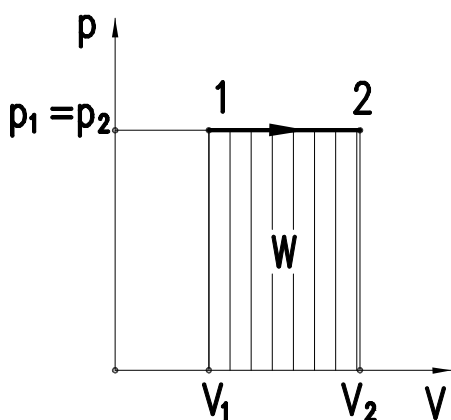


Název a adresa školy:	Střední škola průmyslová a umělecká, Opava, příspěvková organizace, Praskova 399/8, Opava, 746 01
Název operačního programu:	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, oblast podpory 1.5
Registrační číslo projektu:	CZ.1.07/1.5.00/34.0129
Název projektu	SŠPU Opava – učebna IT
Typ šablony klíčové aktivity:	III/2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT (20 vzdělávacích materiálů)
Název sady vzdělávacích materiálů:	<b>MEC IIIb</b>
Popis sady vzdělávacích materiálů:	Mechanika III – hydrodynamika a termomechanika, 3. ročník.
Sada číslo:	<b>G-21</b>
Pořadové číslo vzdělávacího materiálu:	<b>15</b>
Označení vzdělávacího materiálu: (pro záznam v třídní knize)	VY_32_INOVACE_G-21-15
Název vzdělávacího materiálu:	<b>Termodynamika par</b>
Zhotoveno ve školním roce:	2011/2012
Jméno zhotovitele:	Ing. Iva Procházková

**Př.:** Kolik tepla  $Q$  je třeba přivést  $m = 2,3$  kg kyslíku o tlaku  $p_1 = 0,8$  MPa a teplotě  $t_1 = 37^\circ\text{C}$ , aby vykonal při nezměněném tlaku absolutní práci  $W = 85$  kJ? Jaký bude konečný  $V_2$ ,  $t_2$ ?

$$r = 64,06 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}, c_p = 917 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}.$$



Základní zákon ideálního plynu:

$$p_1 \cdot V_1 = m \cdot r \cdot T_1 \rightarrow V_1 = \frac{m \cdot r \cdot T_1}{p_1} = \frac{2,3 \cdot 64,06 \cdot \overset{273+37}{310}}{0,8 \cdot 10^6} = 0,057 \text{ m}^3$$

