



FORMLERNE BAG VERDEN 1 G-KRÆFTER



I dette forløb skal du undersøge, hvordan kræfter virker, når de samarbejder og konkurrerer. Du kommer til at eksperimentere med rotation, centrifugalkraft, impulsmoment og meget mere, og du lærer, hvordan kroppen og ting omkring dig reagerer på bevægelse og kræfter.

Gennem undersøgelser får du en forståelse af de usynlige kræfter, der holder dig fast, hjælper dig med at balancere og bestemmer, hvordan objekter bevæger sig.

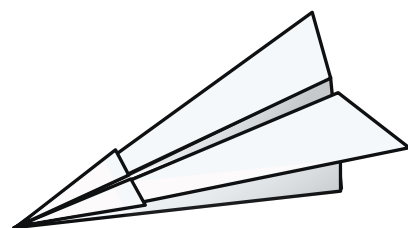
DU KOMMER TIL AT:

- Måle og analysere kræfter ved hjælp af kraftmålere og simple redskaber
- Undersøge, hvordan centripetalkraft virker i sving og rotation
- Forstå forholdet mellem normal- og tyngdekraft i væsker
- Opleve, hvordan rotation og kropssposition påvirker bevægelse og balance
- Studere, hvordan kræfter konkurrerer og påvirker hinanden i forskellige situationer
- Arbejde med modeller, der illustrerer bevægelse, friktion, og centrifugalkraft

Gennem eksperimenter og refleksioner får du en dybere forståelse af de kræfter, der styrer både dig og ting omkring dig – lige fra dagligdagens bevægelser til mere komplekse fænomener.

BEGREBSLISTE TIL KAPITLET:

- Tyngdekraft
- Normalkraft
- Oplevet/fiktiv kraft
- Acceleration
- G-kraft (g)
- Vægtløshed
- Centripetalkraft
- Centrifugalkraft
- Modsatrettet bevægelse
- Inerti
- Friktion



SE FILMEN:



G-KRÆFTER:
FORMLERNE BAG VERDEN - NATURFAG MED FLYVEVÅBNET.
EP 1

1) CENTRIPETALKRAFTEN

FORMÅL

At undersøge centripetalkraften, som er den kraft, der holder en genstand i cirkulær bevægelse. Forsøget viser, hvordan denne kraft afhænger af hastighed og radius (snorens længde).

MATERIALER

- Digital datalogger med kraftsensor (newtonmeter)
- Snor, ca. 1–1,5 meter lang
- Tung genstand (fx en stor møtrik, en lille bold eller en metalskive)
- Stopur (hvis datalogger ikke måler hastighed)
- Målebånd eller lineal
- Evt. sikkerhedsbriller og afskærmning

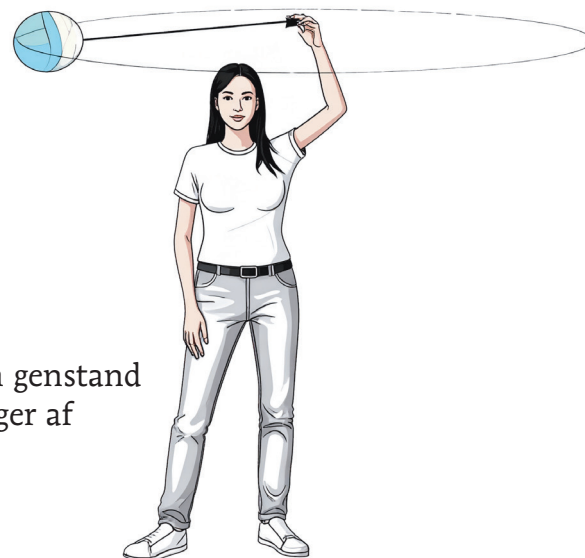
FORBEREDELSE OG SIKKERHED

- Udfør forsøget ude eller i et område med god plads.
- Sørg for, at snoren og knuder er sikre og ikke knækker under rotation.
- Hold god afstand til andre personer.
- Brug sikkerhedsbriller og hold genstanden væk fra ansigtet.

FREMGANGSMÅDE

Del 1: Rotation i vandret plan

- Fastgør genstanden til den ene ende af snoren.
- Fastgør den anden ende af snoren til kraftmåleren.
- Hold kraftmåleren i hånden, og begynd at rotere genstanden i en vandret cirkel over hovedet – som om du svinger en lasso.
- Start dataloggeren og mål den kraft, der registreres under rotationen. Den måler centripetalkraften, som trækker genstanden ind mod midten.
- Prøv at ændre rotationshastigheden – hurtigere og langsommere – og se, hvordan det påvirker kraften. Noter resultaterne.
- Prøv at forlænge snoren (fx 1 m → 1,5 m) og noter resultaterne.



Del 2: Rotation i lodret plan

- Stå op og begynd at rotere genstanden i en lodret cirkel, som en vertikal loop.
- Mål og registrér kraften under hele rotationen.
- Observer og diskuter, hvad der sker med kraftmålingen, når genstanden er oppe, nede og i siderne af kredsløbet.

RESULTATER OG DATA

Brug dataloggerens grafer til at se variationen i kraften. Noter maksimal og minimal kraft ved forskellige hastigheder og snorlængder samt forskellen mellem rotation i vandret og lodret plan.

