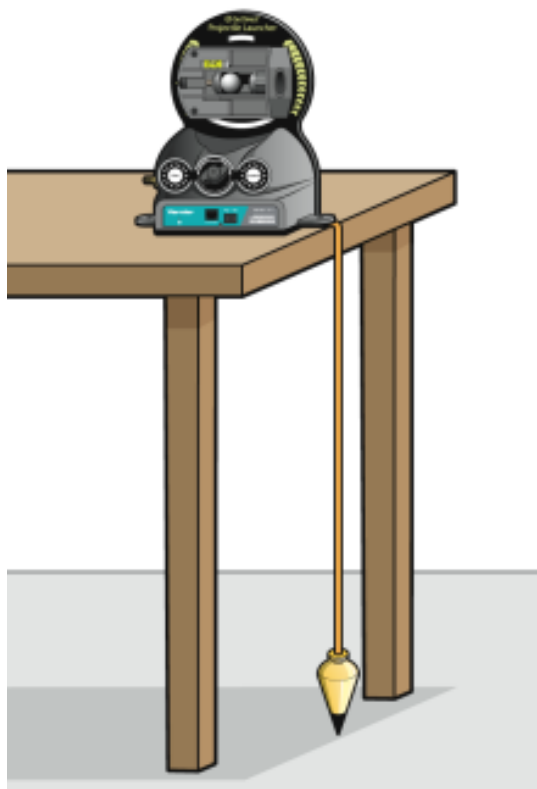


Bevegelse i to dimensjoner med kastekanon

-finn ut hvor kula lander!

MÅL MED FORSØKET

Du har sikkert sett en ball som ruller av et bord og går i bakken. Hva bestemmer hvor den vil lande? Kan du forutsi hvor den lander? I dette eksperimentet skal du bruke en kastekanon til å skyte ut en stålkule horisontalt. To lysporter som er plassert inni kastekanonen vil måle utgangshastigheten på kula. Du skal deretter bruke denne informasjonen sammen med kunnskapen du har om bevegelse i flere dimensjoner til å forutsi hvor kula vil lande når den treffer gulvet. Etterpå skal du sammenligne beregningene dine med hvor kula faktisk lander.



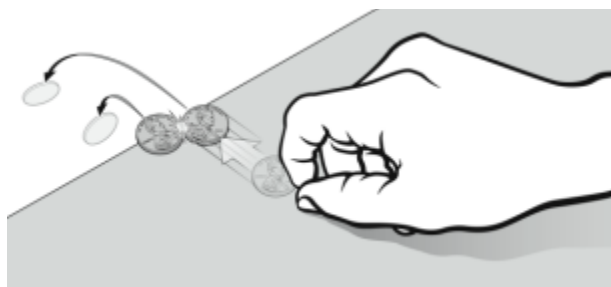
Figur 1

UTSTYR

- Chromebook, datamaskin **eller** nettbrett
- Graphical Analysis program/app (lastes ned gratis etter anvisning fra lærer)
- Go Direct kastekanon med stålkuler og håndpumpe, art. 28332
- Vernebriller
- 2 stk mynter
- Tråd og blyant til hengelodd
- Liten pappeske
- Målebånd
- Vokset papir (følger med kastekanonen)
- Tape

INNLEDENDE FORSØK OG SPØRSMÅL

Balanser en mynt (*mynt nr 1*) på kanten av et bord. Legg deretter en annen mynt (*mynt nr 2*) ca 3-5 cm unna, og knips denne mynten slik at den havner utenfor kanten samtidig som den så vidt treffer kanten på mynt nr 1, slik at denne ramler rett over kanten (se hvor treffpunktet skal være i figur 2). Gjenta flere ganger da det kan ta litt tid å øve inn en god knipse-teknikk.



Figur 2

1. Før du utføret mynt-forsøket, hvilken mynt tror du vil lande først? Forklar.
2. Utfør forsøket og observer hvilken mynt som lander først. Var antagelsen din korrekt?
3. Vil alltid den ene mynten lande foran den andre mynten? Gjør forsøket noen ganger til og sjekk.
4. Hva vil skje dersom du øker hastigheten på mynt nr. 2?
5. Hva om du øker høyden som myntene slippes fra?
6. Basert på dine observasjoner, vil hastigheten påvirke tiden før myntene lander?
7. Hva kan du da si om tiden for å treffe gulvet for hver krone?

