

Den Danske
Fysikolympiade



Landsprøve 2026

Prøven afholdes en af dagene
mandag 20. oktober - fredag 24. oktober 2025

Prøvetid: 3 timer

Opgavesættet består af 6 opgaver med i alt 17 spørgsmål.
Svarene på de stillede spørgsmål indgår med lige vægt i vurderingen.

Bemærk, at der er valgfrihed mellem opgaverne 6A og 6B, og at kun én af disse må afleveres.

Nødvendige fysiske konstanter og tabelværdier kan findes i listen foran opgaverne.

Alle sædvanlige hjælpemidler er tilladte, dog ikke internet.

Liste over udvalgte fysiske konstanter og tabelværdier

Specifik varmekapacitet, vand (20°C – 60 °C)	c_{vand}	$4,18 \cdot 10^3$	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
Specifik varmekapacitet, is	c_{is}	$1,95 \cdot 10^3$	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
Specifik smeltevarme, is	L_{is}	$3,34 \cdot 10^5$	J kg^{-1}
Specifik fordampningsvarme, vand 20 °C	L_f	$2,45 \cdot 10^6$	J kg^{-1}
Specifik fordampningsvarme, vand 60 °C	L_f	$2,35 \cdot 10^6$	J kg^{-1}
Specifik fordampningsvarme, vand 100 °C	L_f	$2,26 \cdot 10^6$	J kg^{-1}
Densitet, vand 0 °C	ρ_{vand}	$1,00 \cdot 10^3$	kg m^{-3}
Densitet, is ved 0 °C	ρ_{is}	$9,17 \cdot 10^2$	kg m^{-3}
Densitet, atmosfærisk luft (1 atm, 20 °C)	ρ_{luft}	1,22	kg m^{-3}
Atmosfærisk lufts molare masse	M_{luft}	$2,90 \cdot 10^{-2}$	kg mol^{-1}
Den molare masse af carbon	M_{carbon}	$1,20 \cdot 10^{-2}$	kg mol^{-1}
Middelfstanden mellem Solen og Jorden	D_S	$1,496 \cdot 10^{11}$	m
Solens masse	M_S	$1,99 \cdot 10^{30}$	kg
Solens udstrålingseffekt	L_S	$3,83 \cdot 10^{26}$	W
Solens middeleradius	R_S	$6,96 \cdot 10^9$	m
Jordens middeleradius	R_J	$6,37 \cdot 10^6$	m
Jordens masse	M_J	$5,98 \cdot 10^{24}$	kg
Gravitationskonstanten	G	$6,67 \cdot 10^{-11}$	$\text{N m}^2 \text{kg}^{-2}$
Tyngdeaccelerationen i Danmark	g	9,82	m s^{-2}
Tyngdeaccelerationen ved Ækvator	g	9,78	m s^{-2}
Lydens fart i luft (1 atm, 20 °C)	v_s	343	m s^{-1}
Lysets fart i vakuum	c	$2,998 \cdot 10^8$	m s^{-1}
Avogadro konstanten	N_A	$6,022 \cdot 10^{23}$	mol^{-1}
Planck konstanten	h	$6,626 \cdot 10^{-34}$	J s
Rydberg konstanten for hydrogen	R_H	$1,097 \cdot 10^7$	m^{-1}
Elementarladningen	e	$1,602 \cdot 10^{-19}$	C
Vakuumperrmittiviteten	ϵ_0	$8,854 \cdot 10^{-12}$	$\text{C V}^{-1} \text{m}^{-1}$
Stefan-Boltzmann konstanten	σ	$5,670 \cdot 10^{-8}$	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$
Gaskonstanten	R	8,314	$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
Boltzmann konstanten	k_B	$1,381 \cdot 10^{-23}$	J K^{-1}
Protonens masse	m_p	$1,67262 \cdot 10^{-27}$	kg
Elektronens masse	m_e	$9,10938 \cdot 10^{-31}$	kg
Neutronens masse	m_n	$1,67493 \cdot 10^{-27}$	kg
Atommasseenhed	u	$1,6605 \cdot 10^{-27}$	kg
Atommassen af ${}^1_1\text{H}$	m_H	1,0078250	u
Atommassen af ${}^2_1\text{H}$	m_D	2,0141018	u
Atommassen af ${}^1_0\text{n}$	m_n	1,0086649	u