Eksempel på skema til målinger:

FORSØGS-OPSÆTNING	SNORLÆNGDE (M)	ROTATIONS-HASTIGHED (R/S)	MINIMUMS-VÆRDI (N)	MAKSIMUMS-VÆRDI (N)	GENNEMSITLIG KRAFT (N)	OBSERVATIONER
VANDRET, LANGSOM						
VANDRET, MELLEM						
VANDRET, HURTIG						
LODRET, LANGSOM						
LODRET, MELLEM						
LODRET, HURTIG						

DISKUTER SPØRGSMÅLENE HERUNDER

- Hvilken kraft holder genstanden i cirkelbevægelse?
- Hvordan påvirker hastigheden den målte kraft? Illustrer jeres tanker med tegninger.
- Hvad sker der med kraften, når snoren bliver længere? Illustrer jeres tanker med tegninger.
- Hvorfor varierer kraften i den lodrette rotation? Illustrer jeres tanker med tegninger.
- Hvad ville der ske, hvis snoren knækkede? Illustrer jeres tanker med tegninger.



2) CYKLER OG BILER I SVING



FORMÅL

At undersøge hvordan hastighed og kurveradius påvirker køretøjer i sving, og hvilken rolle centripetalkraft spiller. Forsøget illustrerer, hvorfor biler/cykler kan skride ud, hvis de ikke får nok centripetalkraft.

MATERIALER

- Lille fjernstyret køretøj. fx LEGO-bil, fjernstyret bil eller legetøjsbil
- Mærket bane med tydelig kurve/sving (kan være en cirkeltegning på gulv/bord)
- Stopur eller videooptager (mobil/tablet)
- Målebånd eller lineal
- Evt. mobilholder til videoanalyse
- Tape eller kridt til markeringer
- Vinkelmåler (valgfrit)

FORBEREDELSE OG SIKKERHED

- Brug en bane med god plads.
- Undgå ujævne overflader.
- Hvis du bruger fjernstyret bil, test forskellige hastigheder først.

FREMGANGSMÅDE

Trin 1: Udregn hastighed

1. Lav to afstandsmærker (fx 1 meter imellem) før svinget.
2. Kør bilen/cyklen forbi mærkerne og mål tiden med et stopur.
3. Udregn hastigheden:
 $\text{hastighed} = \text{afstand} / \text{tid} = \text{m/s}$



Trin 2: Test i kurve

1. Lad bilen/cyklen køre gennem kurven med forskellige hastigheder. Ved at kende længden af svinget og tage tiden på det.
2. Brug markeringer langs kurven til at observere, om bilen holder sig i banen eller skrider ud.
3. Notér:
 - Hastighed
 - Radius på sving
 - Om bilen holdt banen eller ikke
4. Brug evt. videooptagelse i slowmotion til at analysere kørslen.

RESULTATER OG DATA

FORSØGSRUNDE	HASTIGHED (M/S)	RADIUS (M)	HOLDT BANEN?	OBSERVATIONER
1				
2				
3				

DISKUTER SPØRGSMÅLENE HERUNDER

- Hvilken kraft holder bilen i kurven?
- Hvad sker der, hvis bilen ikke får nok centripetalkraft?
- Hvad sker der, hvis radius ændres?
- Hvorfor skal racerbiler sænke farten i skarpe sving?
- Hvordan kan man i virkeligheden øge centripetalkraften?



3) FORHOLD MELLEM NORMAL- OG TYNGDEKRAFT I VÆSKE

FORMÅL

At undersøge, hvordan opdrift i en væske påvirker den normalkraft, som en genstand påvirkes af.

MATERIALER

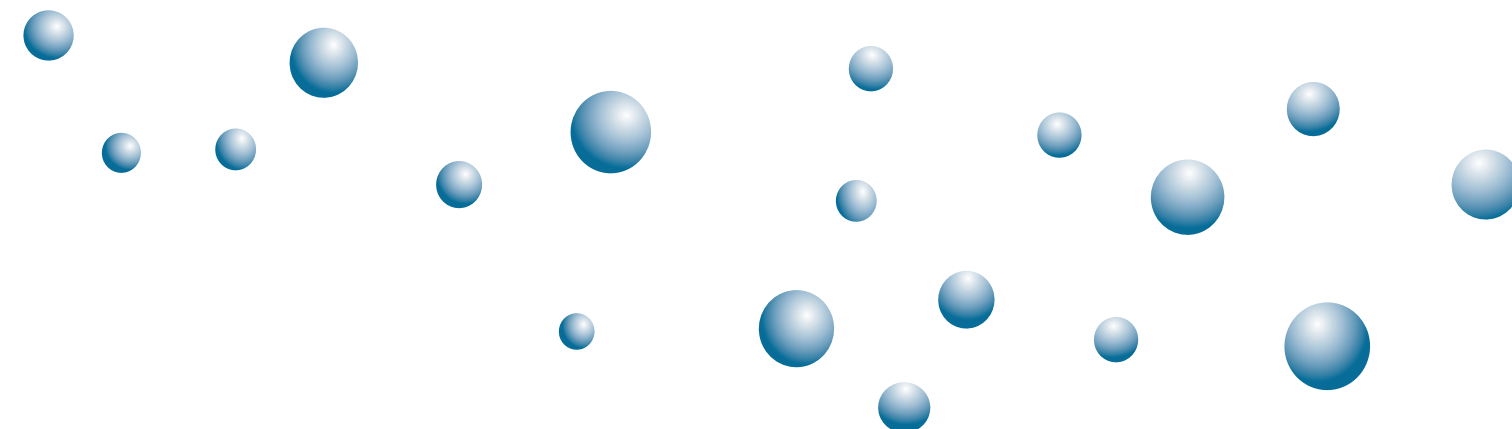
- Beholder med vand
- Forskellige genstande, fx træ, plast, metal
- Vægt (til at måle masse)
- Kraftmåler (newtonmeter)
- Snor til ophængning

FORBEREDELSE OG SIKKERHED

- Sørg for, at genstandene ikke flyder helt op (de skal kunne holdes nedsænket).
- Vær opmærksom på vandsprøjt.

