TFY4106 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Øving 1. Tips.

Oppgave 3 og 4.
Bruk en eller flere av konstant-akselerasjonsligningene.

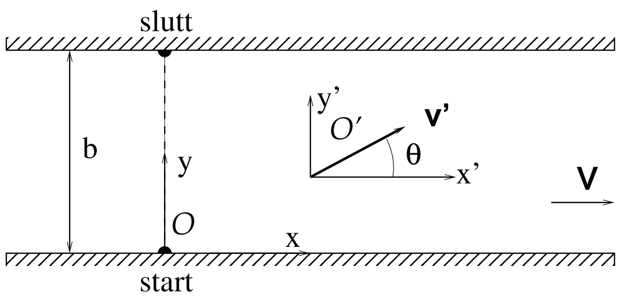
Oppgave 5.
Fra $a = dv/dt$, finn en differensialligning for v, dvs en ligning på formen

$$dv \cdot (\text{funksjon av } v) = dt \cdot (\text{funksjon av } t)$$

og integrer denne fra start $(v_0, 0)$ til et vilkårlig tidspunkt (v, t).

Oppgave 9 - 11.
Velg utskytningsstedet som origo og finn uttrykk for $x(t)$-posisjonen og $y(t)$-posisjonen for pila. Pila treffer bakken når høyden $y(t)$ er lik bakkehøyden ved samme $x(t)$-posisjon. Du får her bruk for $\tan\alpha$.
Når du har funnet tida t_b for når bakken treffes, vil rekkevidden i x-retning være $x(t_\mathrm{b})$ og rekkevidden langs planet gitt av denne og helningsvinkelen.
Maksimer $L(\theta)$ mhp θ ved å derivere. På flat mark er det (som kjent?) optimalt å kaste 45° oppover.

Oppgave 12.



a. Legg inn et koordinatsystem med x langs elvebredden og y på tvers. I figuren til venstre er referansesystemet fast i elvebredden betegnet O, mens referansesystemet som følger elvestrømmen er betegnet O'.

Vannets hastighet $\boldsymbol{V} = V\hat{x}$ er gitt i system O. Båtens hastighet i system O' er som oppgitt

$$\boldsymbol{v}' = v_x'\hat{x} + v_y'\hat{y},$$

og båtens hastighet i system O er

$$\boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}' + \boldsymbol{V} \qquad \text{osv} \ldots$$

b. Total tid er sammensatt av tida t_r for å ro over bredden pluss tida t_g for å gå til rett posisjon: $t(\theta) = t_\mathrm{r} + t_\mathrm{g}$. Tida t_r er gitt av hastigheten v_y. Tida t_g er gitt av hvor man lander på den andre bredden (som er gitt av v_x og t_r) og gangfarten v_g.

c. Minimalisering: $dt(\theta)/d\theta = 0$. Svaret skal bli $\cos\theta_\mathrm{min} = -\dfrac{v'}{V + v_\mathrm{g}}$.

d. Overbevis deg om at kontrollen $V = 0$ ikke kan være riktig. Å krysse stillestående vann må være å ro rett over: $\theta_\mathrm{min} = 90°$.
Problemet ligger i gangavstanden på den andre elvebredden funnet i b. Med direkte-fram regning antar vi at denne er positiv, dvs vi havner et sted nedenfor i den retning elva renner. Men hvis vi ikke gjør det (som er fullt matematisk mulig), må vi skifte et fortegn i uttrykket for $t(\theta)$. Vi får altså to ulike uttrykk som gjelder under ulike forhold, og det er noe mer arbeidsomt å finne minimum.
Betingelsen for det enkleste svaret er at $\cos\theta > -(V/v')$. Overlater detaljene til den grundige student, fullstendig løsning vil du finne i øvingens løsningsforslag.

TFY4106 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Øving 2. Tips.

Oppgave 1.

a) Statisk likevekt $\Rightarrow \sum_i \boldsymbol{F}_i = 0$.

b) Uniform sirkelbevegelse $\Rightarrow a = \omega^2 r$, inn mot sirkelens sentrum. (Alltid!) N1 vertikalt, N2 horisontalt.

c) Som i oppgave *a*), uten $\boldsymbol{F}$, men med akselerasjon forskjellig fra null.

