

Observationer och upptäckarglädje – en kvalitativ fysiklaboration utan rapport

Martin H. Magnusson, *Fysiska institutionen, LTH*

Abstract— Många (fysik)laborationer på universitetsnivå är detaljerat styrda och inriktade på att bekräfta teori med siffror. I det här exemplet vänder vi på perspektivet och låter studenterna utforska ett fenomen utan mätinstrument, med fokus på vad de faktiskt observerar. Studenterna släpper en fotboll med en plastflaska balanserad ovanpå, och ser hur flaskan på ett dramatiskt sätt flyger väldigt högt. Genom att variera mängden vatten i flaskan upptäcker de att bollens studs kan försvinna nästan helt – ett oväntat resultat som varken kräver eller gynnas av noggranna mätningar. De flesta grupper hittar så småningom det intressanta mönstret i bollens studs, men många utforskar också egna variationer som olika släpphöjder eller fokus på flaskans rotation. Det skapar både engagemang och utrymme för diskussion i större grupp.

I. INTRODUKTION

LABORATIONER ses ofta som själva hjärtat i naturvetenskaplig utbildning. Ändå upplever många universitetsstudenter att laborationer handlar om att följa instruktioner och bekräfta teori snarare än att undersöka och tänka som forskare. I många fall är målet att få fram rätt värde snarare än att förstå vad som faktiskt händer. Fysikdidaktisk forskning har länge påpekat behovet av mer öppna och autentiska laborationer där studenter ges utrymme att planera, observera och dra egna slutsatser [1, 2], och hur förväntningar på att ”bekräfta teorin” ofta påverkar studenternas beslut i laboratoriet [3]. Vi har utvecklat en enkel men tankeväckande övning: boll-och-flaska-experimentet [4], vilket sätter observationen i centrum. Här får studenterna undersöka ett oväntat fenomen utan mätinstrument, utan formell rapport och utan krav på att få ”rätt” resultat. Laborationen och det pedagogiska tänkandet beskrivs i mer detalj i referens [4], och där finns även en härledning av fysiken.

A. Motivation och syfte

Syftet med laborationen är att låta studenterna öva på observation, dokumentation och metodutveckling i en autentisk situation. Genom att ta bort mätinstrument och rapportmallar fokuserar vi på själva undersökningsprocessen: att titta, anteckna och resonera. Övningen ska också väcka intresse och visa att fysik kan vara kreativ och utforskande, även på nybörjarnivå.

B. Fysiken bakom fenomenet

Om man placerar en tom plastflaska ovanpå en fotboll och släpper båda samtidigt, flyger flaskan förvånansvärt högt. Fenomenet är känt som Galileis kanon, ett klassiskt exempel på hur en lätt kropp studsar mot en tung som rör sig uppåt

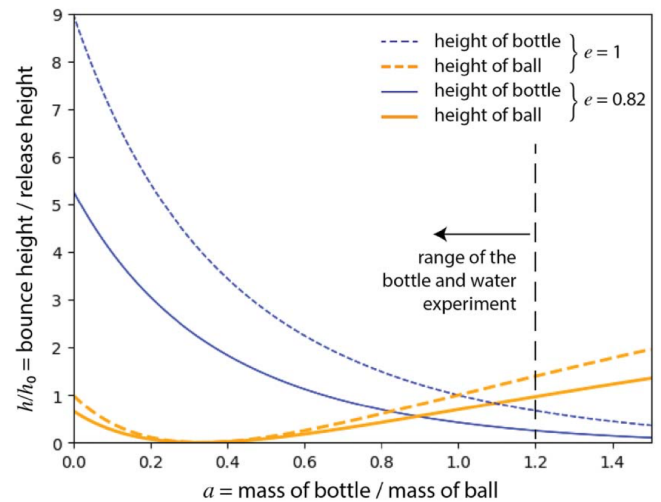
efter en studs, ett fenomen som finns beskrivet i många mekanikböcker [5].

Fenomenet kan beskrivas som två efterföljande kollisioner: först mellan bollen och golvet, sedan mellan bollen och den fallande flaskan. I en förenklad modell där massförhållandet $a = \frac{m_{flaska}}{m_{boll}}$ får man ett minimum i bollens studs vid $a = 1/3$. Flaskans resp. bollens studshöjd för helt elastisk stöt är:

$$h_{flaska} = \left(\frac{3-a}{1+a}\right)^2 h_0, \quad h_{boll} = \left(\frac{1-3a}{1+a}\right)^2 h_0$$

Figur 1 visar den teoretiska studshöjden för bollen och flaskan, med approximationen att alla stötar är momentana och oberoende av varandra. I praktiken uppträder minimum snarare kring $a \approx 1/2$, eftersom kollisionerna inte är helt momentana och oberoende. Flaskan trycks ned i bollen innan de skiljs åt [6].