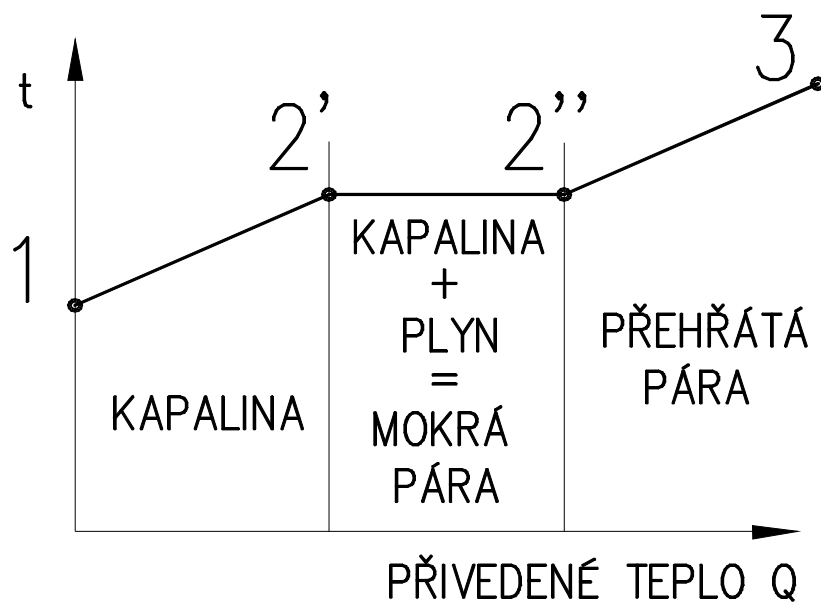
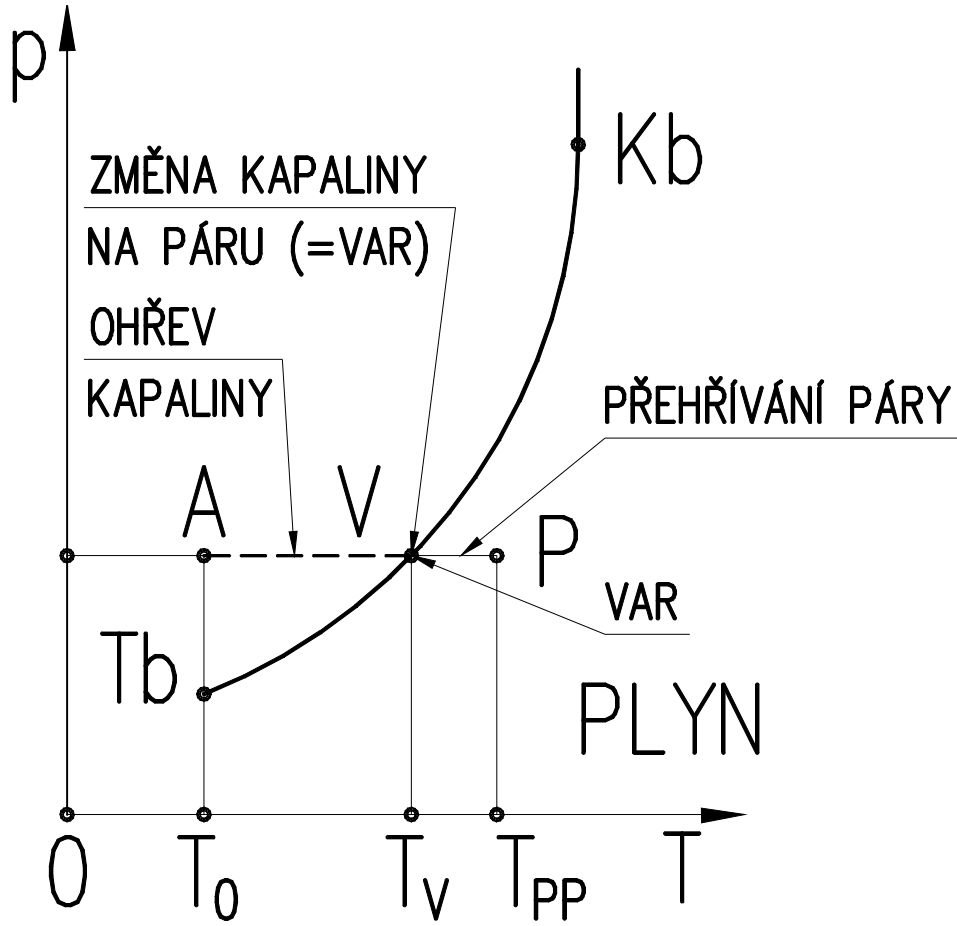
$$W = p_1 \cdot (V_2 - V_1) \rightarrow V_2 = \frac{W}{p_1} + V_1 = \frac{85000}{0,8 \cdot 10^6} + 0,057 = 0,163 \text{ m}^3$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{T_1 \cdot V_2}{V_1} = \frac{310 \cdot 0,163}{0,057} = 886 \text{ K}$$

$$Q = m \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1) = 2,3 \cdot 917 \cdot (886 - 310) = 1214842 \text{ J}$$

# Termodynamika par

## Základní pojmy



$T_o$  – teplota ohřevu;

$T_v$  – teplota varu;

$T_{pp}$  – teplota přehřáté páry;

$T_b$  – trojný bod;

$K_b$  – kritický bod.