Oppgave 2.

a) Krefter på m er S og mg. $\omega = \dot{\theta}$.

b) Separer diffligningen. Integrer fra $\theta = 0$, $\omega = \omega_0$ til vilkårlig tilstand θ, ω.

c) Finn komponenten av mg radielt, som sammen med S er opphav til sentripetalakselerasjonen $R\omega^2$. Stram snor fordrer $S > 0$.

Oppgave 3.

a), *b*) N1 normalt på og parallelt med skråplanet.

c) Maksimal statisk friksjonskraft er $\mu_s N$.

d) Kinetisk friksjonskraft er $\mu_k N$.

e) Konstant hastighet hvis $a_{\parallel} = 0$.

Oppgave 4.

b), *c*) Snora *drar* i de to klossene, dvs S virker motsatt retning på de to klossene.

d) Med stram snor er $a_1 = a_2 = a$.

e) Bestem S fra sammenhengene du har så langt, deretter N2 for å finne a, som er lik null hvis v er konstant.

Oppgave 5.

a) Vektorsummen av sentripetal- og baneakselerasjonen.

c) Studer $z(t)$. Hva er z ved landing?

TFY4106 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Øving 3. Tips.

Oppgave 1.

a) Konstant kinetisk friksjonskraft $\mu_k N$.

b) N1.

c) Maksimal statisk friksjonskraft er $\mu_s N$. Buelengde: $s = R\phi$. Tegn figur.

d) Sentripetalakselerasjon ved sirkelbevegelse er v^2/R. Du "tar av" når du mister kontakten med taket, dvs når $N = 0$. Tegn figur.

Oppgave 3.

Underveis fant jeg sammenhengen

$$\tan\alpha = 2\tan\beta,$$

som med

$$\begin{aligned} \tan x &= \frac{\sin x}{\cos x}, \\ \sin^2 x + \cos^2 x &= 1, \end{aligned}$$

kan omskrives til

$$\cos\beta = \frac{2\cos\alpha}{\sqrt{1+3\cos^2\alpha}}.$$

Videre, ved å innføre den dimensjonsløse størrelsen

$$\gamma = \frac{5D/L - 1}{2},$$

kan ligningen gitt i oppgaveteksten skrives på flere måter:

$$\begin{aligned} x &= \frac{\gamma}{1 + 2/\sqrt{1+3x^2}}, \\ x &= \gamma - \frac{2x}{\sqrt{1+3x^2}}, \\ x &= \frac{1}{2}\sqrt{1+3x^2}\,(\gamma - x)\,. \end{aligned}$$

Her er $x = \cos\alpha$.

TFY4106 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Øving 4. Tips.

Oppgave 1.

a) og *b*) N2 med snorkraften S_1 oppover, tyngden mg nedover og sentripetalakselerasjon oppover. (Og energibevarelse, selvsagt.)

c) Impulsbevarelse (ikke energibevarelse), og felles hastighet etter kollisjonen. Deretter energibevarelse.

e) Energi- og impulsbevarelse gir to ligninger for de to ukjente v_1' og v_2'. Pass på fortegn, vi anbefaler positivt fortegn mot venstre. Løsning kan være lurt ved å samle ledd med v_1' og v_2' på hver sin side og dividere ligningene med hverandre (andre metoder duger også).

f) Stram snor betyr at snordraget er større enn null.

Oppgave 2.

a) To krefter tangentielt til skråplanet, friksjonskraften og tyngdens komponent tangentielt. Pass på fortegnene.

b) Impulsbevarelse.

Oppgave 3.

a) Multiplikasjon av den oppgitte bevegelsesligningen (N2) med dt/m separerer variablene v, t og m, slik at du kan integrere ligningen.

b) Fasitsvar: $m_d = 1.98 \cdot 10^6$ kg, $m_f = 1.06 \cdot 10^6$ kg.

c) Fasitsvar: $a(0) = 1.39$ m/s^2, $a(t_f) = 22.3$ m/s^2, $v(t_f) = 1.25$ km/s.

d) Trekk ut en felles faktor slik at du får et uttrykk som inneholder $1/(1+x)$, med en liten (og negativ) x. MATLAB-tips: Husk at du kan regne ut a og v for alle de $N = 200$ t-verdiene ved å bruke "." (dvs punktum) foran divisjonstegn og multiplikasjonstegn. Mitt øyemål tilsier at $a_{\text{lin}}(t)$ er en brukbar tilnærmelse de første ca 20 sekundene.

e) Integrer hastigheten $v(t)$ for å finne tilbakelagt distanse. Du vil trolig få bruk for integralet

$$\int \ln x \, dx = x \ln x - x.$$

Fasitsvar: $h_f = 58.4$ km. Relativ feil ved å bruke $g(h_f) = g(0)$: ca 2%.