Den exakta fysiken är dock mindre viktig under laborationen; det centrala är att studenterna ser ett mönster och själva upptäcker att något intressant händer. Studenterna återkommer till Galileis kanon senare under mekanikkursen.



Figur 1. Teoretiskt beräknade studshöjder som funktion av massförhållandet a . Den heldragna linjen visar den ideala elastiska modellen ($e = 1$), den streckade ett mer realistiskt fall ($e = 0,82$). Minimum i bollens studs vid $a \approx 1/3$ syns tydligt i båda fallen. Från [4].

II. LABORATIONEN

A. Kontext

Laborationen används sedan ett år som det allra första momentet i den så kallade *Introlabben* som genomförs under de första två veckorna på kandidatprogrammet i fysik. Momentet som beskrivs i detta konferensbidrag tar två timmar att genomföra. Introlabben som helhet introducerar olika aspekter av experimentellt arbete genom tre

halvdagslaborationer, där Jupyter notebooks och Python genomgående används för att föra löpande anteckningar och analysera data direkt under laborationen:

1. Boll-och-flaska, samt en kort introduktion till oscilloskop
2. Noggranna mätningar på enkla elektriska kretsar
3. Dimensionsanalys och experimentell metodik för en pendel samt friktion runt en stång.

I samtliga delar av Introlabben utgörs examinationen av aktivt deltagande samt kontroll av att studenterna har dokumenterat sitt arbete. Vi ställer inga formkrav på dokumentationen; det centrala är att de antecknar, inte hur de gör det.

B. Laborationen

Boll-och-flaska-labben inleder alltså introlabben och sätter tonen: fokus på att observera, att dokumentera och att samarbeta. Studenterna arbetar i grupper om 3–4 personer i en rymlig sal med högt i tak. En erfaren handledare kan hantera 4 sådana grupper samtidigt. Varje grupp har en whiteboard där de samlar data och ritar upp sina resultat. Läraren visar först det dramatiska fallet med en tom flaska och ger sedan minimala instruktioner:

"Gör nu samma experiment med varierande mängd vatten i flaskan, och försök upptäcka något intressant!"

Inga mätinstrument används, vi förbjuder dem till och med att försöka mäta noggrant. Studenterna får hitta på egna skalor, till exempel "knähöjd", "lampnivå". Den enkla instruktionen gör att grupperna snabbt börjar planera, resonera, pröva olika mängder vatten, justera metoden och notera vad de ser. Några studenter ger sig först på att analysera fenomenet analytiskt, men de upptäcker oftast fort att de inte klarar av det, åtminstone inte inom den tid som labben har till förfogande.

Lärarens roll är att uppmuntra, inte styra. En central påminnelse är att anteckna allt – även misslyckade försök: *"What you don't write down, you can't write up."*

Under laborationen ställer lärarna öppna frågor för att stimulera reflektion och metodutveckling, till exempel:

- vad hände den här gången?
- ser ni något mönster?
- vad ändrade ni senast?

En del studenter uttrycker frustration över att det inte finns någon färdig teori att jämföra med. De är vana vid att laborationer ska bekräfta ett känt samband och blir osäkra när experimentet i stället kräver att de själva tolkar vad de ser. Denna osäkerhet är emellertid själva poängen. När de accepterar frånavar av facit börjar de formulera egna hypoteser, prova olika metoder och använda sina observationer som stöd för resonemang. För vissa blir det en ovant krävande men samtidigt engagerande upplevelse, och just därför ett kraftfullt tillfälle för lärande.

En observation är att de flesta studenter i början enbart fokuserar på flaskan. Vi behöver därför ofta få dem att själva inse att de missar en viktig del av systemet, nämligen bollen, som visar sig vara det intressanta. Nästan alla grupper upptäcker (ibland efter tips) ett tydligt minimum för bollen kring halvfyll flaskan.

Efter cirka 75 minuter samlas grupperna för en gemensam diskussion där resultaten jämförs, se figur 2 för ett typiskt exempel på ett resultat. Nästan alla grupper hittar samma

karaktäristiska form på sina kurvor, men vissa undersöker också egna varianter: andra släpphöjder, olika underlag eller flaskans rotation.