OPPSETT AV UTSTYR

1. Plasser kastekanonen slik at den står på kanten av et bord. Du må også beregne noen meter med åpen plass foran kastekanonen da du etterhvert skal skyte ut kula horisontalt (se figur 3).
2. Bruk knappen på baksiden av kastekanonen til å justere retningen på utskytingskammeret til det er helt i vater. Stram knappen for å låse kammeret i denne posisjonen.
3. Åpne Graphical Analysis og koble kastekanonen til din datamaskin/nettbrett eller Chrombook.

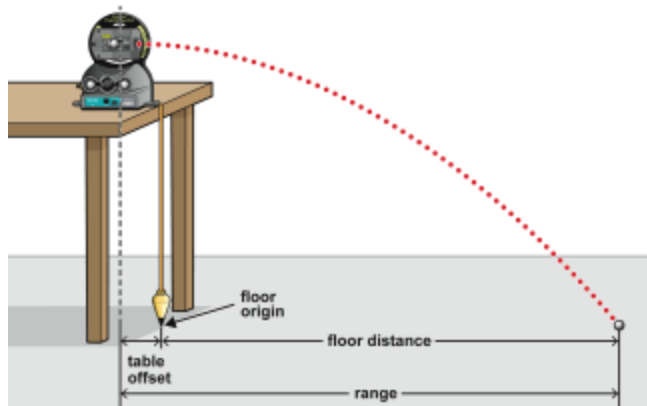
4. Koble håndpumpen til kastekanonen. Still inn utløsertrykket ved å justere **Range**-knappen i front. Vri med klokka for høyere trykk og utskytningshastighet, og mot klokka for lavere trykk og lavere utskytningshastighet.
NB: Spør læreren hvordan du velger et passende utløsertrykk. Når du pumper, vil du høre en liten utløserlyd når trykket er nådd. Fortsett å pumpe til du hører minst tre små utløser-lyder, og vent deretter i fem sekunder slik at trykket stabiliseres. Ikke juster utløsertrykket for resten av aktiviteten, ellers vil antagelsene dine feile.

FREMGANGSMÅTE

1. Ta på vernebriller.
2. Plasser en stålkule innerst i utskytningskammeret.
3. Bruk håndpumpen og pump til trykket stabiliserer seg. Fortsett å pumpe til du hører minst tre små utløserlyder, og vent deretter i fem sekunder slik at trykket stabiliseres.
4. Du skal nå samle inn data **Merk:** Under datainnsamlingen vil Graphical Analysis måle tidsintervallet mellom blokkeringen av første og andre lysport og deretter automatisk beregne utgangshastigheten til ballen.
 - a. Klikk eller trykk *Start* for å starte datainnsamlingen.
 - b. Hold pappboksen foran åpningen av utskytningskammeret slik at du kan fange ballen umiddelbart etter at den forlater kastekanonen. **VIKTIG! Ikke la ballen treffe gulvet.**
 - c. Når du er klar til å skyte ut ballen; trykk og hold inne **Arm**-knappen, og deretter trykker du på **Launch**-knappen.
 - d. Noter starthastigheten for kula, i tabell 1.
5. Gjenta denne prosessen, hvor du tar imot ballen hver gang, til du har totalt 10 starthastighetsmålinger registrert i tabell 1 (NB! Aldri la kula treffe gulvet).
6. Studer målingene dine. Beregn verdien for gjennomsnittlig utgangshastighet og finn maks- og min-verdiene, som du skriver inn i tabell 2.

Kastebevegelse

7. Bestem høyden kula skytes fra:
 - a. Mål først avstanden fra bordplaten til gulvet.
 - b. Utskytningskammeret til kastekanonen er 0,146 m over overflaten av bordet. Bestem den totale avstanden ballen vil falle, og skriv inn dette som utskytningshøyde, h , i tabell 2.
8. Bestem startpunkt for hvor kula skytes fra
 - a. Finn avstanden fra hvor kula skytes ut til bordkanten (merket som *table offset* i fig. 3). Utskytningspunktet er merket på kastekanonen (se evt på baksiden av kastekanonen). Du trenger denne avstanden for senere beregninger. Registrer denne avstanden som, X_0 , i tabell 2.
 - b. Lag et hengelodd for å finne gulvplasseringen like under bordkanten (se figur 3). Merk dette punktet med tape. Dette punktet vil fungere som ditt gulv-startepunkt (floor origin).



