

DESIGN SELV ET FORSØG, DER MÅLER BØLGERNES FART

P- og S-bølger i en slinky

Dato: _____ Gruppe / navne: _____

| Om øvelsen

Et jordskælv sender to slags bølger gennem Jorden: P-bølger og S-bølger. Med en lang slinky-fjeder kan I lave begge slags og se forskellen på dem. I denne øvelse skal I selv tilrettelægge et forsøg, der måler, hvor hurtigt de to bølgetyper bevæger sig i slinkyen, og I skal filme bølgerne. I arbejder tre sammen og fremlægger til sidst jeres metode, resultater og videoer.

| Baggrund

- P-bølger (primære bølger) er *trykbølger* (længdebølger). Delene af mediet svinger frem og tilbage i samme retning, som bølgen bevæger sig. Der opstår skiftevis fortætninger og fortyndinger.
- S-bølger (sekundære bølger) er *tværbølger*. Delene af mediet svinger på tværs af den retning, bølgen bevæger sig.

I Jordens skorpe bevæger P-bølger sig med ca. 6,2 km/s og S-bølger med ca. 3,65 km/s. P-bølgen er altså omkring 1,7 gange så hurtig og når derfor altid først frem.

Farten findes som

$$v = \frac{s}{t}$$

hvor s er den strækning, bølgen har bevæget sig, og t er den tid, det har taget.

| Forskningsspørgsmål

Hvor hurtigt bevæger P- og S-bølger sig i en slinky, og hvilken af dem er hurtigst?

Skriv en hypotese, før I går i gang.

! Sikkerhed

Slip aldrig en udstrakt slinky — den smælder sammen og kan ramme nogen eller filtre sig sammen, så den ødelægges. Lad den glide langsomt sammen, når I er færdige.

i Materialer (pr. gruppe)

- En lang slinky-fjeder (metal)
- Målebånd
- Malertape til at markere afstande på gulvet
- Stopur og en mobiltelefon, der kan filme (gerne i slowmotion)

I Krav til jeres forsøg

Der er ingen færdig opskrift. I bestemmer selv, hvordan I vil gøre — men forsøget skal leve op til disse krav:

1. I skal kunne lave både en P-bølge og en S-bølge, og I skal kunne forklare, hvordan I gør.
2. I skal måle en strækning og en tid, så I kan beregne farten. Overvej, hvordan I får målt tiden så præcist som muligt: er strækningen lang nok? Kan bølgen løbe frem og tilbage? Kan I tage tiden på en video i stedet for med stopur?
3. Slinkyen skal være strakt lige meget i alle målinger. Notér, hvor lang den er.
4. Hver bølgetype skal måles mindst fem gange.
5. I skal optage en kort video af hver bølgetype, som tydeligt viser, hvordan slinkyen bevæger sig.

Skriv jeres plan ned, og vis den til læreren, før I begynder at måle.

Vores plan:



Tip

En video i slowmotion kan bruges som et meget præcist stopur: tæl billederne, fra bølgen starter, til den når frem, og del med antallet af billeder pr. sekund.

I Registrering af målinger

Slinkyens længde under forsøget: _____ m Strækning s , bølgen måles over: _____ m

Tabel 1: Målte tider og beregnede farter.

Måling	P-bølge: tid t (s)	P-bølge: fart v_P (m/s)	S-bølge: tid t (s)	S-bølge: fart v_S (m/s)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
Gennemsnit				

I Databehandling

1. Beregn farten for hver måling med $v = s/t$, og skriv den i Tabel 1.
2. Beregn gennemsnittet af farten for hver bølgetype:

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_n}{n}$$

- Angiv spredningen på jeres målinger som forskellen mellem den største og den mindste fart for hver bølgetype. Er forskellen mellem P og S større end spredningen?
- Beregn forholdet mellem farterne, og sammenlign med Jordens skorpe:

$$\frac{\bar{v}_P}{\bar{v}_S} \text{ (slinky)} \quad \text{og} \quad \frac{6,2 \text{ km/s}}{3,65 \text{ km/s}} \approx 1,7 \text{ (Jordens skorpe)}$$

- Lav et søjlediagram med gennemsnitsfarten for P- og S-bølgen, og vis spredningen.
- Saml metode, resultater, diagram og videoer i en kort præsentation (fx Google Slides) til klassen.

| Journalspørgsmål

- Beskriv, hvordan slinkyen bevægede sig ved henholdsvis P- og S-bølgen. Brug jeres videoer, og forklar forskellen på en længdebølge og en tværbølge.
- Blev jeres hypotese bekræftet? Var P-bølgen hurtigst?
- I en udstrakt slinky er P-bølgen kun lidt hurtigere end S-bølgen, mens den i Jorden er ca. 1,7 gange så hurtig. Hvad siger det om, hvad slinkyen er en god model for — og hvad den ikke er en god model for?
- Hvilke fejlkilder var der i jeres metode? Hvad betød det, hvordan I tog tiden, og hvor langt slinkyen var strakt? Hvordan ville I forbedre forsøget, hvis I skulle gøre det igen?
- Sammenlign jeres metode med de andre gruppers. Hvilken metode gav de mindste spredninger, og hvorfor?
- S-bølger kan ikke bevæge sig gennem væsker. Forklar ud fra den måde, delene svinger på i en tværbølge, hvorfor det er sådan — og hvordan det har afsløret, at Jordens ydre kerne er flydende.
- Hvordan bruger seismologer tidsforskellen mellem P- og S-bølgen til at finde ud af, hvor langt væk et jordskælv er? (Se øvelsen *Lokalisering af jordskælv*.)

| Om denne udgave

Bygger på den korte beskrivelse af forsøget på Geolink (naturgeografi C, *Pladetektonik og naturkatastrofer*, modulet *Jordskælv*, 2025/26): mål P- og S-bølgernes fart i en slinky-fjeder flere gange, bestem middelfarten, optag en film og fremlæg i Google Slides. Der fandtes ingen egentlig vejledning. Forsøget er bevaret som en åben undersøgelse, hvor eleverne selv tilrettelægger metoden. Nyt:

- Baggrund om P- og S-bølger, krav til forsøget (begge bølgetyper, mindst fem målinger, fast strækning, video) og et registreringsskema.
- Databehandling med gennemsnit, spredning og forholdet mellem farterne, sammenlignet med Jordens skorpe.
- Journalspørgsmål om, hvor god slinkyen er som model. I en udstrakt slinky er forholdet $v_S/v_P \approx \sqrt{1 - L_0/L}$, hvor L_0 er slinkyens længde, når den er samlet, og L er længden, når den er strakt. Når slinkyen er strakt meget, er de to farter derfor næsten ens. Det skal eleverne ikke opfatte som en målefejl.