften T , som drar vagnen, och skriv ner resultaten i svarsblanketten.
3. Rita upp dragkraften T som funktion av accelerationen a . Gör en linjär anpassning för grafen och bestäm dess riktningskoefficient. Felbedömning behövs inte.
4. Skriv ut grafen och bifoga den till svarsblanketten.

6.2 Bestämning av fallacceleration och friktionskraft

5. Räkna ut storheten $(m + M)a$ för alla mätningar och skriv ner resultaten i svarsblanketten.
6. Rita en graf för storheten $(m + M)a$ som funktion av viktens massa. Enligt ekvation (4) borde punkterna falla på en rak linje. Anpassa en linje till punktsystemet och bestäm linjens riktningskoefficient och konstanta term, med felbedömning. Bestäm med resultaten ett värde för fallaccelerationen g och friktionskraften F_k samt deras fel.
7. Skriv ut grafen och bifoga den till svarsblanketten.

7 Tankeställare

1. Hurudana felkällor förekommer i arbetet?
2. Gäller $F = Ma$? Motivera ditt svar med hjälp av ekvation (3) och grafen du gjorde med mätningarna i punkt 6.1. Vad betyder den konstanta termen i den linjära anpassningen i punkt 6.1? (konstantens värde behöver inte bestämmas)
3. Jämför värdet du fick för fallaccelerationen med värden från litteraturen. Är resultatet rimligt?

Källor

- [1] D.C. Giancoli, Physics for Scientists & Engineers with Modern Physics 4th edition, International edition, Pearson Education, Inc, 2009.
- [2] Hugh Young, Roger Freedman, A. Lewis Ford: University Physics with Modern Physics. International Edition. 13. upplagan. Pearson Education, 2011.
- [3] Halliday, Resnick, Walker, Fundamentals of Physics Extended, Extended 9th edition, International Student Version, Wiley & Sons, Inc., 2011.