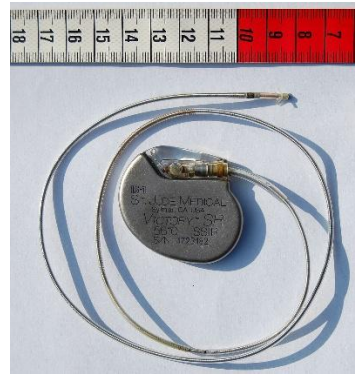
Opgave 1. Tre nødder

Pacemaker

Et fuldt opladet batteri til en pacemaker kan levere en ladning på i alt $0,55 \text{ A}\cdot\text{h}$ ($\text{A}\cdot\text{h} = \text{ampere}\cdot\text{timer}$).

Pacemakeren leverer strøm med en gennemsnitsværdi på $5,4 \mu\text{A}$.

a) Hvor mange år går der, inden pacemakerbatteriet skal skiftes?



Figur 1. En pacemaker

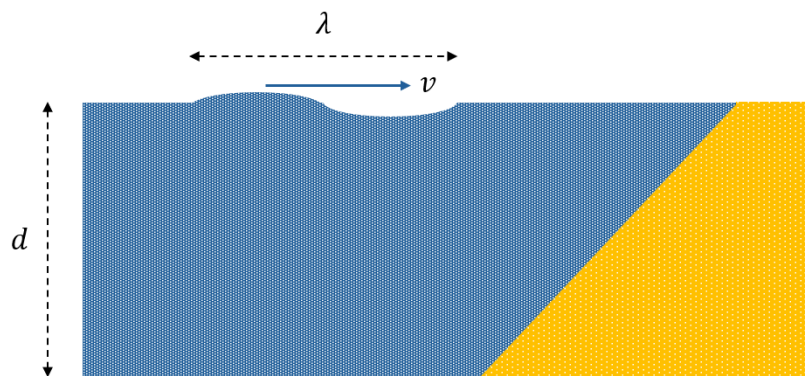
Tsunami

Udbredelsesfarten af en tsunami over verdenshavene er meget stor.

Tilnærmelse er farten givet ved formlen

$v = \sqrt{g \cdot d}$, hvor g og d betegner henholdsvis størrelsen af tyngdeaccelerationen og vanddybden.

I nærheden af kyster, hvor havdybden er mindre, bremses tsunamier op, til gengæld stemmes bølgen op, hvad der som bekendt kan give store ødelæggelser.



Figur 2. En tsunami, der bevæger på vanddybden d mod land.

Et sted, hvor vanddybden er $2,0 \text{ km}$, har en tsunami en bølgelængde på 120 km .

b) Bestem tsunamienes fart og dens periode på dette sted.

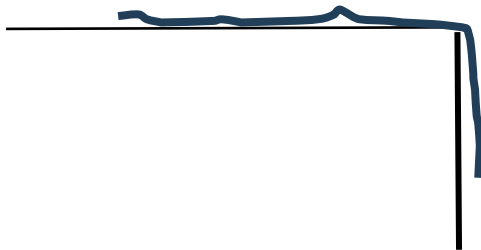
Reb på bord

Et reb ligger på et vandret bord. Noget af rebet hænger ud over bordets kant, se Fig. 3.

Gnidningskoefficienten mellem reb og bord er μ .

c) Vis, at den brøkdelen af rebet, som kan hænge ud over kanten, uden at det glider, højst kan være

$$\eta = \frac{\mu}{\mu+1}.$$



Figur 3. Et reb, som ligger på et bord.

