Fysikk 2 – dette må du mestre H26

16.10.26

Laget av KI: snakk med læreren din først

Denne oversikten er laget av KI ut fra tidligere eksamensoppgaver. Den kan ta feil, og den kjenner ikke deg. Læreren din vet best hva *du* bør øve på, så spør læreren først.

Står du helt på bar bakke, eller leser du til privatisteksamen, kan du bruke arket som et utgangspunkt for øvingen.

Gjelder eksamen høsten 2026

Denne guiden er for eksamen i Fysikk 2 høsten 2026: kontinuasjonseksamen og privatisteksamen. På denne eksamenen gjelder fortsatt den gamle ordningen, med datamaskin på Del 2. Du kan bruke GeoGebra, regneark og Python, men ikke internett eller KI. Skal du opp våren 2027 eller senere, skal du bruke den vanlige guiden («Fysikk 2 – dette må du mestre»). Den er skrevet for den nye ordningen uten datamaskin.

Denne siden bygger på alle de sju eksamenene i Fysikk 2 etter den nye læreplanen, fra våren 2023 til våren 2026. Alle sju hadde den samme ordningen som eksamen høsten 2026. Vi har sortert oppgavene i oppgavetyper og telt hvor ofte hver type har vært med.

- **Karakter 2:** Forbered deg på alt i de grønne boksene. Det er de lette delene av oppgavetypene som er med på (nesten) *hver* eksamen. Du trenger ikke få til alt for å få 2, men jo mer av det du kan, jo tryggere er du.
- **Karakter 4:** Forbered deg i tillegg på de blå boksene, og én oppgavetype som bare står under karakter 4. Heller ikke her må du kunne alt for å få 4, men har du forberedt deg på alt, kan du også få 5 eller 6.
- **Øv på:** Under hver oppgavetype står eksamensoppgaver å øve på. QR-koden legger alle eksamensoppgavene av typen inn i *Mine oppgaver* på matematikkoppgaver.no.

Ordningen endres fra våren 2027

Fra våren 2027 er det ikke lov med datamaskin på Del 2. Det gjelder ikke deg som tar eksamen høsten 2026.

Oversikt

Oppgavetype	Del	Med på	Karakter 2	Karakter 4
Krefter, skråplan og friksjon	1 og 2	7 av 7	✓	✓
Kast	1 og 2	7 av 7	✓	✓
Sirkelbevegelse	1 og 2	7 av 7	✓	✓
Gravitasjon og satellittbaner	1 og 2	7 av 7	✓	✓
Elektrisk felt	1 og 2	7 av 7	✓	✓
Magnetfelt og magnetisk kraft	1 og 2	7 av 7	✓	✓
Induksjon og Lenz' lov	1 og 2	7 av 7	✓	✓

Oppgavetype	Del	Med på	Karakter 2	Karakter 4
Relativitetsteori	1 og 2	7 av 7	✓	✓
Kvantefysikk	1 og 2	7 av 7	✓	✓
Programmering med Eulers metode	1 og 2	7 av 7	✓	✓
Måleusikkerhet og forsøk	1 og 2	7 av 7	✓	✓
Generator, vekselspenning og transformator	1 og 2	5 av 7		✓

I Fysikk 2 er nesten hele faget med på hver eksamen. Det er derfor ikke nok å kunne noen få emner godt. Lær de grønne boksene i *alle* emnene først.

Slik er eksamen

Del	Tid	Hjelpemidler høsten 2026
Del 1	2 timer	Skrivesaker, passer, linjal, vinkelmåler og vedleggene i oppgavesettet (formler, fakta og programmering)
Del 2	3 timer	Alle hjelpemidler, unntatt internett og verktøy for kommunikasjon. Du kan bruke datamaskin med GeoGebra, regneark og Python, men ikke KI.

Del 1 har 20 flervalgsoppgaver (A, B, C eller D), og du bør bruke omtrent én time på dem. Resten av Del 1 er én oppgave med tre–fire deloppgaver der du forklarer, tegner og regner kort. Den ga 10–11 poeng. Del 2 har fem større oppgaver (tre i H23), til sammen 28–31 poeng fra V24 til V26. På Del 2 skal du ofte skrive og *kjøre* et Python-program for å finne et tall, og vurdere måledata med graf eller regresjon.

Grensen for karakter 2 har vært 22–25 % av poengene, og grensen for karakter 4 har vært 60 %.

Hva kan komme på H26?

> **Dette er en prognose, ikke en garanti**
>
> Det finnes bare tre høstsett i Fysikk 2 etter den nye læreplanen (H23, H24 og H25). Mønstrene under kan være tilfeldige. Øv på *alle* oppgavetypene.