Přivádíme-li vodě (stav 1) určité teploty teplo, poroste její teplota ( $\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta t$ ) až do stavu 2', který nazýváme **syťou kapalinou**. Při dalším přívodu tepla za stálého tlaku dojde ke změně skupenství, voda se změní v páru. Stav na konci odpařování 2'' označujeme jako **suchou syťou páru**. Vztah mezi začátkem a koncem odpařování 2' – 2'' označujeme jako **mokrou páru**. Důležitým pojmem mokré páry je tzv. **suchost páry**. Označuje se:

$$x = \frac{m_p}{m_v + m_p}$$

$m_p$  – množství syté páry (plynu);

$m_v + m_p$  – množství mokré páry (voda + plyn).

Suchost nám vyjadřuje, z kolika procent je voda přeměněna v páru.  **$x = 0$  je pro syťou kapalinu,  $x = 1$  je pro syťou páru.**

Mokrá pára se suchostí  $x = 0,9$  je někdy označována jako **vlhká pára**. Při dalším přívodu tepla poroste teplota suché syté páry podle vztahu  $\Delta Q = m \cdot c_{p(v)} \cdot \Delta t$ . Tento stav nazýváme **přehřátou parou**.

Stavové veličiny **syté kapaliny** jsou označovány **jednou čárkou**:  $E'$ ,  $v'$ ,  $i'$ ,  $u'$

Stavové veličiny **mokré páry** jsou označovány indexem  **$x$** :  $t_x$ ,  $v_x$ ,  $i_x$ ...

Stavové veličiny **suché syté páry** jsou označovány **dvěma čárkami**:  $v''$ ,  $u''$ ,  $i''$ ...

Stavové veličiny **přehřáté páry** nejsou označeny nijak.

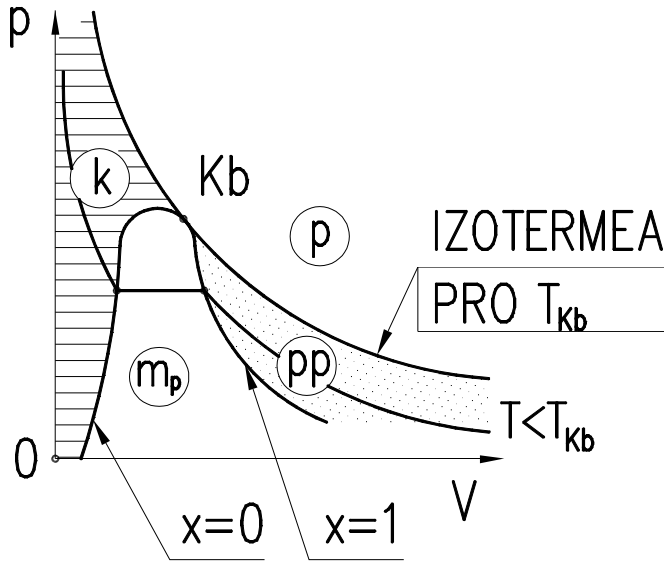
Plyny jsou vlastně vysoce přehřáté páry.

## Diagramy vodní páry

Činnost různých strojů založených na využití par se znázorňuje v diagramech. Zde bývají znázorněny křivky konstantního tlaku, objemu, teploty a konst. suchosti. Jakýkoliv stav páry se dá najít jako průsečík stavových veličin.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

a) **p – V diagram:** plocha vyjadřuje množství vykonané nebo spotřebované práce.