Opgave 2. Sandbatteri



Figur 4. Et sandbatteri er et lager til varmeenergi. Energien lagres ved at opvarme en stor beholder fyldt med sand. Opvarmningen kommer fra elektrisk energi, produceret af solceller eller vindmøller, og den elektriske energi omsættes til varmeenergi ved at opvarme et rørsystem i sandet, hvori der cirkulerer vand.

Verdens største sandbatteri findes i Pornainen, Finland, se Fig. 4. Det består af en cylinderformet tank med højde 12 m og radius 7,0 m, og 40% af tankens rumfang er optaget af isolering og rør. Resten af tanken indeholder sand.

Densiteten af sandet er 1500 kg/m^3 .

a) Bestem massen af sandet i sandbatteriet.

Den specifikke varmekapacitet af sandet er $830 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}}$, og det opvarmes fra 0°C til en temperatur på 550°C .

b) Hvor meget energi kan sandbatteriet lagre?

Sandbatteriet har en nyttevirkning på 85%. Et koldt vinterdøgn opvarmes vand til fjernvarme til Pornainen by fra 40°C til 90°C , og der opvarmes i gennemsnit 20 m^3 vand i timen. Antag, at der i dette tidsrum ikke tilføres ny energi til sandbatteriet, og at der kan ses bort fra varmetabet fra tanken.

c) Vurdér hvor meget temperaturen af sandbatteriet er faldet efter et døgn.

Opgave 3. Olie og vand

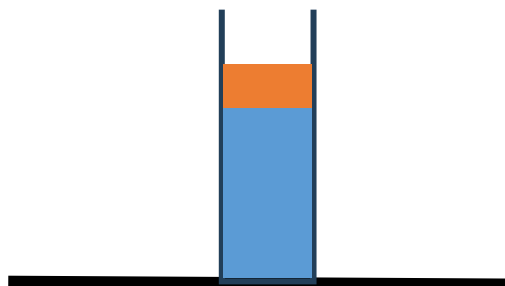
Et cylinderformet måleglas har en indre diameter på 2,6 cm. I glasset er der vand, og oven over vandet et lag olie, se Fig. 5. Den samlede væskehøjde af de to væsker er 0,28 m, og den samlede masse af væskeerne er 145 g. Atmosfærens tryk er $p_a = 101,3 \text{ kPa}$.

Densiteten af olien er $\rho_o = 0,83 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, og

densiteten af vand er $\rho_v = 1,00 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

a) Hvad er trykket i måleglasset ved måleglassets bund?

b) Hvor tykt er olielaget?



Figur 5. Måleglas med vand og olie

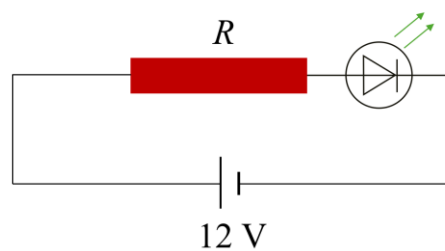
Opgave 4. Lysdiode

På en 12 V strømforsyning sidder en grøn lysdiode, som indikerer, om strømforsyningen er tændt.

Dioden sidder i serieforbindelse med en resistor med resistans R , se Fig. 6.

Karakteristikken for dioden er vist på Fig. 7.

Lysdioden begynder at lyse, når spændingen over den er 2,1 V.



Figur 6. Kredsløb med strømforsyning, resistor og lysdiode.