Vi har lest oppgavene i H23, H24 og H25 og sammenlignet dem med våren samme år, våren året etter og høsten året før. Høstsettene ligner ikke mer på våren samme år enn på de andre settene. Men de tre høstsettene har noen trekk felles:

- **Svært sannsynlig:** De faste typene: krefter, sirkelbevegelse, gravitasjon, felt, induksjon, relativitet, kvantefysikk, programmering og forsøk. Alt dette er med på alle sju settene.
- **Sannsynlig:** En Del 2-oppgave der noe faller *rett* mot en planet eller måne. Farten finner du med energibevaring, og tiden med et Python-program (H23, H24 og H25). Bare ett vårsett har hatt et slikt program (V26, rakett).
- **Sannsynlig:** En kastoppgave på Del 2. Den har vært med på alle tre høstsettene, men bare på to av fire vårsett.
- **Usikkert:** En kvantefysikkoppgave på Del 2 (fotoelektrisk effekt, de Broglie). Den har vært med i H24 og H25, men aldri på et vårsett.
- **Usikkert:** Generator og transformator. Typen har vært med på alle fire vårsettene, men bare på ett av tre høstsett (H23).

Øv med hele eksamenssett

Det viktigste rådet: Gjør hele eksamenssett på tid, *uten* mer hjelp enn du har lov til på eksamen. Ingen løsningsforslag, ingen nettsøk og ingen KI før du er ferdig. Ha datamaskinen med GeoGebra og Python klar på Del 2, slik du skal ha den på eksamen.

Når	Gjør dette
14 dager før eksamen	Ett helt eksamenssett på tid, for eksempel V25
7 dager før eksamen	V26, det nyeste settet
2 dager før eksamen	H25, det siste høstsettet

Alle settene fra V23 til V26 har den samme ordningen som eksamen høsten 2026: 2 timer på Del 1 og 3 timer på Del 2 med datamaskin. Skriv ned hvor mange poeng du fikk til uten hjelp hver gang, og se etterpå på oppgavene du ikke klarte. Jobber du jevnt og trutt mellom settene, får du til mer og mer. Bruk oppgavetypene under til å øve på det du ikke fikk til.

Mekanikk

Krefter, skråplan og friksjon

Slik ser det ut

1–4 flervalg på Del 1 hvert år, og ofte de første deloppgavene på Del 2 · med på 7 av 7

«En kloss blir trukket med konstant fart av en kraft F. […] Hva er det riktige uttrykket for størrelsen av friksjonskraften?» (V23), eller «Tegn figur med krefter og vis at $k = \dfrac{mg\sin\alpha}{v^2}$, der v er den konstante farten som syklisten oppnår» (V24).

Alle oppgavene om krefter, skråplan og friksjon (15)

Karakter 2

- Tegne kraftdiagram med tyngdekraft G, normalkraft N, friksjon R og snordrag S. Tegn ingen egen kraft for «farten» eller «akselerasjonen».
- Konstant fart betyr at kraftsummen er null. Akselerasjon betyr at $\sum F = ma$.
- Dekomponere tyngdekraften på et skråplan: $G\sin\alpha$ langs planet og $G\cos\alpha$ normalt på planet. Uten andre krefter normalt på planet er $N = mg\cos\alpha$.
- Friksjon: $R = \mu N$. Ned et skråplan med friksjon er $a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$ (H24). Med $\alpha = 30°$ og $\mu = 0{,}20$ blir $a \approx 3{,}2\ \mathrm{m/s^2}$.

Øv på: Snorkrefter på kule mellom to vertikale vegger, Akselerasjon for kloss ned skråplan med friksjonstall 0,20

Karakter 4: i tillegg

- En skrå trekkraft endrer normalkraften: $N = mg - F\sin\alpha$, og da er $R = \mu(mg - F\sin\alpha)$ (V23).
- Terminalfart: Når luftmotstanden er like stor som drivkraften, er farten konstant. På skråplan gir $kv^2 = mg\sin\alpha$ at $k = \dfrac{mg\sin\alpha}{v^2}$ (V24).
- Friksjonen virker alltid mot bevegelsen. En kloss som sendes opp et skråplan, har derfor større akselerasjon på vei opp enn på vei ned, og fartsgrafen knekker der klossen snur (H23, H25).
- Sette opp Newtons 2. lov for to legemer koblet med snor over en trinse (H24, V26).

