

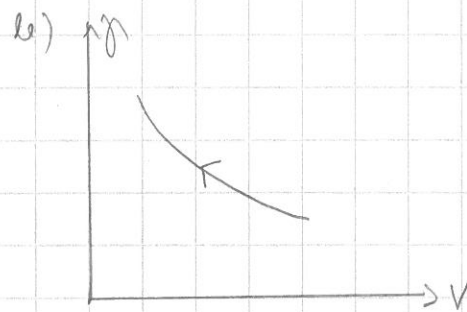
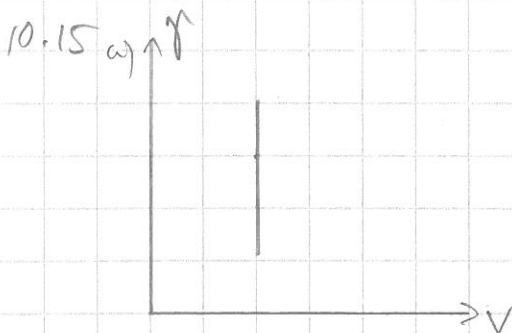
$b \rightarrow c$ : lämpötila  $T_1$  vakio  $\rightarrow$  sisäenergia  $U$  ei muutu  
 $V$  kasvaa  $\rightarrow$  kaasuteke työtä  $W$   
 Koska  $U$  ei muutu  $\rightarrow$  kaasun vastaanottama energia  
 lämpöä  $Q$  ( $\Delta U = \underbrace{W}_{<0} + Q = 0 \Rightarrow Q > 0$ )

$c \rightarrow d$ : tilavuus  $V$  ei muutu  $\rightarrow W = 0$   
 $p$  pienenee  $\rightarrow T$  pienenee  $\rightarrow$  sisäenergia  $U$  pienenee  
 Siten kaasun luovuttaa energiaa lämpöä  $Q$   
 ( $\Delta U = \underbrace{W}_{=0} + Q < 0 \Rightarrow Q < 0$ )

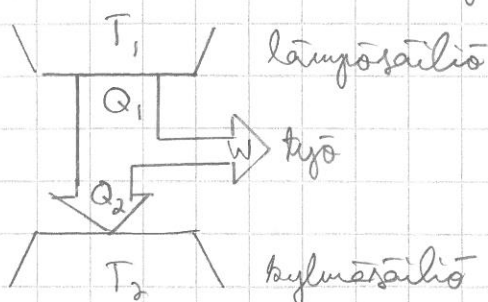
$d \rightarrow a$ :  $V$  pienenee  $\rightarrow$  kaasun vastaanottoa energiaa työtä  $W$   
 $T_2$  vakio  $\rightarrow$  sisäenergia  $U$  ei muutu  
 Siten kaasun luovuttaa energiaa lämpöä  $Q$   
 ( $\Delta U = \underbrace{W}_{>0} + Q = 0 \Rightarrow Q < 0$ )

Huom. Tehetty työ =  $(V, p)$ -koordinaatistossa käyrän alle jäävä pinta-ala

$\Rightarrow W_{b \rightarrow c} > W_{d \rightarrow a}$  Siten kaasuteke enemmän työtä vaiheessa  
 $b \rightarrow c$  kuin ulkopuolinen tekee kaasun työtä vaiheessa  $d \rightarrow a$   
 Kytettä  $a$  siis lämpöenergiaa joka tekee yhdellä kierroksella  
 työn  $W_{b \rightarrow c} - W_{d \rightarrow a}$ . Jäljellä jääneeseen teijtyy tuote  
 enemmän lämpöä  $Q_2$  kuin mitä kulloinkin lämpöä ulos.



## 11. Lämpöenergia



Osa lämpöenergiaa  $Q_1$  muuttetaan työksi  $W$   
 Olet. että ei ole energiahukkaa:

$$Q_1 = Q_2 + W$$

Systeemindeksi:

$$\eta = \frac{E_{\text{tulosta}}}{E_{\text{otto}}}} = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \stackrel{Q = kT}{=} \frac{kT_1 - kT_2}{kT_1} = \frac{k(T_1 - T_2)}{kT_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$