Oppgave 4.

a) Forholdet mellom massen dm til en liten bit av bøylen som dekker en liten vinkel $d\theta$ og total masse M må være lik forholdet mellom $d\theta$ og total vinkel 2α.

b) Forholdet mellom massen dm til en liten bit av skiva med arealet $dA = r\,d\theta \cdot dr$ og total masse M må være lik forholdet mellom dA og skivas totale areal $A = \ldots$.

TFY4106 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Øving 5. Tips.

Oppgave 1.

a) Kompakt skive: $I_0 = MR^2/2$.

e) Fra definisjonen av dreieimpuls blir enheten m kg m/s, eller Js.

Oppgave 3.

c) Bruk definisjonen av dreieimpuls. Med impuls i x-retning bidrar ikke x-komponenten av $\boldsymbol{r}$.

d) Er dreieimpulsen mhp A bevart? Hvorfor, evt hvorfor ikke?

f) Bestem $\boldsymbol{p}_f$ og finn et uttrykk for det dimensjonsløse forholdet p_f/p_i. Med staven festet i A vil det generelt virke en "reaksjonskraft" fra akslingen på staven i festepunktet, men ikke alltid. Heng opp en stav, gi den en "kakk" på ulike steder, og se hva som skjer. Eller knips en blyant som ligger på bordet på ulike steder og observer bevegelsen til blyantens ende.

h) Stavens kinetiske energi rett etter sammenstøtet kan regnes ut med integrasjon, eller ganske enkelt skrives ned. (Ren rotasjon om A!)

Oppgave 4.

a) Steiners sats.

b) Banedreieimpuls.

c) N2 for rotasjon.

TFY4106 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Øving 6. Tips.

Oppgave 1 og 2.

Mekanisk likevekt, mhp translasjon *og* rotasjon.

Oppgave 3.

a) og *b*) Fire ukjente – θ_0, S, f, N – krever fire ligninger. Ved den etterlyste grensen, $\theta = \theta_0$, har friksjonskraften f sin maksimale verdi. Statisk likevekt betyr at du kan bruke Newtons 1. lov, for translasjon og rotasjon. Alternative korrekte uttrykk for snordraget:

$$S = \frac{MgR}{r+R}\sin\theta_0 = Mg\left(\sin\theta_0 - \mu_s\cos\theta_0\right).$$

c) Nå kan du regne vinkelen θ som kjent. Det er da fire ukjente: a, S_1, f, N. Det er ikke lenger statisk men kinetisk friksjon (glidende friksjon). Bruk N2 for translasjon og rotasjon, og pass på å bruke riktig rullebetingelse (evt "utrullingsbetingelse").

Oppgave 4.

a) Velg kulas massesenter som referansepunkt i denne deloppgaven. Eliminer størrelsen $F\Delta t$ fra de to ligningene $\Delta p = F\Delta t$ og $\Delta L = \tau\Delta t$.

c) Friksjonskraften f virker slik at bevegelsen går mot ren rulling. Du finner derfor retningen p f ved å vurdere om rotasjonen er for rask eller for langsom - eller motsatt: om translasjonen er for langsom eller rask (dvs i forhold til ren rulling).

d) Dreieimpulsen like etter støtet, L_0, må være den samme som ved ren rulling, L_r, pga dreieimpulsbevarelse. Spesialtilfellet med ren rulling umiddelbart skal gi $V_r = V_0$.

e) Translasjonshastigheten endres pga en konstant akselererende kraft. Finn akselerasjonen, og bruk denne til å bestemme t_r. Du kjenner start- og sluttastigheten, eller i alle fall sammenhengen mellom disse, fra *d*). Sjekk at spesialtilfellet som gir ren rulling stemmer.