FREMGANGSMÅDE

1. Vej hver genstand og notér massen.
2. Fastgør genstanden til kraftmåleren med snor.
3. Sænk genstanden langsomt ned i vandet, så den er helt under vand, dog uden at røre bunden.
4. Aflæs den kraft, kraftmåleren viser. Det er den oplevede vægt (normalkraft).
5. Beregn opdriften:
 $F_{\text{opdrift}} = F_{\text{luft}} - F_{\text{vand}}$
6. Gentag med andre genstande.



RESULTATER OG DATA

GENSTAND	MASSE (G)	KRAFT I LUFT (N)	KRAFT I VAND (N)	OPDRIFT (N)
METALKLODS				
PLASTSTYKKE				
TRÆKLODS				

FOKUS OG SPØRGSMÅL TIL REFLEKSION

- Hvad sker der med den målte kraft, når genstanden kommer i vand?
- Har genstanden stadig samme masse? Samme vægt?
- Hvorfor flyder nogle ting, mens andre synker?
- Hvad afhænger opdriften af?
- Hvad ville der ske i en tungere eller lettere væske? Formuler evt. en hypotese og test den.

4) ROTATION PÅ STOL



FORMÅL

At demonstrere, hvordan ændringer i kropspostition (armene og benene ind/ud) påvirker rotationshastigheden pga. bevaret impulsmoment. Dette fænomen ses også hos kunstskejtøbere på isen og astronauter i vægtløs tilstand.

MATERIALER

- En roterbar kontorstol (med fri drejning og lav friktion)
- Evt. håndvægte (1–3 kg) eller to fyldte vandflasker
- Stopur (eller videooptagelse til efteranalyse)
- Åben plads og evt. en hjælper til at sætte rotationen i gang

FORBEREDELSE OG SIKKERHED

- Brug en stabil stol med god balance.
- Gennemfør forsøget på et jævnt underlag (gerne med måtte under for sikkerhed).
- En lærer eller klassekammerat bør holde øje og sikre, at stolen ikke vælter.
- Brug evt. hjelm for ekstra sikkerhed ved høj rotationshastighed.

FREMGANGSMÅDE

Trin 1: Rotation med arme/ben ud

1. En forsøgsperson sætter sig midt på stolen og holder armene strakt ud til siderne (evt. med vægte i hænderne).
2. En hjælper sætter stolen i langsom rotation.
3. Forsøgspersonen sidder stille og roterer i ensartet hastighed med armene ude.
4. Brug stopur eller video til at måle antal omgange pr. 10 sekunder.

Trin 2: Rotation med arme/ben ind

5. Forsøgspersonen trækker armene (og evt. benene) hurtigt ind mod kroppen.
6. Observer, hvordan rotationshastigheden øges.
7. Mål igen antal omgange pr. 10 sekunder.

RESULTATER OG DATA

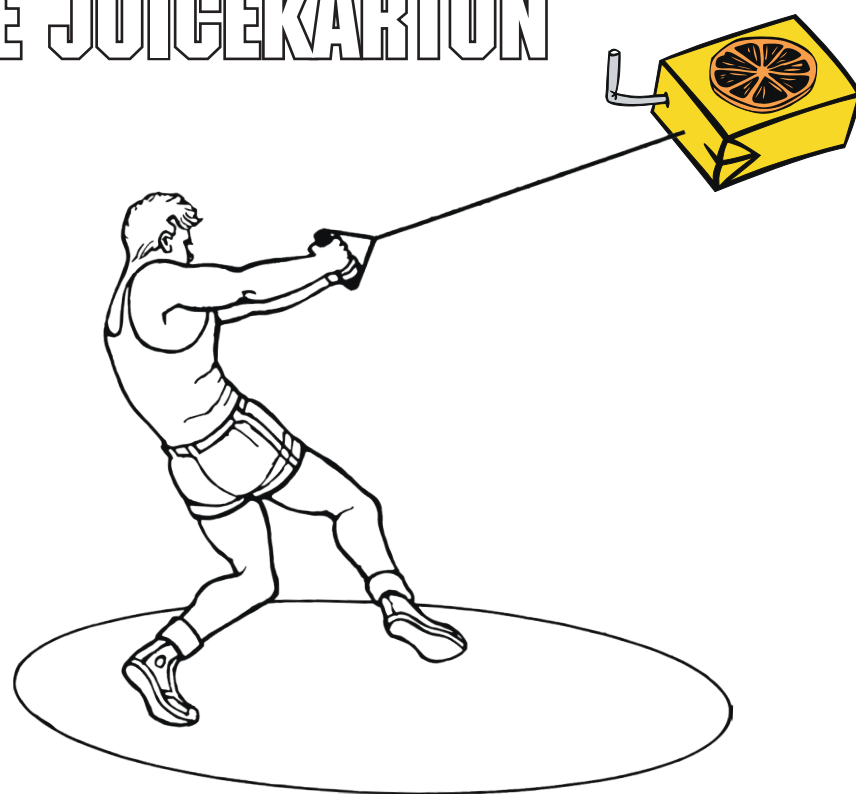
POSITION	OMGANGE PÅ 10 SEK.	OBSERVATIONER
ARME UD		
ARME IND		
ARME UD IGEN (BREMS)		

Tip ved videoanalyse: Brug slowmotion-funktion på mobil/tablet til at tælle omgange nøjagtigt og/eller film i præcis 10 sekunder.

FOKUS OG SPØRGSMÅL TIL REFLEKSION

- Hvad sker der med rotationshastigheden, når du trækker armene ind?
- Ændrer din vægt sig? Din kraft?
- Hvorfor sker ændringen, hvis der ikke tilføres ny kraft?
- Hvorfor roterer kunstskejtøbere hurtigere, når de trækker arme og ben ind til kroppen?
- Hvor anvender vi ellers dette princip i fx hverdagen eller sport?

