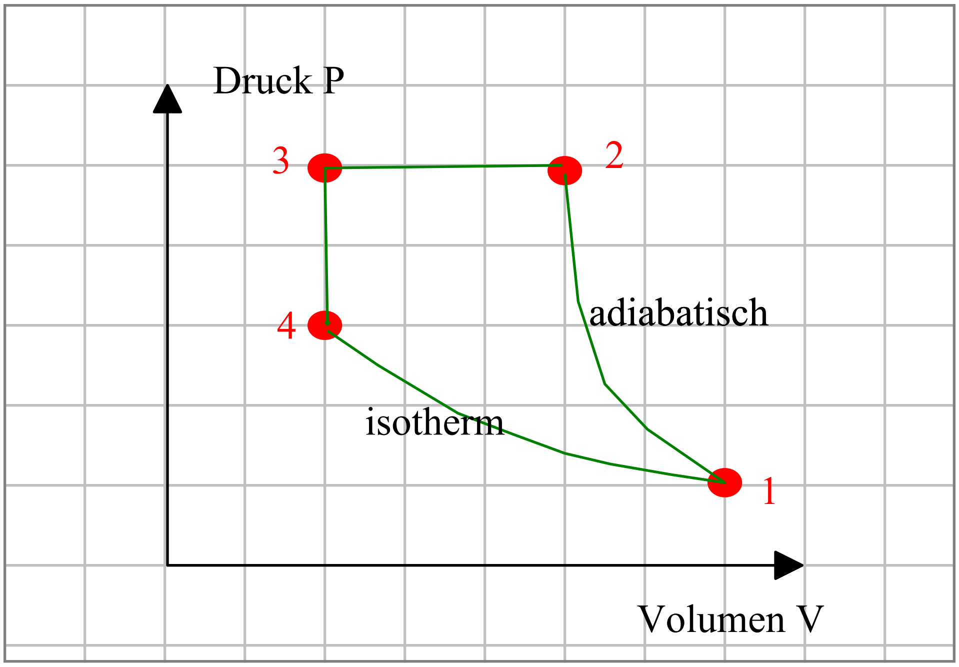
```
> restart;
> Digits:=24: interface( displayprecision=8 ):
```

Aufgabe

Eine Wärmepumpe arbeite nach folgendem Kreisprozess, das Arbeitsmedium sei N_2 (ideales Gas):



Symbole: Druck P, Volumen V, absolute Temperatur T, Index ist der Zustand.

```
> P[1] = 120*Unit(kPa), V[1] = 1.2*Unit(liter), T[1] = 280*Unit
  (K);
```

$$P_1 = 120 \,[\![kPa]\!],\ V_1 = 1.2\,[\![L]\!],\ T_1 = 280\,[\![K]\!] \qquad \textbf{(1)}$$

```
> P[2] = 820*Unit(kPa);
```

$$P_2 = 820\,[\![kPa]\!] \qquad \textbf{(2)}$$

```
> V[3] = 0.2*Unit(liter);
```

$$V_3 = 0.2\,[\![L]\!] \qquad \textbf{(3)}$$

Bestimmen Sie die übrigen Zustandsgrößen und die Menge N_2.

Brechnen Sie die in den Teilprozessen umgesetzten Energien und die Leistungszahl.
Vergleichen Sie die Leistungszahl mit dem Carnotprozess.

Rechenweg

Die Stoffwerte für Stickstoff: molare isochore Wärmekapazität, molare isobare Wärmekapazität, Isentropenexponent [1]

```
> C[mv] = convert(20.76*Unit(J/mol/K),units,'J/mol/K'),
  C[mp] = convert(29.09*Unit(J/mol/K),units,'J/mol/K'),
  kappa = 1.40;
```

$$C_{mv} = 20.76\left[\!\!\left[\frac{J}{mol\,K}\right]\!\!\right],\ C_{mp} = 29.09\left[\!\!\left[\frac{J}{mol\,K}\right]\!\!\right],\ \kappa = 1.40 \qquad \textbf{(4)}$$

Die allgemeine Gaskonstante [1]

```
> R = convert(8.314472*Unit(J/mol/K),units,'J/mol/K');
```

(5)

$$R = 8.314472 \left[\!\left[\frac{J}{mol\ K} \right]\!\right] \tag{5}$$

Zustandsgleichung für das ideale Gas mit der Stoffmenge ν aufgeschrieben. Die Stoffmenge hat keinen Index, weil das System abgeschlossen ist. [1]

```
> P*V = nu*R*T;
```

$$P\ V = \nu\ R\ T \tag{6}$$

Im Zustand 1 ist alles gegeben bis auf die gesuchte Stoffmenge ν.

```
> P[1]*V[1]=nu*R*T[1];
```

$$P_1\ V_1 = \nu\ R\ T_1 \tag{7}$$

Auflösen nach der Stoffmenge.

```
> isolate((7),nu);
```

$$\nu = \frac{P_1\ V_1}{R\ T_1} \tag{8}$$

Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen.

```
> subs( (1),(5),(8) ): simplify(%);
```

$$\nu = 0.061854284\ [\![mol]\!] \tag{9}$$

Die Menge an Stickstoff beträgt 61,8 mmol.

Der Übergang vom Zustand 1 zum Zustand 2 ist adiabatisch.

```
> T[2] = T[1];
```

$$T_2 = T_1 \tag{10}$$

```
> subs( (1),(10) );
```

$$T_2 = 280\ [\![K]\!] \tag{11}$$

Boyle-Mariotte Formel

```
> P[1]*V[1]=P[2]*V[2];
```

$$P_1\ V_1 = P_2\ V_2 \tag{12}$$

Auflösen nach dem gesuchten Volumen V_2.

```
> isolate( (12),V[2] );
```

$$V_2 = \frac{P_1\ V_1}{P_2} \tag{13}$$

Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen.

```
> subs( (1),(2), (13) );
```

$$V_2 = 0.17560976\ [\![L]\!] \tag{14}$$

Die Zustandsgrößen vom Zustand 2:

```
> (2),(14),(11);
```

$$P_2 = 820\ [\![kPa]\!],\ V_2 = 0.17560976\ [\![L]\!],\ T_2 = 280\ [\![K]\!] \tag{15}$$

Der Übergang vom Zustand 2 zum Zustand 3 ist isobar.

```
> P[3]=P[2];
```

$$P_3 = P_2 \tag{16}$$

```
> subs((15),(16));
```

$$P_3 = 820\ [\![kPa]\!] \tag{17}$$