Ekstra:
f) Total kinetisk energi er $K_{\text{trans}} + K_{\text{rot}}$. Ved ren rulling er $\omega_r = V_r/R$, og i starten er ω_0 funnet i punkt *a*). Finn uttrykk for total kinetisk energi K_0 (rett etter støtet) og K_r (ved ren rulling). Det kan være informativt å regne ut og analysere forholdet K_r/K_0.

g) Forskjøvet lengde x_r kan finnes fra gjennomsnittsfart og tiden t_r: $x_r = \langle V\rangle\, t_r$. Fasitsvar:

$$\Delta K = K_r - K_0 = -\frac{1}{2}MV_0^2\cdot\frac{2}{7}\left(1-\frac{5h}{2R}\right)^2$$

$$x_r = \frac{2V_0^2}{49\mu_k g}\left(6+\frac{5h}{2R}\right)\left|1-\frac{5h}{2R}\right|$$

TFY4106 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Øving 7. Tips.

Svingninger

b) og c) bør tas samlet. Bruk startbetingelsene.

e) Tips: $\cos(a+b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b$.

g) Variabelskifte i N2.

h) Betrakt utsvinget ved f.eks $t = 0$ og ved $t = N \cdot T$, der N er et heltall. Amplitudeforholdet kan leses av figuren.

i) Likt utsving, men ulik kraft for de to fjærene.

j) Lik kraft, men ulikt utsving.

k) Likt utsving med motsatt fortegn.

TFY4106 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Øving 8. Tips.

Oppgave 1
a) Pass på enhetene.
c) Bølgemønstret gjentas periodisk, og perioden er T.
g) Deriver y og les av amplituden.
h) Deriver en gang til.

Oppgave 2
a) Bruk hintet i oppgaven, med $kx - \omega t + \phi_1$ som u.

Oppgave 3
c) Det er S og μ som bestemmer bølgehastigheten.

Oppgave 4
d) E endres ikke med tiden; velg derfor (f.eks) $t = 0$. Substitusjonen $\beta = \sqrt{2}x/a$ kan være smart.

TFY4106 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Øving 9. Tips.

Oppgave 1
a) Oppgaven bruker begrepet "fasehastighet". Dette er nøyaktig det samme som det vi kaller bølgehastighet.

b) Regn ut dv/dS, som for små endringer i S og v er essensielt det samme som $\Delta v/\Delta S$. Alternativt kan du regne ut hastigheten v' når strekk-kraften er $S + \Delta S$, for små verdier av $\Delta S/S$.

c) Tilsvarende *b*).

d) Intensiteten I_1 tilsvarer et lydtrykknivå β_1 angitt i "enheten" dB, og tilsvarende for bølge nr 2. Du skal bestemme forholdet I_1/I_2 (der I_1 åpenbart er større enn I_2).

e) Likevektstrykket er p_0. Ved en forstyrrelse (bølge) blir trykket p og avviket fra likevekt $\Delta p = p - p_0$. Det er amplituden til bølgen Δp det her er snakk om.

f) På grunn av energibevarelse avtar intensiteten I på en bestemt måte som funksjon av avstanden r fra lydkilden. (Se evt forelesningene.)

Oppgave 2
a) Kjennskap til v og f skulle holde.

b) Bruk definisjonen av intensitetsnivået målt i antall dB.

c) De oppgitte ca-verdiene for effekten P gir formodentlig bare ett realistisk estimat av arealet til din trommehinne.

d) Bruk sammenhengen mellom I og ξ_0 utledet i forelesningene.

e) Bruk sammenhengen mellom Δp og ξ utledet i forelesningene.

f) Et trykk på 1 atm (atmosfære) tilsvarer $1.013 \cdot 10^5$ Pa.

Oppgave 3
a) Grunntonen tilsvarer en stående bølge med lavest mulig frekvens, dvs størst mulig bølgelengde (som oppfyller grensebetingelsene at strengen er fastspent i begge ender, dvs null amplitude der).

b) Stående bølger i et luftfylt rør som er åpent i begge ender, har molekylutsving med null amplitude ved begge ender.

c) Knutepunkt er det samme som node, dvs null utsvingsamplitude. I et tynt rør har utsvingsbølgen buk ved en åpen ende.

d) Tenk på tvungne svingninger. Her representerer den svingende strengen en harmonisk ytre kraft på lufta omkring.