5) SVINGENDE JUICEKARTON



FORMÅL

At vise, hvordan væske kan blive i en åben beholder, selvom den vendes “på hovedet” i en cirkelbevægelse. Forsøget illustrerer, hvordan centripetalkraften holder væsken på plads, selv i øverste position.

MATERIALER

- Lukket juicekarton eller plastskål med låg
- Snor (50–100 cm)
- Vand
- Tape (hvis der bruges en skål)
- Udendørsområde eller indendørsplads, hvor det er ok at svine lidt – brug evt. aviser eller plastik som underlag

FORBEREDELSE OG SIKKERHED

- Brug helst en tom plastikkarton, der kan lukkes tæt.
- Undgå at svinge over personer – risiko for spild!
- Gennemgå rotationsbevægelsen uden vand først.

FREM GANGSMÅDE

1. Fyld juicekartonen/skålen halvt op med vand og luk den godt.
2. Bind en snor fast i toppen af kartonen (evt. rundt om halsen eller med tape).
3. Sving kartonen/skålen i en lodret cirkelbevægelse.
4. Observer:
Bliver vandet inde?
Føles det anderledes i toppen og bunden af cirkelbevægelsen
5. Prøv at tegn en forklaring på, hvad der sker

Tip: Gør det først uden vand for at øve bevægelsen.

FACIT

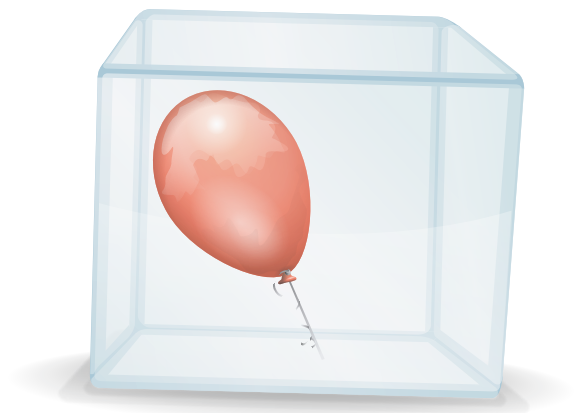
- Vandet bliver i kartonen, også når den er “på hovedet” øverst i cirkelbevægelsen.
- Ved for langsom rotation kan det dog begynde at dryppe.
- Føles tungere i bunden, lettere i toppen (kræfter ændrer retning).

FOKUS OG SPØRGSMÅL TIL REFLEKSION

- Hvorfor løber vandet ikke ud, når kartonen er øverst?
- Hvilken kraft holder vandet nede?
- Hvad sker der, hvis du svinger langsommere?
- Er der reelt tale om centripetalkraft eller centrifugalkraft?



6) HELIUMBALLON I BIL ELLER KASSE



FORMÅL

At undersøge hvordan en heliumballon reagerer, når en lukket kasse eller bil accelererer.

MATERIALER

- Heliumballon (helst på kort snor)
- Gennemsigtig, lukket kasse eller plastboks med låg
- Tape
- Alternativt: Prøv i en bil (stationær eller i lav fart – fx på parkeringsplads)

FORBEREDELSE OG SIKKERHED

- Heliumballonen skal kunne bevæge sig frit i kassen.
- Brug helst en stor gennemsigtig plastboks med låg.
- I bil: Sikkerhed først – ingen eksperimenter under kørsel i trafik.

FREMGANGSMÅDE

1. Tegn hvad I tror der vil ske i de tre tilfælde før I udføre forsøget.
2. Sæt heliumballonen fast i bunden af kassen (fx med tape).
3. Sørg for at snoren er kort, så ballonen ikke rører kassens sider (eller omgivelserne).
4. Træk kassen hurtigt fremad (fx på et bord eller gulv).
5. Observer ballonen: Den bevæger sig modsat kassens retning.
6. Alternativt: Placer ballonen i en bil og se, hvad der sker under acceleration og opbremsning.



RESULTATER OG OBSERVATIONER

BEVÆGELSE	BALLONENS REAKTION
KASSEN TRÆKKES FREMAD	
KASSEN BREMSSES	
KASSEN DREJES HØJRE	

Tegn hvad der sker og forklar hvad forskellen mellem den tegning og den i lavede i jeres hypotese.

FOKUS OG SPØRGSMÅL TIL REFLEKSION

- Hvorfor bevæger ballonen sig modsat af andre objekter?
- Hvad siger det om luftens bevægelse i kassen?
- Hvilken kraft virker på ballonen?

7) MAGNET OG METALSTANG



FORMÅL

At undersøge hvordan magnetisk kraft og tyngdekraft virker i hver sin retning – og hvordan de kan balancere eller overvinde hinanden.

Forsøget hjælper eleverne med at se kræfter i praksis og forstå sammensatte kræfter.

MATERIALER

- Stærk magnet (neodym-magnet anbefales for tydelig effekt)
- Metalstang eller metalgenstand (jern eller stål – fx en bolt)
- Kraftmåler (newtonmeter – digital eller analog)
- Snor eller elastik (til ophæng)
- Stativ (eller bare en krog at hænge måleren i)

FORBEREDELSE OG SIKKERHED

- Pas på fingrene ved brug af stærke magneter – de kan komme i klemme!
- Sørg for at kraftmåleren er nulstillet før brug.
- Sørg for, at magneter og metalgenstande er rene og tørre.

FREMGANGSMÅDE

Trin 1: Måling uden metal

1. Fastgør magneterne til kraftmåleren med snor eller direkte på krogen.
2. Hold magneten lodret nedad i fri luft – aflæs kraftmåling.
3. Notér værdien som kontrol: "vægt uden påvirkning".