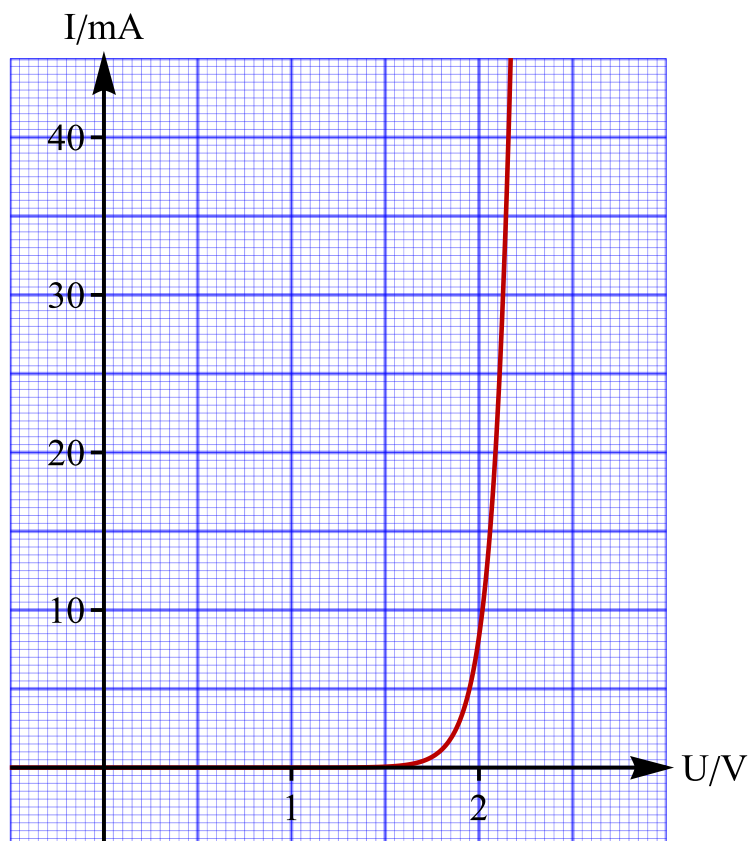
a) Bestem effekten af energien afsat i lysdioden, når den begynder at lyse.

Den gennemsnitlige bølgelængde af det grønne lys fra lysdioden er 525 nm. Man kan regne med, at 50 % af den afsatte effekt i lysdioden går til at udsende lys.

b) Hvor mange fotoner udsender lysdioden i gennemsnit pr. sekund, når dioden begynder at lyse?

Resistoren har en resistans, så lysdioden begynder at lyse, når strømforsyningen er tændt.

c) Bestem resistansen af resistoren samt den effekt, som afsættes i resistoren.



Figur 7. Karakteristisk for grøn lysdiode.

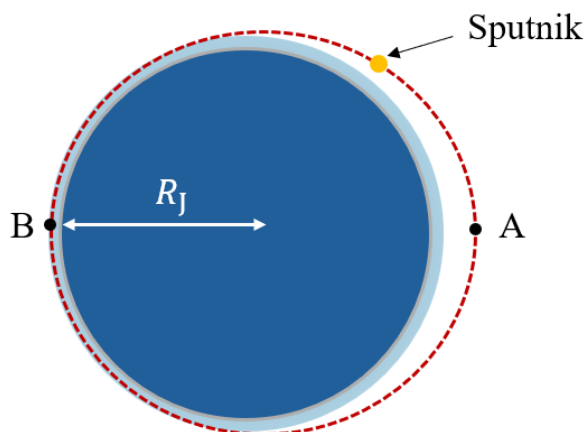
Opgave 5. Sputnik 1

Sputnik 1 var den første satellit i kredsløb om Jorden. Den blev opsendt af Sovjetunionen 4. oktober 1957. Sputnik 1's bane var elliptisk (se Fig. 8). Lige efter opsendelsen var den største banehøjde 939 km (punkt A), hvor satellitten havde farten 7,19 km/s. Den mindste banehøjde lige efter opsendelsen var 215 km (punkt B). Massen af Sputnik 1 var 83,6 kg.



- Bestem forskellen i størrelsen af gravitationskraften på satellitten mellem punkt B og punkt A.
- Bestem farten af Sputnik 1, når den passerer punkt B.
- Vurdér omløbstiden for Sputnik 1.

I nærheden af punkt B er banehøjden så lav, at Jordens atmosfære påvirker satellitten. Det betød, at satellitten faldt til Jorden efter 3 måneder. Satellitten er kugleformet, med formfaktor $C_d = 0,50$ og radius 0,29 m. Luftens densitet i højden 215 km er $4,0 \cdot 10^{-10} \text{ kg/m}^3$.