Under samlingen presenteras en kvalitativ beskrivning av fysiken, vi diskuterar hur man bör och inte bör plotta data (se bildtexten i figur 2), och till sist diskuterar vi laborationen ur ett meta-perspektiv, dvs studenterna får fundera över varför vi gör på detta vis. Det senare är inte minst viktigt eftersom en del av studenterna även läser till lärare.



Figur 2. Ett typiskt exempel på studenternas whiteboard efter experimentet där studenterna använder en människokropp som vertikal skala. Vi ser också att de upprepade experimentet noggrannare sedan de insett att det fanns något mer att upptäcka om bollen. Notera att samma grupp till en början ritade trendlinjer på ett bra sätt, men i den undre grafen valde de att sammanbinda punkterna. Detta diskuterar vi under samlingen i slutet av laborationen. Från [4].

III. DISKUSSION

A. Lärandeperspektiv

När man inte har några mätinstrument tvingas studenterna verkligen observera. De diskuterar vad de såg, upprepar försök, byter roller och noterar förändringar. Små detaljer, som att flaskan ibland flyger snett, att bollen inte alltid studsar rakt upp, blir plötsligt relevanta.

Denna typ av aktivitet tränar flera centrala laborativa färdigheter:

- noggrann observation utan att fastna i siffror
- metodförbättring: att upprepa och justera för att få tydligare resultat
- anteckningar och dokumentation: vad gjorde vi, vad såg vi, vad ändrade vi?
- samarbete och diskussion: vem håller, vem observerar, vem skriver?

Eftersom whiteboarden är synlig för alla kan läraren lätt lyfta fram bra exempel: tydliga diagram, märkta axlar, noteringar om misslyckade försök. Det blir ett naturligt tillfälle att prata om grafitning och datapresentation utan krav på formell rapport.

B. Pedagogiska reflektioner och slutsatser

Den här typen av kvalitativ laboration utmanar den traditionella bilden av vad en "fysiklabb" är. I stället för att bekräfta teori med siffror får studenterna:

- uppleva fysik som utforskande
- träna vetenskapligt arbetssätt i liten skala
- uppskatta värdet av dokumentation innan formella rapporter introduceras.

För många nybörjarstudenter är detta ett första möte med vetenskapligt skrivande i praktiken. När de senare i utbildningen ska skriva fullständiga labbrapporter finns en tydlig grund att bygga vidare på.

I ljuset av dagens AI-verktyg blir detta ännu viktigare: rapporter kan delvis genereras, men observationer, anteckningar och metodutveckling kan inte ersättas av språkmodeller. Att träna studenter i att tänka, observera och anteckna själva är därför både pedagogiskt och etiskt centralt.

Det verkar som om det framför allt är det "duktiga" studenterna som blir frustrerade över att inte få räkna teoretiskt. Det vore intressant att studera om denna typ av laboration gynnar teoretiskt svagare studenter, men vi har inte tillräckligt med data för att dra den slutsatsen.

Att släppa en boll med en flaska ovanpå är en enkel övning som rymmer mycket fysik och många möjligheter till diskussion, både fysikaliska och pedagogiska. För oss har den blivit en viktig del av introduktionen till laborativt arbete med fokus på observation, anteckningar, analys, reflektion och samarbete.

Tre avslutande frågor att ta med till framtiden:

- Behöver varje labb en rapport, eller behöver studenterna först lära sig att observera, anteckna och analysera?
- Kan vi skapa fler laborationer som inte går ut på att bekräfta en teori, utan snarare innehåller en upptäckt?
- Och är det möjligt att få en student att drivas av en önskan att kommunicera det hon har observerat och lärt sig, snarare än att vi tvingar henne att skriva rapporter?

REFERENSER

- [1] Hofstein A and Lunetta V N. The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 28–54 (2004).
- [2] Holmes N G and Lewandowski H J. Investigating the landscape of physics laboratory instruction across North America. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, 16, 020162 (2020).
- [3] Smith E M, Stein M M & Holmes N G. How expectations of confirmation influence students' experimentation decisions in introductory labs. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, 16, 010113 (2020).
- [4] Dunnett K and Magnusson M H. Qualitative observations in university physics laboratories: an example from classical mechanics. *Eur. J. Phys.*, 46, 045005 (2025).
- [5] Walker J and Resnick R. *Fundamentals of Physics* (8:e uppl.). Wiley (2008).
- [6] Bartz S P. Delayed rebounds in the two-ball bounce problem. *Eur. J. Phys.*, 43, 035002 (2022).