Øv på: Friksjonskraft på kloss trukket med skrå kraft, Normalkraft på kloss på skråplan med horisontal kraft, Syklist med luftmotstand triller ned bakke, Fire fartsgrafer for kloss sendt oppover skråplan med friksjon, Kloss på skråplan med snor over trinse til lodd

Kast

Slik ser det ut

1–2 flervalg på Del 1, og en Del 2-oppgave i H23, H24 og H25 · med på 7 av 7

«En ball sparkes på skrå ut fra kanten av ei brygge. Brygga har en høyde $h = 2{,}0$ m over vannflata. Startfarten til ballen $v_0 = 15$ m/s, og utgangsvinkelen $\alpha = 30°$. Vis at det tar 1,8 s fra ballen sparkes og til den treffer vannet» (H24).

Alle kastoppgavene (13)

Karakter 2

- Dele farten i komponenter: $v_{0x} = v_0\cos\alpha$ og $v_{0y} = v_0\sin\alpha$.
- Bruke at farten er konstant i x-retning, og at akselerasjonen er g nedover i y-retning: $x = v_{0x}t$ og $y = h + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$.
- I toppunktet er $v_y = 0$, så farten er bare $v_0\cos\alpha$ (V25).
- Horisontalt kast: Falltiden avhenger bare av høyden, ikke av farten (V23, H24).

Øv på: Fart i toppunktet for sparket fotball, Golfball slått horisontalt mot hull 20 m unna, Falltid for kule skutt horisontalt fra gevær, Lekebil triller utfor bordkant med mindre fart

Karakter 4: i tillegg

- Finne flytiden med andregradslikningen: $2{,}0 + 7{,}5t - 4{,}905t^2 = 0$ gir $t \approx 1{,}8$ s, og ballen treffer vannet $15\cos 30° \cdot 1{,}76 \approx 23$ m fra bryggekanten (H24).
- Finne startfarten som gir treff i et bestemt punkt ved å kombinere x- og y-likningen (H24).
- Forklare hva luftmotstand gjør: v_x avtar, og banen blir brattere på vei ned enn på vei opp (H23, V25, H25).
- Behandle ladde partikler i et homogent elektrisk felt som et kast med en annen akselerasjon enn g (V24, H25).

Øv på: Ball sparket fra brygge mot flåte, Flytid for skrått kast med dobbel utgangsvinkel, Vertikal akselerasjon for skrått kast med luftmotstand, Skrått kast av ball og isoporkule med luftmotstand

Sirkelbevegelse

Slik ser det ut

1–4 flervalg på Del 1, og en Del 2-oppgave i V23, V24 og V26 · med på 7 av 7

«En kloss med masse m slippes fra ro fra kanten av en vertikal halvsirkel med radius r. Se bort fra all friksjon og luftmotstand. Hvor stor er normalkraften på klossen i det laveste punktet i halvsirkelen?» (V24).

Alle oppgavene om sirkelbevegelse (20)

Karakter 2

- Sentripetalakselerasjon: $a = \dfrac{v^2}{r}$, rettet mot sentrum. Banefarten er $v = \dfrac{2\pi r}{T}$.
- Sentripetalkraften er ikke en egen kraft. Den er kraftsummen av de vanlige kreftene, og den peker mot sentrum. Tegn bare snordrag og tyngdekraft på en kjeglependel (V25).
- I bunnen av en bane: $N - mg = m\dfrac{v^2}{r}$. Med $m = 0{,}10$ kg, $v = 1{,}5$ m/s og $r = 0{,}12$ m blir $N = 0{,}10 \cdot \left(9{,}81 + \dfrac{1{,}5^2}{0{,}12}\right) \approx 2{,}9$ N (V23).
- Bil i horisontal sving: friksjonen er kraftsummen, $R = m\dfrac{v^2}{r}$ (V24).

Øv på: Krefter på pendelkule i nederste punkt Fysikk 2 V23, Kraftsum på kule i horisontal sirkelbane, Krefter på kula i en kjeglependel, Bil i horisontal sving, dossert sving og over bakketopp (a), Kloss ned skråplan og inn i vertikal halvsirkel (b)

Karakter 4: i tillegg

- Kombinere energibevaring og Newtons 2. lov: Slipp fra kanten av en halvsirkel gir $v^2 = 2gr$, og da blir $N = mg + m\dfrac{2gr}{r} = 3mg$ i bunnen (V24).
- På toppen av en loop eller en bakketopp: $mg - N = m\dfrac{v^2}{r}$. Klossen mister kontakten når $N = 0$, altså når $v = \sqrt{gr}$ (V23, V25, H25).
- Dossert sving uten friksjon: $\tan\alpha = \dfrac{v^2}{rg}$ (V24, V25).
- Dele akselerasjonen i en sentripetal del og en del langs banen når farten endrer seg (V26).