Trin 2: Måling med magnetfelt

4. Hold en metalstang lodret under magneten uden at røre.
5. Bevæg langsomt stangen opad, så magneten begynder at trække i stangen.
6. Aflæs kraftmåleren undervejs. Den burde vise et lavere tal, fordi magneten løftes en smule af det magnetiske felt.
7. Notér, hvordan kraftmålingen ændrer sig, jo tættere stangen er på magneten.

RESULTATER OG DATA

AFSTAND MELLEM MAGNET OG METALSTANG	MÅLT KRAFT (N)	BESKRIVELSE
INGEN STANG (KONTROLPRØVE)		
5 CM FRA STANG		
2 CM FRA STANG		
STANGEN RØRER MAGNETEN		

FOKUS OG SPØRGSMÅL TIL REFLEKSION

- Hvad sker der med målingen, når metalstangen nærmer sig magneten?
- Hvilke kræfter virker på magneten?
- Hvad betyder hverdagssproget, når vægten "forsvinder"?
- Hvad hvis tyngdekraften var større? Eller den magnetiske kraft svagere?

8) HOP I SLOWMOTION



FORMÅL

At undersøge, hvordan kroppen påvirkes af tyngdekraften under et hop – især i luften (0 g) og ved landingen (>1 g) – og at analysere bevægelsen ved hjælp af slowmotion-video.

MATERIALER

- Mobiltelefon eller tablet med slowmotion-kamera (120 fps eller 240 fps)
- Evt. trefod eller stativ til at holde kameraet

FORBEREDELSE OG SIKKERHED

- Varm op inden hop for at undgå skader.
- Film i godt lys og med kamera i fast position.
- Sørg for at kun én elev hopper ad gangen.

FREMGANGSMÅDE

Trin 1: Forbered optagelsen

1. Find et sted med godt lys og plads til at hoppe lodret.
2. Placer kameraet så forsøgspersonen filmes fra siden, så den lodrette bevægelse kan følges.
3. Vælg slowmotion-indstilling på kameraet.

Trin 2: Udfør hop

4. Forsøgspersonen hopper lodret op og lander samme sted.
5. Optag bevægelsen i slowmotion – gerne flere forsøg.
6. Afspil videoen og identificér tre faser:
Afsættet til toppunkt – kroppen bevæger sig opad
Svævefasen – forsøgspersonen er i luften
Toppunkt til landing – fødder rammer gulvet

Trin 3: Analyse

7. Brug videoen til at tælle frames i hver fase.
8. Mål eventuelt, hvor højt eleven hopper (fx ved at sammenligne med kendt reference i billedet).
9. Diskutér, hvilke kræfter der virker i hver af de tre faser.

RESULTATER OG DATA

FASE	KARAKTERISTIK	OPLEVET KRAFT
AFSÆT TIL TOPPUNKT		
SVÆVEFASEN		
TOPPUNKT TIL LANDING		

FOKUS OG SPØRGSMÅL TIL REFLEKSION

- Hvornår mærker kroppen vægtløshed?
- Hvornår er der størst belastning på kroppen?
- Hvordan kan man se accelerationen og decelerationen i videoen?
- Hvorfor er svævefasen ikke helt "vægtløs", men frit fald?



9) LEGO-FIGUR PÅ DREJESKIVE

FORMÅL

At undersøge, hvordan en genstand (LEGO-figur) bevæger sig på en roterende platform, og hvordan friktion og centripetalkraft spiller sammen. Forsøget viser, hvordan en figur “skrider af”, når centripetalkraften overstiger friktionen.

MATERIALER

- Bore/skruemaskine eller Drejeskive, fx:
 - El-motor med variabel hastighed og skive monteret
 - Pladespiller eller elektrisk køkkenmaskine (med omdrejningstal)
 - Alternativt: en manuel roterbar skive
- LEGO-figur eller lille plastikfigur
- Stopur (til måling af omdrejningshastighed)
- Lineal eller målebånd
- Evt. gaffatape til markeringer
- Evt. måleredskab til rotationshastighed (tachometer eller videoanalyse)

FORBEREDELSE OG SIKKERHED

- Drejeskiven skal være stabil og forsvarligt monteret – især, hvis der anvendes en motor.
- Hold hænderne væk fra drejeskiven under rotation.

FREMGANGSMÅDE

Trin 1: Opsætning

1. Placer LEGO-figuren ca. 5 cm fra midten af drejeskiven.
2. Tænd drejeskiven og lad den rotere langsomt i starten.
3. Øg gradvist hastigheden og observer figuren nøje.
4. Notér ved hvilken hastighed, figuren begynder at:
 - Ryste eller røkke
 - Glider lidt
 - Falder helt af



Trin 2: Gentag og varier

5. Gentag forsøget med figuren placeret længere ude på skiven (fx 10 cm og 15 cm fra midten).
6. Gentag med forskellige underlag på drejeskiven (glat tape, sandpapir, gummi), og observer, hvilken betydning friktionen har.
7. Brug evt. slowmotion-video til at analysere, hvornår bevægelsen starter.

RESULTATER OG DATA

AFSTAND FRA CENTRUM	OVERFLADETYPE	FIGUR GLIDER VED (RPM ELLER SEK/OMDR.)	KOMMENTAR

FOKUS OG SPØRGSMÅL TIL REFLEKSION

- Hvad holder figuren fast på skiven?
- Hvorfor glider eller falder figuren hurtigere af, når den er længere ude?
- Hvad sker der med centripetalkraften, når skiven roterer hurtigere?
- Hvilken rolle spiller friktion i dette forsøg?

BEGREBER

- Centripetalkraft: Kraft rettet mod centrum der holder en genstand i kredsløbsbevægelse –.
- Centrifugalkraft: Opleves som en kraft “udad”, men er blot modstand mod den nødvendige centripetalkraft.
- Friktion: Gnidningsmodstanden mellem to overflader
- Tangentbevægelse: Den bevægelsesretning figuren har, når den slipper banen.



