



## Försättsblad Prov Original

Kurskod	Provkod	Tentamensdatum
E R 0 1 3 G	M 1 0 0	2 0 1 9 - 0 1 - 1 1
Kursnamn	Energiteknik GR (B), Termodynamik	
Provnamn	Tentamen	
Ort	Sundsvall	
Termin		
Ämne		

## Tentamen ER006G/ER013G, Termodynamik, 7,5/6 hp

Datum: 2019-01-11

Skrivtid: 5 timmar

Lärare: Jonas Örtegren, 070-2548990, 010-1427852

Hjälpmedel: Miniräknare samt flera formelsamlingar utan anteckningar i är tillåtna, såsom t.ex.

- Hans Havtuns Applied Thermodynamics, Collection of formulas,
- Egenhändigt utskrivet formel- och tabellhäfte kallat Formelsamling i Termodynamik med hänvisning till Hans Havtuns Applied Tehrmodynamics, Collection of formulas på framsidan.
- Egenhändigt utskrivet formel- och tabellhäfte kallat Formelsamling i energiteknik ver. 140526
- TeFyMa, MaFyKe, Physics Handbook, Data & Diagram eller liknande förlagsutgiven tabell- och formelsamling
- Fysikämnets (Miun) häfte kallat Formelsamling i Fysik.

Elovsson/Alvarez: Energiteknik - Formler och tabeller är EJ tillåten.

Poängberäkning görs separat för problem och teorifrågor. För ER006G är maximal poäng 50 och godkänt resultat 25 poäng, för ER013G är motsvarande gränser 40 resp. 20 poäng. Betygsättning görs efter denna poängsumma och preliminärt enligt tabell nedan. Dock måste minst 50% av maxpoäng uppnås på teoridelen och minst 50% av maxpoäng på problemdelen för godkänt betyg för ER006G/ ER013G.

Preliminära betygssteg:

Betyg	poäng ER006G	poäng ER013G
A	45+	36+
B	40-44,5	32-35,5
C	35-39,5	28-31,5
D	30-34,5	24-27,5
E	25-29,5	20-23,5
F	0-24,5	0-19,5

Kontakta Jonas Örtegren på 070-2548990 eller 010-1427852 vid frågor.

## Teori (14p)

Läs frågan noga! Notera att svaren ej nödvändigtvis behöver vara långa!

### 1. T

När man andas ut luft utomhus en kall vinterdag uppstår ett vitt moln i utandningsluften. Förklara varför. (3p)

### 2. T

När en termometer bestående av ett glasrör med kvicksilver i sänks ned i ett varmt bad sjunker kvicksilvernivån först lite grand, för att sedan öka. Förklara hur detta kan komma sig. (2p)

### 3. T

Kan mekanisk energi omvandlas helt till värme? Förklara eller ge ett exempel. (1p)

Kan värme omvandlas helt till mekanisk energi? Förklara eller ge ett exempel. (1p)

### 4. T

I den kinetiska gasteorin beskrivs gaser som bestående av fritt rörliga gaspartiklar som elastiskt stöter till varandra. Förklara utifrån den kinetiska gasteorin, eller på något annat lämpligt sätt utgående från gaspartiklars rörelse, varför temperaturen ökar då en gas trycks ihop. (3p)

(Tips. Notera att en hänvisning till allmänna gaslagen  $pV=nRT$  ej är en tillräcklig förklaring i detta fall. Utgå istället från hur gaspartiklarna och dess rörelser får temperaturen att öka).

### 5. T

Förklara följande begrepp (4p):

- absolut luftfuktighet
- relativ luftfuktighet
- inre energi
- entalpi

## Problem (26p + Er006G: 10p)

### 6.P (3p)

I ett experiment tillförs värmets 970 J till 1,75 mol av en ideal gas under det att gasens temperatur stiger från 10°C till 25°C vid konstant tryck. Under processen expanderar gasen och utför arbetet 223 J på sin omgivning. Beräkna gasens värmekapacitetskvot  $\kappa=C_p/C_v$ .

### 7.P (8p)

En ideal gas är innesluten av en kolv i en cylinder. Kolven kan röra sig friktionsfritt i cylindern. I begynnelsestillståndet är gasens volym 1,6 dm<sup>3</sup>, trycket är 250 kPa, och temperaturen är 20°C. Gasens värmekapacitet vid konstant volym,  $C_v$ , är  $C_v=(5/2) \cdot R$ , där R är den allmänna gaskonstanten,  $R=8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ .

Antag först att gasens volym fördubblas isotermt.

- Hur stort arbete uträttar gasen? (2 p)
- Hur stor blir entropiändringen hos gasen? Hur stor blir entropiändringen hos omgivningen? (2p)

Antag istället att gasens volym fördubblas adiabatisk och reversibelt.

- Hur stort arbete uträttar gasen nu? (2 p)
- Hur stor blir entropiändringen hos gasen? Hur stor blir entropiändringen hos omgivningen? (2p)

### 8.P (8p)

Den omvända Rankinecykeln med turbinen utbytt mot en strypventil kan användas för att beskriva en förångningskylprocess. Processens arbetsmedium är ammoniak (R-717) med massflödet 0,30 kg/s. Kretsprocessens kondenseringstemperatur är 30°C, och dess förångningstemperatur är -8°C, och vi kan anta att vi har mättad vätska ut ur kondensorn och mättad ånga ut ur förångaren. Antag vidare att kompressorn arbetar isentropiskt och att strypningen sker isentalpiskt.

- Bestäm köldfaktorn COP<sub>2</sub> (även betecknad  $\epsilon$ ) för kretsprocessen. (4p)
- Vad blir köldfaktorn för en omvänd ideal Carnotcykel som arbetar mellan de i uppgiften givna temperaturerna? Är köldfaktorn högre eller lägre i vårt fall? (2p)
- Hur stort kompressoreffekt behöver tillföras? (1p)
- Hur stor är kyleffekten? (1p)

### 9.P (7p)

I en ångkraftprocess, som kan beskrivas av den ideala Rankinecykeln, har den överhettade ångan trycket 60 bar och temperaturen 420 °C före turbinen. Vätskan ut ur kondensorn är av mättningsstillstånd och har temperaturen 30°C. Kretscykeln har vatten som arbetsmedium. Turbinen och pumpen kan antas arbeta isentropiskt. Bestäm, i specifika enheter (dvs per kg):

- a) det arbete som pumpen utför (1,5p)
- b) tillfört värme i förångaren (1,5p)
- c) ur mediet uttaget turbinarbete (1,5p)
- d) bortfört värme i kondensorn (1,5p)
- e) den termiska verkningsgraden (1p)

### 10. Endast Er006G (10p)

- a) Antag att cykeln beskriven i uppgift 9 utrustas med en mellanöverhettare och två turbiner istället för en. Rita en principskiss över ångkraftanläggningen med mellanöverhettare och de komponenter som krävs för att producera ånga och utveckla mekanisk effekt. (2 p)
- b) Mellanöverhettaren arbetar vid 10 bar och överhettar till 420 °C. Övriga data kan hämtas från föregående uppgift. Beräkna den nya termiska verkningsgraden för ångkraftprocessen. (4p)
- c) Vi vill nu komma ännu lite närmare att simulera verkliga förhållanden och tar hänsyn till att de två turbinerna ej arbetar idealt, utan istället, båda två, har isentropverkningsgraden 0,75. Vad blir nu den termiska verkningsgraden för ångkraftprocessen? (4p)



Entalpi-tryck diagram för R-717 (ammoniak)