Figur 8. Sputnik 1's bane omkring Jorden (stiplet rød). Det lyseblå område indikerer atmosfæren omkring Jorden.

- Bestem den effekt, hvormed luftmodstanden fjerner energi fra Sputnik 1, når satellitten passerer punkt B.

Opgave 6A Neutrinoløst dobbelt β^- -henfald af ^{76}Ge

Asymmetrien mellem stof og antistof i universet er endnu ikke forstået. En del af forklaringen kan være, at leptontallet ved visse kernereaktioner ikke er bevaret. Et tegn på dette vil være eksistensen af neutrinoløse dobbelte beta-henfald (dvs. den samtidige udsendelse af to betapartikler fra kernen uden ledsagende neutrinoer). En god kandidat til neutrinoløst dobbelt beta-henfald er $^{76}_{32}\text{Ge}$, som henfalder til en isotop af Se.

- Opskriv reaktionsskemaet for neutrinoløst dobbelt beta-henfald af ^{76}Ge og beregn Q -værdien.

Ved et forsøg⁽⁺⁾ målte man gennem 500 døgn på en klump Ge med massen 1,008 kg (hvoraf 7,8% var ^{76}Ge). I denne tidsperiode detekteredes 48 begivenheder, der muligvis kunne være et neutrinoløst dobbelt beta-henfald.

- Bestem en nedre grænse (målt i år) for halveringstiden for neutrinoløst dobbelt-beta henfald af ^{76}Ge .

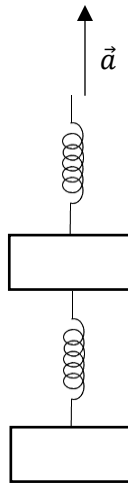
⁽⁺⁾Zhang et al, "Searching for ^{76}Ge neutrinoless double beta decay with the CDEX-1B experiment", Chinese Physics C, 48, Issue(10): 103001 (2024).

Z	N	A	Se	m/u
34	31	65		64,964550
34	32	66		65,955280
34	33	67		66,949991
34	34	68		67,941825
34	35	69		68,939415
34	36	70		69,933516
34	37	71		70,932209
34	38	72		71,927141
34	39	73		72,926756
34	40	74		73,922476
34	41	75		74,922523
34	42	76		75,919214
34	43	77		76,919914
34	44	78		77,917309
34	45	79		78,918499
34	46	80		79,916522
34	47	81		80,917993
34	48	82		81,916700
34	49	83		82,919119
34	50	84		83,918467
34	51	85		84,922261
34	52	86		85,924312
34	53	87		86,928689
34	54	88		87,931417
34	55	89		88,936669
34	56	90		89,940100
34	57	91		90,945700
34	58	92		91,949840
34	59	93		92,956140
34	60	94		93,960491

Z	N	A	Ge	m/u
32	44	76		75,921403

Figur 9. Atommasser for Se og Ge.

Opgave 6B. Fjedre og klodser



Figur 10. To fjedre og to klodser, som accelererer opad.

To identiske fjedre, begge med fjederkonstant k , og hvilelængde L_0 er forbundet med to klodser, begge med masse m , som Fig. 10 viser. Systemet hives opad med den konstante acceleration a . Efter en kort indsvingning vil fjedrene bevæge sig opad med konstant længde. Tyngdeaccelerationens størrelse betegnes g . Man kan se bort fra fjedrenes masse.

a) Vis, at længden af den nederste fjeder er $L_1 = L_0 + \frac{m \cdot (a+g)}{k}$, og at længden af den øverste fjeder er $L_2 = L_0 + \frac{2m \cdot (a+g)}{k}$.

b) Bestem, udtrykt ved de angivne størrelser, hvor meget energi der er ophobet i fjedrene under bevægelsen.

▣ Bemærk, at der er valgfrihed mellem opgaverne 6A og 6B, og at kun én af disse må afleveres.

Opgavesættet slut