10) BOLDE I Roterende Glas

FORMÅL

At vise, hvordan centrifugalkraften – en oplevet kraft – får tunge genstande i et roterende system til at bevæge sig udad fra centrum, og hvordan bevægelsen påvirkes af massen og genstandens placering.

MATERIALER

- Plastikglas med låg (fx smoothie- eller yoghurtbæger)
- Små bolde (fx plastikkugler, perler eller legetøjsbolde)
- Vand
- Stærk snor (fx snor fra snurretop)
- Tape
- Evt. ekstra vægte (små møtrikker eller metalstykker)

FORBEREDELSE OG SIKKERHED

- Sørg for at glasset er helt lukket, og at låget sidder godt fast (brug tape om nødvendigt).
- Udfør forsøget udendørs eller et sted, hvor det gør ikke noget, hvis vand spildes.
- Brug beskyttelsesbriller, hvis der roteres meget hurtigt.

FREMGANGSMÅDE

A: Opsætning

1. Fyld et plastikglas halvt med vand.
2. Læg 2-3 små bolde i glasset.
3. Luk glasset helt tæt, og forsegl det med tape.
4. Bind en snor rundt om glasset (som hvis du “lader” en snurretop op). Lav håndtag i hver ende af snoren.

B: Udfør rotationen

5. Træk snoren fra hver side, så glasset begynder at rotere hurtigt om sin egen akse (du kan evt. “twiste” snoren først som en snurrekop).
6. Se, hvad der sker med boldene inde i glasset under rotation:
7. Stop rotationen og observer, hvordan boldene bevæger sig.



C: Variationer

8. Gentag forsøget med:
 - Flere eller tungere bolde
 - Uden vand (tørre bolde)
 - Større eller mindre glas
9. Dokumentér og sammenlign resultaterne.



RESULTATER OG DATA

FORSØG	MASSE PÅ BOLDE	GLASINDHOLD	OBSERVATION
1 (REFERENCE)	LET PLAST	VAND	
2	TUNGERE BOLDE	VAND	
3	LET PLAST	LUFT	
4	LET PLAST	MERE VAND	
-	-	-	-

FOKUS OG SPØRGSMÅL TIL REFLEKSION

- Hvad får boldene til at bevæge sig udad?
- Hvilken rolle spiller massefylde og størrelse på boldene?
- Hvad sker der, hvis du bruger tungere genstande?
- Er der forskel, når der er vand eller luft i glasset?



11) SAFT OG SUGERØR

FORMÅL

At undersøge, hvordan kroppen og sanserne reagerer under rotation, og hvordan det kan forvirre opfattelsen af retning, balance og bevægelse. Eleverne oplever på egen krop, hvordan vestibulærsansen (balanceorganet i øret) bliver påvirket.

MATERIALER

- Plastkop med saft eller vand
- Sugerør
- Kontorstol eller drejestol
- Evt. stopur

FORBEREDELSE OG SIKKERHED

- Sørg for at stolen er stabil og står på et plant underlag.
- Drej ikke for hurtigt, risiko for kvalme og svimmelhed.
- Udfør forsøget en ad gangen med en hjælper.
- Brug saft med låg eller plastkop med lille åbning for at undgå spild.

FREMGANGSMÅDE

A: Før rotation

1. Forsøgspersonen sætter sig på kontorstolen med en kop og sugerør i hånden.
2. Lad først forsøgspersonen tage en tår uden at dreje, så forsøgspersonen har en fornemmelse af, hvordan der er at drikke almindeligt.

B: Under rotation

3. Forsøgspersonen begynder nu at dreje rundt på stolen (enten selv eller med hjælp fra en ven).
4. Mens forsøgspersonen drejer, forsøges det nu at drikke gennem sugerøret.
5. Stop rotationen, og lad forsøgspersonen beskrive:
 - Hvordan føltes det?



- Var det svært at finde sugerøret med munden?
- Hvordan oplevede du bevægelsesretningen fra start til slut i forsøget?
- Hvordan har du det efter snurreturen?

C: Variationer

6. Prøv med hurtigere eller langsommere rotation.
7. Prøv at lukke øjnene, og gentag forsøget.
8. Sammenlign, hvad der sker, hvis man drejer med og mod uret.



RESULTATER OG DATA

FORSØG	ROTATIONSTYPE	ØJNE ÅBNE/LUKKEDE	SVIMMELHED?	LET/SVÆRT AT DRIKKE?	KOMMENTARER
1	LANGSOM	ÅBNE			
2	HURTIG	ÅBNE			
3	HURTIG	LUKKEDE			
-	-	-	-		

FOKUS OG SPØRGSMÅL TIL REFLEKSION

- Hvordan føles det at drikke under rotation?
- Hvilke sanser bruger vi normalt til at navigere – og hvilke bliver forvirrede i dette forsøg?
- Hvorfor oplever mange, at retningen føles forkert, når de stopper med at dreje?
- Hvordan reagerer kroppen på pludselig stilstand efter rotation?
- Hvad sker der, hvis man lukker øjnene – og hvorfor?



LÆRERNOTER TIL ØVELSERNE

FAGLIG FORKLARING (LÆREROPLÆG ELLER EFTERARBEJDE)

TIP:

Hvis det kniber med mængden af udstyr, kan en række øvelser udvælges og gennemføres som værkstedsundervisning. Det er også en mulighed at lade eleverne gennemføre og bearbejde en enkelt øvelse gruppevis, som de efterfølgende kan demonstrere og forklare for hele klassen.

1) CENTRIPETALKRAFTEN

En genstand i cirkelbevægelse er hele tiden ved at "falde udad", men bliver holdt inde af en centripetalkraft.