Øv på: Normalkraft på kloss i bunnen av halvsirkel, Kloss ned skråplan og inn i vertikal halvsirkel, Normalkraft og banefart i dossert sving, Kloss gjennom skråplan og loop på digital kraftmåler

Gravitasjon og satellittbaner

Slik ser det ut

1–2 flervalg på Del 1, og en Del 2-oppgave hvert år · med på 7 av 7

«Et romfartøy med masse 950 kg går i en sirkelbane med radius 20 000 km rundt jorda. Vis at banefarten til romfartøyet $v_0 = 4{,}46$ km/s. Hvor mye energi må tilføres romfartøyet for at det skal unnslippe gravitasjonsfeltet til jorda?» (V25).

Alle oppgavene om gravitasjon (19)

Karakter 2

- Gravitasjonskraft: $G = \gamma \frac{Mm}{r^2}$, der r er avstanden fra *sentrum* av planeten. Feltstyrken er $g = \gamma \frac{M}{r^2}$.
- Dobbel avstand gir en fjerdedel av kraften.
- Banefart i sirkelbane: Sett gravitasjonskraften lik sentripetalkraften, $\gamma \frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$, så $v = \sqrt{\frac{\gamma M}{r}}$. For romfartøyet blir $v = \sqrt{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 5{,}97 \cdot 10^{24}}{2{,}0 \cdot 10^{7}}} \approx 4{,}46$ km/s (V25).
- Vektløshet i romstasjonen betyr fritt fall, ikke at gravitasjonen er borte (V24).

Øv på: Gravitasjonsfeltstyrke ved astronaut, Gravitasjonsfeltstyrke mellom to like planeter, Gravitasjonsfeltstyrke på overflata av tre stjerner, Romfartøy i sirkelbane og reise til Proxima Centauri B (a)

Karakter 4: i tillegg

- Potensiell energi langt fra jorda: $E_p = -\gamma \frac{Mm}{r}$. Bruk energibevaring $\frac{1}{2}mv_1^2 - \gamma\frac{Mm}{r_1} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \gamma\frac{Mm}{r_2}$ for fall fra stor høyde (V23, V24, H24, V25, H25).
- Unnslippe fra sirkelbane: Den totale energien må bli null. Det må tilføres $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 950 \cdot 4460^2 \approx 9{,}5 \cdot 10^9$ J (V25).
- Avgjøre banetype ved å sammenligne farten med sirkelbanefarten og unnslipningsfarten (V23).
- I en ellipsebane er farten størst nær sola, der den potensielle energien er minst (V26).
- Tiden for et fall rett mot en planet eller måne: Akselerasjonen endrer seg underveis, så du kan ikke bruke formlene for konstant akselerasjon. Skriv et program med `a = gamma*M/r**2` og kjør det til `r` er lik radien (H23, H24, H25).

Øv på: Energibevaring for asteroide som faller mot jorda, Gjenstand sluppet fra ballong 39 km over jordoverflata, Asteroide passerer jorda 5000 km over overflata, Satellittbane ut fra gitt banefart i høyde h, Satellitt i ellipsebane faller mot jorda, Gjenstand faller mot planet og måne

Elektriske og magnetiske felt

Elektrisk felt

Slik ser det ut

1–3 flervalg på Del 1, og en Del 2-oppgave på fem av sju sett · med på 7 av 7

«Spenningen over platene $U = 200\,\text{V}$. […] Startfarten til elektronet $v_0 = 0{,}010c$. Utgangsvinkelen $\alpha = 43°$. […] Avstanden mellom platene er 10 cm. Vis at elektronet bruker $1{,}2 \cdot 10^{-8}$ sekunder mellom A og B» (V24).

Alle oppgavene om elektrisk felt (14)

Karakter 2

- Feltlinjene går fra positiv til negativ ladning. En positiv ladning får kraft langs feltlinjene, en negativ ladning mot dem.
- Der feltlinjene ligger tett, er feltet sterkt. Der de ligger glissent, er feltet svakt.
- Coulombs lov: $F = k_e \dfrac{|Q|\,|q|}{r^2}$, og feltstyrken er $E = \dfrac{F}{q}$.
- Mellom to plater er feltet homogent: $E = \dfrac{U}{d}$ og $F = qE$.
- Akselerert gjennom en spenning: $qU = \frac{1}{2}mv^2$ (V23, V25).

Øv på: Positiv partikkel sluppet i inhomogent elektrisk felt, Fart til elektron akselerert over avstand d i elektrisk felt, Elektron og proton akselerert gjennom 6000 V (a1)

Karakter 4: i tillegg

- Legge sammen felt fra flere ladninger som vektorer, og bruke symmetri. I midten av et kvadrat opphever like ladninger i motsatte hjørner hverandre (V24, V25).
- Ladd partikkel mellom plater som kast: $a = \dfrac{eU}{md} = \dfrac{1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot 200}{9{,}109 \cdot 10^{-31} \cdot 0{,}10} \approx 3{,}5 \cdot 10^{14}\ \text{m/s}^2$, og flytiden er $t = \dfrac{2v_0 \sin\alpha}{a} \approx 1{,}2 \cdot 10^{-8}\ \text{s}$ (V24).
- Kraftlikevekt for en ladd kule i snor: elektrisk kraft, tyngdekraft og snordrag (H24, H25).