Figur 3

9. Beregn hvor du tror kula vil lande:
 - a. Bruk den gjennomsnittlige utgangshastigheten til kule for å beregne hvor langt kula beveger seg i horisontal retning (området merket som range i fig. 3). Skriv inn verdien i tabell 3 som beregnet lengde for gjennomsnittlig hastighet.
 - b. Trekk fra verdien X_0 (table offset) fra beregnet lengde og noter denne verdien i tabell 3 som beregnet gulvlengde for gjennomsnittlig hastighet.
 - c. For å ta høyde for variasjonene i hastighetsmålingene, gjentar du beregningene over for minimums- og maksimumshastigheten. Verdiene du beregner vil vise innenfor hvilket område du kan forvente at kula lander. Skriv inn verdiene i tabell 3.
10. Tape et stykke vokset papir til gulvet som er langt nok til å ta hensyn til variasjonen du har beregnet. Papiret må være i en rett linje ut fra utskytingskammeret.
11. Når læreren har gitt deg tillatelse kan du skyte ut ballen og la den treffe gulvet for første gang. Mål avstanden fra gulv-startepunkt til landingen, og angi gulvavstanden i tabell 4. Deretter beregner du området for den totale avstanden:

$$\text{Total lende} = \text{gulvavstand} + X_0 \text{ (table offset)}$$

DATATABELL

Tabell 1	
Forsøk	Hastighet (m/s)
1	
2	
3	
4	
5	

6	
7	
8	
9	
10	

Tabell 2	
Maksimal utskytnings-hastighet	m/s
Minimum utskytnings-hastighet	m/s
Gjennomsnittlig utskytnings-hastighet	m/s
Utskytningshøyde for kula, h	m
Avstand fra utskytningspunkt til bordkant, x_0	m

Tabell 3		
	Beregnet lengde (range) (m)	Forventet gulvlengde (floor distance) (m)
Gjennomsnittlig hastighet		
Maksimal hastighet		
Minimum hastighet		

Tabell 4		
	Gulvavstand (m)	Total lengde (m)
Faktisk lengde for kula		

ANALYSE

1. Kan du forvente at dine numeriske beregninger som er basert på eksperimentelle målinger er nøyaktige? Eller vil et variasjonsområde være mer riktig å benytte? Forklar.
2. Var landingspunktet for kula mellom ditt beregnede minimums- og maksimumpunkt? I så fall var beregningen din vellykket.
3. Du redegjorde for variasjoner i hastighetsmålingen i dine beregninger. Finnes det andre målinger du har gjort som vil kunne påvirke beregningene dine?
4. Tok du hensyn til luftmotstanden i antagelsen din? Hvordan gjorde du det i så fall? Og hvis du ikke tok hensyn til dette, hvordan mener du at luftmotstanden vil endre avstanden ballen flyr?

UTVIDELSE AV FORSØK

Dette forsøket kan i stor grad utvides og tilpasses den enkelte gruppe. Se under for ulike tips:

1. Utlede en ligning for de horisontale og vertikale koordinatene til ballens bevegelse i dette eksperimentet.
2. Undersøk kulens bevegelse fra ulike utskytingsvinkler:
 - a. Utlede en generell formel for kulas bevegelse når den skytes ut fra en vinkel
 - b. Beregn landingspunktet basert på utskytningsvinkel og starthastighet for kula. Utfør deretter eksperimentet ved den oppgitte vinkelen og sammenlign resultatet med beregningene dine. Gjenta for flere vinkler.
3. Undersøk tiden for fra kula skytes ut til den lander med flygetidsplaten, art. 28105.
 - a. Hvordan vil tiden for å lande variere med starthastigheten? Utlede en generell formel for flytiden for et objekt som skytes ut horisontalt.
 - b. Hvordan vil tiden for å lande variere med vinkel? Utlede en generell formel for flytiden for et objekt som skytes ut i en vinkel.
 - c. Bruk Flytidsplaten til å samle inn flytidsdata for ulike starthastigheter. Utfør flere forsøk for hver hastighet for å estimere variasjonene i målingene.
4. Bruk kasteapparatet (art. 28106) sammen med kastekanonen for å undersøke uavhengighetsprinsippet. Undersøk ett eller flere av følgende fenomener.
 - **Uavhengighet av bevegelse** Endre den horisontale hastigheten ved å endre lufttrykket. Vil de to kulene lande samtidig ved varierende hastigheter?
 - **Uavhengighet av bevegelse og masse** Prøv eksperimentet med plastkulene. Vil uavhengigheten avhenge av ballenes masse?
 - **Vertikal fallhøyde** Treffer de to ballene gulvet samtidig, selv når fallhøyden er mye større?
 - **Vertikal hastighetsvariasjon** Sett utskytningskammeret med en vinkel på ca. 20 grader. Lander de to ballene nå gulvet samtidig? Hvorfor eller hvorfor ikke?