Denne kraft afhænger af: $F = m \cdot v^2 / r$

Hvor:

- F er centripetalkraften (N)
- m er massen af genstanden (kg)
- v er hastigheden (m/s)
- r er radius (snorlængde i m)

Når snoren bliver længere, bliver kraften mindre – med mindre du øger hastigheden. I den lodrette plan varierer den målte kraft, fordi tyngdekraften enten hjælper eller modarbejder centripetalkraften afhængigt af positionen i cirklen.

2) CYKLER OG BILER I SVING – CENTRIPETALKRAFT I PRAKSIS

Centripetalkraften, der holder bilen i kurven, kommer fra friktionen mellem hjul og underlag. Hvis hastigheden bliver for høj, eller svinget er for skarpt, er friktionen ikke tilstrækkelig, og bilen skrider ud.

Formel: $F = m \cdot v^2 / r$

I kan for eksempel arbejde med diskussionsspørgsmålene i dobbeltcirkler. Klassen deles da i to grupper, som danner en inder- og en ydercirkel. Hver elev står overfor en makker, og sammen diskuterer de et spørgsmål. Når tiden er gået, rykker ydercirklen én plads, så alle får en ny makker. Herefter diskuteres samme spørgsmål endnu en gang, hvorefter der kan holdes en kort fælles opsamling inden næste spørgsmål.

I forhold til diskussionsspørgsmålet om muligheden for at ændre centripetalkraften kan nævnes:

- Bakkede veje (skrå sving)
- Mere friktion (dæk, asfalt)

3) FORHOLD MELLEM NORMAL- OG TYNGDEKRAFT I VÆSKE

Tyngdekraften er konstant.

I vand virker der en modsat rettet kraft – opdrift.

Ifølge Arkimedes' princip: En genstand i væske påvirkes af en opdrift, som er lig med vægten af den fortrængte væske.

Ideer til udvidelse af jeres undersøgelser:

Prøv med saltvand og sammenlign opdrift.

Prøv at regne ud, hvor stort et volumen der fortrænges.

Undersøg, hvorfor skibe kan flyde.

4) ROTATION PÅ STOL – IMPULSMOMENT OG KROPSPOSITION

Dette forsøg viser bevaret impulsmoment, et centralt princip i fysikken:

$I \cdot \omega = \text{konstant}$

Hvor:

I er rotationsinertien (afhængig af masse og afstand til rotationsaksen)

ω er vinkelhastigheden (rotationens hastighed)

Når eleven trækker massen tættere på rotationsaksen (armene ind), falder I , og derfor må ω stige, så produktet forbliver det samme. Det er derfor rotationen bliver hurtigere – uden tilført kraft.

Ideer til udvidelse af jeres undersøgelser:

Prøv med og uden håndvægte for at forstærke effekten.

Filmanalyse: Brug mobil til at optage og analysere rotation i slowmotion.

Lav en sammenligning mellem forsøgspersoner med forskellige højder og længder på ben/arme/hår.

Diskutér, hvordan det samme princip virker i rumstationer eller ved satellitmanøvrer.

5) SVINGENDE JUICEKARTON – VÆSKE OG CIRKULÆR BEVÆGELSE

Når kartonen roterer, kræves en centripetalkraft (rettet indad mod midten) for at holde vandet i cirkulær bane.

Hvis rotationen er hurtig nok, vil væsken presses udad (føles som "centrifugalkraft"), men beholderens bund skubber imod, så væsken ikke falder ud.

Den oplevede "kraft" er resultatet af inertien, men det er centripetalkraften, der holder væsken på plads.

Ideer til udvidelse af jeres undersøgelser:

Test med forskellige mængder vand.

Test med andre typer af væsker. fx madlavnings olie.

Test med åbne beholdere (kræver mere hastighed).

Lav en graf: Rotationshastighed vs. risiko for spild.



6) HELIUMBALLON I BIL ELLER KASSE – MODSAT BEVÆGELSE

Normalt “rykkes” genstande bagud, når en bil eller kasse accelererer – på grund af inerti. **Heliumballonen** vejer mindre end den omgivende luft.

Når kassen accelererer fremad, skubbes luften bagud, og ballonen flytter sig ind i det lav tryk, der dannes foran – altså fremad.

Det skyldes massefortrængning: Ballonen fortrænger luft og bevæger sig mod det område med lavere tryk.

Ideer til udvidelse af forsøget:

Prøv samme eksperiment med en ballon med atmosfærisk luft: Den bevæger sig bagud!

Brug slowmotion-video til at analysere bevægelsen.

Diskutér anvendelser: Hvorfor sker det samme i elevatorer og fly?

7) MAGNET OG METALSTANG – NÅR KRÆFTER KONKURRERER

I begyndelsen trækker tyngdekraften magneten nedad, og kraftmåleren måler magnetens vægt.

Når metalstangen nærmer sig, opstår der en opadrettet magnetisk kraft, som modarbejder tyngdekraften.

Kraftmåleren registrerer nu en lavere samlet kraft, fordi de to kræfter delvist udligner hin anden.

Når magneten er helt tiltrukket og hænger fast på stangen, er den båret af den magnetiske kraft og kraftmåleren måler 0 N.

Begreber

Tyngdekraft: Trækker alle objekter mod jorden.

Magnetisk kraft: Kontaktløs kraft mellem magnetiserbare materialer som jern, stål, nikkel og kobolt.

Nettokraft: Summen af alle kræfter, bestemmer om et objekt bevæger sig, og hvordan.

Ligevægt: Når kræfter balancerer, og objektet ikke accelererer.

Ideer til udvidelse af jeres undersøgelser:

Prøv med svagere eller stærkere magneter. Hvordan ændres balancen?

Brug forskellige metaller (aluminium, kobber, jern), virker alle?