Øv på: Elektron i skrått kast mellom horisontale plater, Elektrisk felt i midten av kvadrat med fire ladninger, Feltretning i punkt like langt fra to motsatt ladde partikler, Ladd kule holdt av snor mellom ladde plater, Proton mellom horisontale plater med elektrisk og magnetisk felt

Magnetfelt og magnetisk kraft

Slik ser det ut

1–4 flervalg på Del 1, og deloppgaver på Del 2 · med på 7 av 7

«Et elektron beveger seg med en fart $v = 8{,}0 \cdot 10^6$ m/s, vinkelrett på et homogent magnetfelt med flukstetthet $B = 3{,}20$ mT. Forklar hvorfor elektronet beveger seg i en sirkelbane. Bestem baneradien og rundetiden til elektronet» (V25).

Alle oppgavene om magnetfelt (19)

Karakter 2

- Bruke høyrehåndsregelen for retningen på feltet rundt en strømleder, og for kraften på en positiv ladning. For en negativ ladning snur kraften.
- Kraft på ladning: $F = qvB$. Kraft på strømleder: $F = ILB$ (H24).
- Den magnetiske kraften står vinkelrett på farten, så den gjør ikke arbeid. Farten er konstant, og partikkelen går i sirkel (V25).

Øv på: Retning på kraft, fart og magnetfelt for positiv ladning, Magnetfeltretning fra elektron som bøyer av oppover, Magnetfeltretning og strøm fra kraft på leder, Elektron i sirkelbane med økende flukstetthet (a)

Karakter 4: i tillegg

- Baneradius: $qvB = m\dfrac{v^2}{r}$ gir $r = \dfrac{mv}{qB}$. For elektronet blir $r = \dfrac{9{,}109 \cdot 10^{-31} \cdot 8{,}0 \cdot 10^6}{1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot 3{,}20 \cdot 10^{-3}} \approx 1{,}4$ cm (V25).
- Felt fra lang rett leder: $B = k_{\text{m}}\dfrac{I}{r}$. Felt fra flere ledere legges sammen. Er feltet null i en avstand d fra en leder med 1 A og $2d$ fra en annen, må den andre ha 2 A (V24).
- Hastighetsfilter: Partikkelen går rett fram når $qE = qvB$, altså $v = \dfrac{E}{B}$ (V24, H24, H25).
- Bestemme fortegnet til en ladning ut fra hvilken vei banen krummer (H23, V24).

Øv på: Baneradius for ion når den magnetiske flukstettheten dobles, Strøm i leder som gir null magnetfelt i punktet P, Retning på felt for positiv partikkel som går rett gjennom, Magnetfelt midt mellom parallelle ledere med strøm I og 2I

Induksjon og Lenz' lov

Slik ser det ut

1–4 flervalg på Del 1, og en Del 2-oppgave på fire av sju sett · med på 7 av 7

«En stavmagnet slippes fra ro, med nordpolen ned, gjennom en spole. Hvilken retning har det induserte magnetfeltet inne i spolen når staven faller mot spolen? […] Bruk Faradays induksjonslov til å bestemme absoluttverdien av endringen i magnetisk fluks» (H24).

Alle oppgavene om induksjon (16)

Karakter 2

- Magnetisk fluks: $\Phi = BA$ når feltet står vinkelrett på flata.
- Det induseres spenning bare når fluksen *endrer seg*. En sløyfe helt inne i et homogent felt får ingen strøm (H24).
- Lenz' lov: Den induserte strømmen lager et felt som motvirker endringen. En magnet som nærmer seg en ring, blir bremset (V23, V26).
- Faradays lov: $\bar{\varepsilon} = -N\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$. Med $\bar{\varepsilon} = 0{,}23\text{ V}$, $\Delta t = 0{,}12\text{ s}$ og $N = 600$ blir $|\Delta\Phi| = \dfrac{0{,}23 \cdot 0{,}12}{600} = 4{,}6 \cdot 10^{-5}\text{ Wb}$ (H24).