Oppgave 4
Bruk dimensjonsanalyse ("enhetsanalyse") til å argumentere for at τ her bare kan avhenge av T. For utregning av τ: Betrakt en liten bit av strengen mellom r og $r + dr$, med masse $dm = dr M/L$. Snordraget ved r og ved $r + dr$ er *ikke* like store. Differansen må være nettokraften som gir strengbiten en akselerasjon lik sentripetalakselerasjonen $\omega^2 r$. Greit med litt repetisjon av sirkelbevegelse, kanskje?

TFY4106 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Øving 10. Tips.

Oppgave 1

a) I formelen vi utledet for sammenhengen mellom utsendt og observert frekvens er det her bare mediets hastighet v_m (og bølgehastigheten v, selvsagt) som er forskjellig fra null.

b) Betrakt dette i to trinn: (1) Kilde i bevegelse mot observatør i ro. (2) Kilde i ro, observatør i bevegelse mot kilde.

c) Tiden mellom intensitetsmaksima er sveveperioden.

d) Veilengdeforskjellen for de to lydbølgene avgjør om det blir konstruktiv eller destruktiv interferens.

Oppgave 2

a) Kjenner du omtrent massetettheten til luft, er det bare å multiplisere med rommets volum. Alternativt kan du bruke ideell gass tilstandsligning, i kombinasjon med at midlere molar masse til luft er 29 g.

b) Det går 1000 milliliter på en liter og 1000 liter på en kubikkmeter.

c) Bruk ideell gass tilstandsligning. Pass på å bruke absolutt temperatur T, med enhet K (kelvin).

Oppgave 3

a) Se forelesningene.

b) Se forelesningene.

c) Se forelesningene.

d) Se forelesningene.

e) Her kan det antagelig benyttes innebygde funksjoner i Matlab. Selv har jeg denne for–løkken i mitt program:

```
for i=1:N
     z=z0+(i-1)*h;
     %Tilpasset temperaturprofil: T(z)=234.0-2.25*z+14.0*exp(-2.0*z)
     T=234.0-2.25*z+14.0*exp(-2.0*z);
     Tinv(i)=1/T;
     %Integrasjon med trapesmetoden og Simpsons metode
     %i=1 og i=2 behandles spesielt:
     if i==1
        integral(i)=0.0;
     elseif i==2
        integral(i)=(h/2)*(Tinv(1)+Tinv(2));
     elseif mod(i,2)==0     %i=2,4,6,...: trapesmetoden
        integral(i)=integral(i-2)+(h/2)*(Tinv(i-2) + ...
                    2*Tinv(i-1)+Tinv(i));
     else                   %i=3,5,7,...: Simpsons metode
```

```
        integral(i)=integral(i-2)+(h/3)*(Tinv(i-2) + ...
                    4*Tinv(i-1)+Tinv(i));
     end;
     height(i)=z;
     %faktor 1000 for omregning fra km til m
     pressure(i)=p0*exp(-1000.0*(M*g/R)*integral(i));
     %med konstant H0 = RT/gM blir p(z) en ren exp-funksjon
     pexp(i)=p0*exp(-1000*z/H0);
     temperature(i)=T;
end;
```

Dvs, en kombinasjon av trapesmetoden (for høydeverdier som tilsvarer at antall intervaller er et oddetall) og Simpsons metode (der antall intervaller er et partall).

f) Dette er inkludert i for–løkken i punkt *e*).

TFY4106 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Øving 11. Tips.

1) Her er referansepunktet $p_0 = 4.58$ mm Hg (kvikksølv) og $T_0 = 273.15$ K. En søyle kvikksølv med høyde 760 mm og tverrsnitt 1 m^2 har masse $13.59 \cdot 10^3 \cdot 0.760 = 10328$ kg, siden massetettheten til Hg er 13.59 g/cm^3. Hg-søylen veier dermed $1.013 \cdot 10^5$ N, og utøver et trykk på $1.013 \cdot 10^5$ Pa = 1 atm mot underlaget. Derfor tilsvarer et trykk på 760 mm Hg "normaltrykket" 1 atm. Her er damptrykket ved kokepunktet kjent (oppgitt), og lik nettopp 1 atm, eller 760 mm Hg. Du skal bruke damptrykk-formelen til å bestemme det tilhørende kokepunktet. Siden fordampningsvarmen i virkeligheten varierer med temperaturen, er det ikke sikkert at dine beregninger gir det korrekte svaret.

2) Samme formel som i 1), men andre tallverdier. Og den ukjente størrelsen er her molar fordampningsvarme.