Kombinér med tegning af kræfterne som oile, der viser hvilken vej kraften “trækker”.

Brug samme fremgangsmåde med en fjeder eller elastik i stedet for magneten for at sammenligne fjederkræfter med magnetiske kræfter.

8) HOP I SLOWMOTION – VÆGTLØSHED OG G-PÅVIRKNING

Newtons 2. lov:

$F=m \cdot a$ en kraft skaber acceleration.



Under afsættet: Benene skubber opad, og kroppen accelereres op.

Oplevet kraft >1 g.

I luften: Ingen støtte, kun tyngdekraften virker på forsøgspersonen og det føles vægtløst (≈ 0 g).

Ved landing: Underlaget yder en stor normalkraft opad, og kroppen bremser hurtigt. Oplevet kraft >1 g (ofte 2-4 g ved hårde landinger).

Begreber

0 g eller vægtløshed: Når man er i frit fald, ingen støtte, kun tyngdekraft virker.

>1 g: Når kroppen oplever større kraft end dens normale vægt, fx ved acceleration og deceleration.

Frit fald: Kun tyngdekraft virker, ingen kontaktflader.

Impuls og kraft: Kort kontakt med stor kraft. Forklarer, hvorfor landinger kan føles hårde.

Udvidelser og variationer

Sammenlign hop i sko med hårde såler vs. fjedrende sko – ændrer det fasernes længde?

Lad forsøgspersonen hoppe fra en lav kasse og sammenlign landingskraften.

Brug app til bevægelsesanalyse (fx “Physics Toolbox” eller “Video Analysis”) for mere præcise data.

Kombinér med kraftmåling på vægt: Stil dig på badevægt og hop. Mål, hvad vægten siger i afsæt og landing. Film evt. i slowmotion på vægtens display.

9) LEGO-FIGUR PÅ DREJESKIVE – HVORNÅR SLIPPER FRIKTIONEN?

- Figuren på skiven bevæger sig i en cirkulær bane og har derfor have en centripetalkraft rettet mod midten.
- Denne kraft leveres af friktionen mellem figuren og skiven.
- Når hastigheden øges, kræves en større centripetalkraft fordi $F=mv^2/r$
- Når friktionen ikke længere er stor nok til at levere denne kraft, glider figuren af.
- Figuren bevæger sig da tangentielt væk, altså i den retning, den havde i bevægelsen på det tidspunkt hvor figuren slipper underlaget.

10) BOLDE OG VAND I Roterende GLAS – HVORDAN VIRKER CENTRIFUGALKRAFT?

Når glasset drejer, er boldene inde i det i cirkulær bevægelse., Det kræver en centripetal kraft ind mod midten at holde boldene i bane.

Boldene har en tendens til at fortsætte ligeud jf. Newtons 1. lov. Det opleves som om, de bliver “kastet udad” – det kaldes centrifugalkraft, en fiktiv kraft i det roterende system.

Jo større masse boldene har, jo større centrifugalkraft oplever de, og jo sværere er det at holde dem i centrum.

Vandet bidrager til at gøre bevægelsen glattere og mere flydende – men boldene presses stadig mod kanten.

Dette er det samme princip som bruges i centrifuger, fx til at adskille blodprøver eller mælk i faser samt i vaskemaskiner, når der tumbles.



EGNE NOTER:

Begreber

Centripetalkraft: Den kraft der trækker en genstand ind mod centrum i en roterende bevægelse.

Centrifugalkraft: Den “udadgående” kraft man oplever i et roterende system, egentlig en effekt af inertie.

Masse og acceleration: Tungere genstande kræver mere kraft for at fastholde rotationsbevægelsen.

Inerti: Tendens til at bevare bevægelsestilstand – i dette forsøg at fortsætte ligeud.

Udvidelser og variationer

Brug et gennemsigtigt låg og optag forsøget i slowmotion.

Brug forskellige væsker: Sirup, olie, vand – se, hvordan det påvirker bevægelsen.

Mål rotationens hastighed (omdr./sek), og lav en sammenligning af, hvornår boldene slipper midten.

Brug forsøget til at tale om centrifugering i dagligdagen – fx i en vaskemaskine eller blodcentrifuge.

11) SAFT OG SUGERØR – HVORDAN PÅVIRKER ROTATIONEN DIN BALANCE OG RETNINGSSANS?

Under rotation påvirkes det indre øre, især buegangene, som registrerer bevægelse og rotation.

Når man drejer, fyldes buegangene med væske, som fortsætter med at bevæge sig, også, når kroppen stopper. Dette skaber en illusion af bevægelse, selv når man står stille.

Dette skaber en konflikt mellem synssansen og balancesansen, hvilket kan føre til forvirring, svimmelhed og kvalme.

Når man forsøger at drikke under rotation, bliver koordination og perception (opfattelse) udfordret.

Det kan føles, som om glasset eller sugerøret bevæger sig i en anden retning, end det faktisk gør – en god demonstration af sensorisk misinformation, og hvordan G-kræfter opleves af kroppen.

Centrale begreber

Vestibulærsansen: Balancesans i det indre øre.

Buegange: Findes i det indre øre, og registrerer rotation og bevægelse.

Sensorisk konflikt: Når syn, balance og følesans giver modstridende signaler til hjernen.

G-kræfter: Kroppens oplevelse af acceleration eller ændring i bevægelse.

Inerti: Legemers modstand mod ændring i bevægelse, også i væsker i øret.

Udvidelser og overbygning

Lad eleverne filme forsøget og efterfølgende analysere reaktionerne.

Diskutér, hvordan piloter, astronauter eller rutsjebanadesignere arbejder med G-kræfter.

Brug forsøget som optakt til at tale om vestibulær stimulation, svimmelhed og køresyge.



**Danmarks
Naturfagslærerforening**