Øv på: Metallstav dyttet langs U-formet leder i magnetfelt Fysikk 2 V23, Magnet med sørpol nederst faller mot ring, Stavmagnet faller gjennom spole med datalogger (a og c), Induksjon i spole i sentrum av strømsløyfe (b1)

Karakter 4: i tillegg

- Lese indusert spenning som stigningstallet til fluksgrafen: $\varepsilon = -N\Phi'(t)$. Der fluksen er størst, kan spenningen være null (V23).
- Bevegelsesindusert spenning i en stang: $\varepsilon = vBL$, og den induserte strømmen gir en kraft som bremser stanga (V23, V24).
- Fluks når feltet står skrått: Bruk bare komponenten av feltet som står vinkelrett på flata (V25).
- Forklare hvordan et vannkraftverk eller bølgekraftverk lager strøm: magneter og spoler beveger seg i forhold til hverandre, og fluksen endrer seg (H24, H25).

Øv på: Fluks og indusert spenning fra graf for flukstetthet, Rektangulær sløyfe som faller inn i magnetfelt, Indusert spenning i sløyfe med skrått magnetfelt, Magneter med nordpolene mot hverandre i bølgekraftverk

Relativitetsteori og kvantefysikk

Relativitetsteori

Slik ser det ut

2–4 flervalg på Del 1, og deloppgaver på Del 2 i V23, H24, V25 og H25 · med på 7 av 7

«Et romskip har farten $v = 0{,}60c$ i forhold til jorda. En hendelse om bord i romskipet tar 2,0 µs sett fra jorda. En fart på $v = 0{,}60c$ gir en lorentzfaktor $\gamma = 1{,}25$. Hvor lang tid tar hendelsen sett fra romskipet?» (V23).

Alle oppgavene om relativitetsteori (19)

Karakter 2

- Egentiden t_0 måles av den som er i ro i forhold til hendelsen. Alle andre måler lengre tid: $t = \gamma t_0$. Romskipet over gir $t_0 = \dfrac{2{,}0}{1{,}25} = 1{,}6$ µs (V23).
- Lengdekontraksjon: $L = \dfrac{L_0}{\gamma}$, og bare langs fartsretningen. En bygning på 36 m sett fra et tog med $\gamma = 4{,}0$ er 9,0 m lang (H24).
- Lysfarten er den samme for alle observatører.
- Klokker går saktere dypere i et gravitasjonsfelt (V25).

Øv på: Tidsdilatasjon for hendelse om bord i romskip med 0,60c, Lengdekontraksjon av skolebygning sett fra tog, Tidsdilatasjon for hendelse på jorda målt fra romskip, Tidsforløp og lysfart i gravitasjonsfelt

Karakter 4: i tillegg

- Regne ut lorentzfaktoren selv: $\gamma = \dfrac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$. Med $0{,}80c$ er $\gamma = \dfrac{5}{3}$. En reise på $4{,}0 \cdot 10^{16}$ m tar da $1{,}67 \cdot 10^8$ s fra jorda og $1{,}0 \cdot 10^8$ s om bord (V25).
- Avgjøre hvem som måler egentid i et tankeeksperiment, for eksempel med lysfart 300 m/s (H24).
- Ekvivalensprinsippet: I et lukket romskip kan du ikke skille akselerasjon fra gravitasjon (V24, H25).
- Gravitasjonell rødforskyvning: Lys som går oppover i et gravitasjonsfelt, får lavere frekvens. Formelen står i oppgaven når du trenger den (V23).

Øv på: Tog og fallende ball med lysfart 300 m per s, Drone i høy fart tar bilde av Henrik som soler seg, Lyssignal mellom to identiske planeter, Gravitasjonell rødforskyvning og tidsdilatasjon ved nøytronstjerne

Kvantefysikk

Slik ser det ut

1–4 flervalg på Del 1, og en Del 2-oppgave i H24 og H25 · med på 7 av 7

«Fotoner med en bølgelengde på 245 nm treffer en metalloverflate. Elektroner frigjøres og får en maksimal kinetisk energi på $1{,}18 \cdot 10^{-19}$ J. Bestem det fotoelektriske frigjøringsarbeidet fra metalloverflata» (H24).

Alle oppgavene om kvantefysikk (17)

Karakter 2

- Fotonenergi: $E = hf = \dfrac{hc}{\lambda}$.
- Fotoelektrisk effekt: $hf = W + E_k$. Er fotonenergien mindre enn løsrivningsarbeidet W, kommer det ingen elektroner, uansett hvor sterkt lyset er (V24, H25). For H24 er $E = \dfrac{6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 3{,}00 \cdot 10^{8}}{245 \cdot 10^{-9}} \approx 8{,}12 \cdot 10^{-19}$ J, så $W \approx 6{,}94 \cdot 10^{-19}$ J.
- Comptoneffekten: Et foton støter mot et elektron og får lengre bølgelengde etterpå (V23, V25).
- de Broglie-bølgelengde: $\lambda = \dfrac{h}{p}$. Større fart gir kortere bølgelengde.