3) For å få til denne må du nok ha fått til nr 2). Ingen spesielt god variant til eksamen, med andre ord: Fare for følgefeil...

4) Svarte legemer med temperatur T sender ut stråling ("varmestråling") $j = \sigma T^4$. (Stefan-Boltzmanns lov.) Her er j utsendt strålingsenergi pr flate- og tidsenhet, og σ er Stefan-Boltzmanns konstant. Ved stasjonære forhold er netto varmestrøm like stor alle steder mellom de to svarte overflatene.

6) Midlere kinetisk translasjonsenergi $m\langle v^2\rangle/2$ og absolutt temperatur T er proporsjonale størrelser i en ideell gass.

7) Hva skjer her med T?

8) Sammenlign arealer.

9) Første hovedsetning.

10) Besvares ved å sammenligne molekylmasser.

11) Med konstant effekt er latent varme proporsjonal med tidsrommet som T holder seg konstant.

13) Total motstand (enten det er elektrisk motstand eller varmemotstand) for seriekoblede enkeltmotstander bestemmes ved å legge enkeltmotstandene sammen.

14) Siden $P = \Delta T/R$ må du ha fått til nr 13 for å klare denne.

15) Har du fått til nr 13, klarer du nok denne!

16) Bestem varmemotstanden mellom innelufta og den aktuelle grenseflaten. Bidrag pga "ikke perfekt kobling" mellom innelufta og overflaten til sponplaten, og pga varmeledning gjennom sponplaten.

17) Du trenger antall timer (h) i et år.

18) $dM/dt = (dQ/dt)/(dQ/dM) = P/(c\,dT)$. 1 L vann har masse 1 kg.

19) $v = dz/(2\,dt) = (dV/A)/(2\,dt)$ osv.

TFY4106 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Øving 12. Tips.

1) - 4) Legg merke til at det ikke er nok med en ligning som beskriver likevektstilstanden for å beregne bulkmodulen B. Det som er avgjørende, er hvordan trykket p *varierer* når volumet V endres. Dersom T er konstant, trenger vi ikke noe mer enn ideell gass tilstandsligning, $p(V) = Nk_BT/V$, for å beregne B, siden Nk_BT/V bare består av konstante størrelser og volumet V. Dersom prosessen er adiabatisk, dvs uten tilførsel eller avgivelse av varme, vil både T og p forandre seg når V endres, slik at vi trenger et uttrykk for $p(V)$ som *ikke* inneholder temperaturen T. Og det har vi: $p \cdot V^\gamma$ er konstant i en adiabatisk prosess.

5) Se forelesningsnotatene side 113 - 114.

6) Netto utført arbeid tilsvarer arealet omsluttet av kurven $p(V)$.

7) Bruk ideell gass tilstandsligning, $pV = Nk_BT$.

8) For isobar prosess er $Q = C_p\Delta T$ og for isokor prosess er $Q = C_V\Delta T$. Og med spesifisert (1-atomig eller 2-atomig) ideell gass er C_p og C_V kjent.

9) og 10) Tegn figur, dvs $p(V)$ for de aktuelle kretsprosessene. Husk at for ideell gass er en adiabat brattere enn en isoterm.

11) og 12) De aktuelle maskinene er diskutert på side 118 - 119 i notatene. Her er også de ulike effektfaktorene definert. Merk at det for virkningsgrad og effektfaktor hele tiden er snakk om forholdet mellom en nyttig energistørrelse og den energistørrelsen som vi må betale for.

TFY4106 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Øving 13. Tips.

1) Husk at virkningsgraden er definert som nytte dividert med kostnad. Her er nytten netto utført arbeid, mens kostnaden er tilført varme.

5) For adiabater er $TV^{\gamma-1}$ konstant.

6) For adiabater er pV^{γ} konstant.

7) Se forelesningsnotatene.

9) Husk at entropien er en tilstandsfunksjon.

10, 11) Siden faseoverganger som smelting og kondensasjon foregår ved konstant temperatur, blir det spesielt enkelt å bestemme den tilsvarende entropiendringen.

13) Varme ut av en kloss betyr like mye varme inn i den andre.

14) Du må antagelig skrive om svaret du først kommer fram til for å få et av de oppgitte alternativene.

15) For toatomig ideell gass er $C_V = 5Nk_B/2$ og $C_p = 7Nk_B/2$.