FOR LÆREREN:

EQUIPMENT TIPS

1. Setting an appropriate release pressure for the Projectile Launcher is critical. You will need to give students additional details to help them set it. Turn the Range knob clockwise for higher pressure and higher muzzle speed and counter-clockwise for lower pressure and lower muzzle speed.

a. To set the pressure, we recommend turning the Range knob to the highest pressure (all the way to the right) and then turn it counter-clockwise a couple of times.

b. Build pressure using the pump until the pressure stabilizes. To do this, when you pump the hand pump, you will hear a small release sound when the pressure is reached. Keep Physics with Vernier © Vernier Software & Technology 8B - 1 I INSTRUCTOR INFORMATION pumping until you hear at least three small release sounds and then wait for five seconds so that the pressure is fully stabilized.

c. Look at the valve on the pump. Pressures between 40 and 50 psi work well for this experiment. If the pressure readings are above or below this range, adjust the Range knob and build pressure again.

d. You may want to set the pressure for an appropriate firing distance before your students see the apparatus and instruct students not to adjust the Range knob.

e. Impact point predictions will be changed if the Projectile Launcher moves during trials. Consider clamping the Projectile Launcher to the table.

f. When using the Time of Flight Pad (order code: TOF-VPL) with the Projectile Launcher, be sure to select Time of Flight Pad during data collection setup in LabQuest and Graphical Analysis.

DATA COLLECTION AND ANALYSIS TIPS

1. Encourage students to algebraically solve the projectile motion problem in the Analysis section (that is, without numbers), since they will evaluate the function three times.

2. There are a number of ways to account for variation in the speed measurement in the range prediction, Δx . Depending on the mathematical sophistication of your students, use either the average \pm standard deviation or the minimum and maximum speeds as extreme values for the speed. Calculate the range for each extreme value, creating a range of predictions.

3. If you hold a competition among your students in predicting the impact point, note that fine distinctions are often statistically impossible to defend. For example, suppose one group predicts a range of 0.78 ± 0.03 m, and another 0.72 ± 0.04 m. The actual impact points are 0.76 and 0.71 m, respectively. It would be wrong to say that the second group was “closer” in their experiment, since the impact was within the predicted range for both groups. It was simple random variation that caused the second group to have a strike that is closer to the center of the predicted range than

the first. If the trials were repeated, it is possible that the first group's deviation from the center of the impact range would be closer. Both groups are equally successful, and to rank the groups as second and first cannot be defended statistically. Give the groups equal prizes or bonus points.

ANSWERS TO PRELIMINARY QUESTIONS

1. Some students will incorrectly predict that the penny that is moving faster (horizontally) will land after (or before) the falling penny. Since the horizontal and vertical components of the motion are independent, they will land at the same time.
2. Students should note that the sounds of each penny striking the floor are very close together. Some students will hold on to their preconception, insisting that one landed before the other, even by a tiny bit. Have students discuss what evidence will sufficiently convince them otherwise. 8B - 2 I Physics with Vernier Experiment 8B Projectile Motion (Projectile Launcher) Physics with Vernier 8B - 3 I
3. There will be some variability in the landings. One should not consistently land before the other.
4. If students think the horizontal speed makes a difference, then the increased horizontal speed should make more of a difference.
5. If there is a difference, the height change should exaggerate it. One should land twice as much before as the other.
6. No, the horizontal speed does not matter because the pennies seem to hit the floor simultaneously.
7. Since the pennies hit the floor together, they take the same time to fall

Eksempler på resultater:

Tabell 2	
Maksimal utskytnings-hastighet	3,52 m/s
Minimum utskytnings-hastighet	3,44 m/s
Gjennomsnittlig utskytnings-hastighet	3,50 m/s
Utskytningshøyde for kula, h	0,874 m
Avstand fra utskytningspunkt til bordkant, x_0	0,103 m

Tabell 3		
	Beregnet lengde (range) (m)	Forventet gulvlengde (floor distance) (m)
Gjennomsnittlig hastighet	1,48	1,372
Maksimal hastighet	1,49	1,382
Minimum hastighet	1,45	1,349

Tabell 4		
	Gulvavstand (m)	Total lengde (m)
Faktisk lengde for kula	1,386	1,489

ANSWERS TO ANALYSIS QUESTIONS

1. Any calculation using uncertain measurements is itself uncertain, so the prediction cannot be exact. A range of predicted values is more appropriate than a single value.
2. Explain to your students that they should predict a target range rather than a target spot. The range depends on the uncertainty in measurements used in the calculation. As long as the actual impact point is somewhere between the minimum and maximum distances, where the ball strikes within the range depends on random variations.
3. In addition to variations in the speed measurement (which is itself affected by the Photogate spacing), the table height, h , may be different from the measured value.
4. No. No account of air resistance is made in this analysis. If air resistance is important then the ball falls short of the predicted impact point.