Øv på: Lys mot metall som ikke frigjør elektroner, Påstander om frekvens og grensefrekvens i fotoelektrisk effekt, Comptoneffekten blant fire kollisjonsprosesser, Påstander om bølgelengde for elektron og foton

Karakter 4: i tillegg

- Sannsynligheten for å finne partikkelen i et intervall er arealet under grafen til $|\Psi|^2$ (V24, V26).
- Uskarphetsrelasjonen: $\Delta x\,\Delta p \geq \dfrac{h}{4\pi}$. Med $\Delta y = 12$ nm blir $\Delta p_y \geq \dfrac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{4\pi \cdot 12 \cdot 10^{-9}} \approx 4{,}4 \cdot 10^{-27}$ kg m/s (H24).
- Lese løsrivningsarbeid og grensefrekvens av en graf. I en graf for E_k mot f er stigningstallet h (V25, V26).
- Finne de Broglie-bølgelengden etter akselerasjon gjennom en spenning: $p = \sqrt{2meU}$ (H23, H25).

Øv på: Frigjøringsarbeid, bremsespenning og elektron gjennom to spalter, Elektron og proton akselerert gjennom 6000 V, Sannsynlighet i intervaller fra bølgefunksjon til elektron, Løsrivningsarbeid og grensefrekvens for sink og kalsium

Metoder som går igjen

Programmering med Eulers metode

Slik ser det ut

1–2 flervalg på Del 1, og deloppgaver på Del 2 hvert år · med på 7 av 7

Et kort Python-program med en `while`-løkke der én linje mangler. «Programmet nedenfor finner farten klossen har i bunnen av skråplanet. […] Hva er riktig kode for linje 10?» (V23). På Del 2 får du ofte en kodemal: «Hvor lang tid tok det fra romsonden var 900 km unna overflata, til den traff månen? Du kan ta utgangspunkt i koden nedenfor» (H24). Du fullfører programmet, kjører det og bruker tallet det skriver ut.

Alle programmeringsoppgavene (17)

Karakter 2

- Kjenne standardløkka: `a = ...`, så `v = v + a*dt`, så `s = s + v*dt` og `t = t + dt`, og en `while`-betingelse som stopper løkka.
- Finne akselerasjonen med Newtons 2. lov: $a = \frac{\sum F}{m}$. Kloss ned skråplan med luftmotstand kv gir `a = g*sinu - k*v/m` (V23).
- Forklare med ord hva en linje gjør, og hva programmet skriver ut.
- Kjøre et ferdig program på Del 2 og skrive svaret med enhet og fornuftig antall gjeldende sifre (V26).

Øv på: Akselerasjon i Python for kloss på skråplan med luftmotstand, Python-program for falltid fra avstand r mot jorda, Python-program for kloss som glir ned bakkeprofil

Karakter 4: i tillegg

- Få fortegnene riktige når kraften skifter retning, som luftmotstand på vei opp og ned et skråplan (V26).
- Akselerasjon som avhenger av avstanden: `a = -gamma*M/r**2` for fall mot en planet, eller Coulombs lov for ladninger (H23, V24, H24).
- Fullføre en kodemal på Del 2: startverdier, akselerasjon, stoppbetingelse og hva som skal skrives ut. Kjør programmet og sjekk at svaret er rimelig (V24, H24, V25, H25, V26).
- Velge en liten nok `dt`: Kjør programmet med en ti ganger mindre `dt`. Endrer ikke svaret seg i de sifrene du oppgir, er `dt` liten nok.
- Utvide et program med en ny kraft, for eksempel luftmotstand eller en kraft som avtar med farten (V26).
- Programmer med en `for`-løkke som gjentar en beregning et bestemt antall ganger, som et proton som akselereres mange ganger, eller et elektron som går 15 runder (V23, V25).

Øv på: Python-program for kloss opp og ned skråplan med luftmotstand, Eulers metode for ladd partikkel med Coulombs lov, Romsonden Luna-25 kolliderer med månen, Stang på skinner akselereres av spenningskilde i magnetfelt (d), Negativ ladning som svinger mellom to positive kuler (d), Elektron i sirkelbane med økende flukstetthet (c), Rakett med skyvekraft og drivstofftap radielt bort fra jorda, Kloss trukket med skrå kraft som avtar med farten (b)

Måleusikkerhet og forsøk

Slik ser det ut

Én flervalgsoppgave om relativ usikkerhet på fem av sju sett, og en forsøksoppgave på Del 2 hvert år · med på 7 av 7

«En formel for massen til planeten er $M = \frac{4\pi^2 r^3}{\gamma T^2}$. Den relative usikkerheten i rundetiden er 2 %. Den relative usikkerheten i radien er 3 %. Hva er den relative usikkerheten $\frac{\Delta M}{M}$?» (V26).

Alle oppgavene om måleusikkerhet og forsøk (13)

Karakter 2

- Relativ usikkerhet i et produkt av potenser: Gang hver relativ usikkerhet med eksponenten (uten fortegn), og legg sammen. For M over: $3 \cdot 3\,\% + 2 \cdot 2\,\% = 13\,\%$ (V26).
- Konstanter som $4\pi^2$ og γ har ingen usikkerhet.
- Et måleintervall er målt verdi pluss/minus usikkerheten: 0,12 m ± 0,01 m gir 0,11 til 0,13 m (V25).

Øv på: Relativ usikkerhet i ionemasse fra baneradius, Relativ usikkerhet i g fra fart og radius, Relativ usikkerhet i planetmasse fra rundetid og radius, Horisontalt kast av stålkule fra bord (a, kolonne C og D)

Karakter 4: i tillegg

- Regne ut en teoretisk verdi for hver rad i en tabell, for eksempel kastelengden $x = v\sqrt{\frac{2h}{g}}$ (V25).
- Vurdere en hypotese: Ligger de teoretiske verdiene innenfor måleintervallene (V25, H24)? Fyll ut tabellen i et regneark, så slipper du å regne hver rad for hånd.
- «Utforsk og vurder om formelen gjelder»: Legg måleverdiene inn i GeoGebra eller Python, og tegn grafen til formelen i samme koordinatsystem. Du kan også gjøre regresjon og sammenligne konstantene med formelen. Vis grafen med punktene i besvarelsen, og skriv for hvilke verdier modellen stemmer (V23, H23).
- Forklare hvorfor målinger avviker fra teorien, som friksjon, luftmotstand eller energitap i en transformator (V23, V26).
- Tolke en graf fra en sensor eller kraftmåler: Hvor i banen er klossen når kraften er størst (V26)?

Øv på: Relativ usikkerhet i bordhøyde fra kule utfor bordkant, Relativ usikkerhet i g fra kloss i sirkelbane med lodd, Snorkraft i laveste punkt for pendel med kraftmåler, Kloss sendt på skrå oppover skråplan (e og f), Horisontalt kast av stålkule fra bord, Stavmagnet faller gjennom spole med datalogger

Bare for karakter 4

Generator, vekselspenning og transformator

Slik ser det ut

Flervalg på Del 1 i V24 og V25, deloppgaver i V23 og V24, og Del 2 i H23 og V26 · med på 5 av 7

«En spole med tverrsnittareal 0,010 m^2 og 100 vindinger roterer i et homogent magnetfelt. Grafen viser den induserte spenningen som oppstår i spolen som en funksjon av tid. Hvor stor er den magnetiske flukstettheten gjennom spolen?» (V25).

Alle oppgavene om generator og transformator (6)

Karakter 4

- Roterende spole: $\varepsilon = NBA\omega \sin(\omega t)$, så toppverdien er $NBA\omega$, og $\omega = \dfrac{2\pi}{T}$. Med toppverdi 2,0 V og $T = \pi$ s blir $\omega = 2{,}0\ \text{s}^{-1}$ og $B = \dfrac{2{,}0}{100 \cdot 0{,}010 \cdot 2{,}0} = 1{,}0\ \text{T}$ (V25).
- Transformator: $\dfrac{U_\text{s}}{U_\text{p}} = \dfrac{N_\text{s}}{N_\text{p}}$. Fra 240 V til 60 V gir $\dfrac{N_\text{p}}{N_\text{s}} = 4{,}0$ (V24).
- Effektivverdi: $U_\text{eff} = \dfrac{U_\text{maks}}{\sqrt{2}}$. Formelen sto i oppgaven i V26.
- En ekte transformator gir litt lavere spenning enn likningen sier, fordi noe av fluksen ikke går gjennom sekundærspolen og noe energi blir til varme (V26).

Øv på: Vindingsforhold i transformator fra 240 V til 60 V, Flukstetthet fra indusert spenning i roterende spole, Vindturbin, generator og transformator, Effektivverdi i transformator og avvik fra transformatorlikningen

Dette kan du hoppe over

Disse har vært med, men er så sjeldne eller vanskelige at tiden er bedre brukt på oppgavetypene over:

- Tunnelering og alfastråling (H23)
- Python-programmer som summerer mange små bidrag, som magnetfelt fra 50 ledere (V23) eller kinetisk energi til en roterende stang (V25)
- Gravitasjonell tidsdilatasjon for klokker mellom to planeter (V24) og kraftsum ved ekvator på en planet som roterer svært raskt (H23)
- Klassisk bevegelsesmengde og støt (hører til Fysikk 1 og har ikke vært med på eksamen i Fysikk 2 etter den nye læreplanen)