$k$  – kapalina;

$m_p$  – mokrá kapalina;

$p_p$  – přehřátá kapalina;

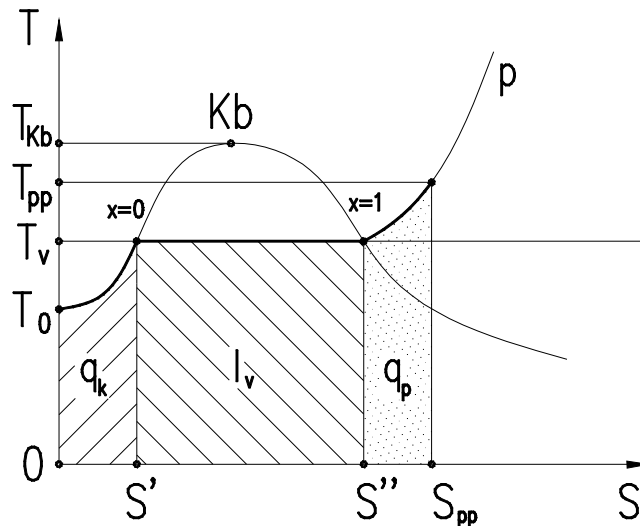
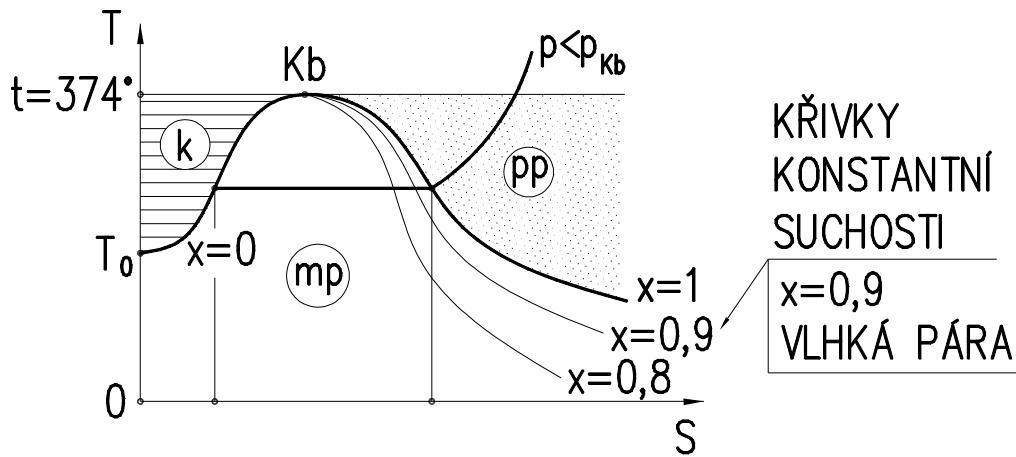
$p$  – plyn;

$K_b$  pro vodu:

$T_{KB} = 374^\circ C$  ;

$p_{KB} = 21,1 MPa$  .

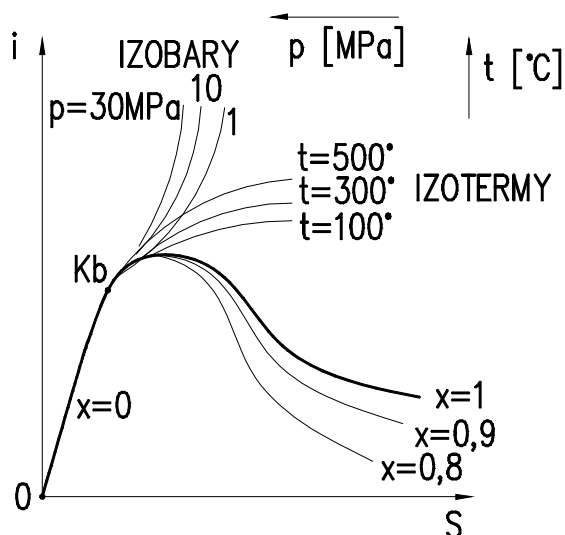
b) **T – s diagram:** plocha pod křivkou změny stavu vyjadřuje množství tepla.



Výrobní teplo páry:  $q_v = q_K + l_v + q_p$

$q_K$  – kapalinové teplo,  $l_v$  – výparné teplo,  $q_p$  – přehřívací teplo.

c) i – s diagram:



V tomto i – s diagramu odečítáme množství tepla potřebného k určité změně stavu odečítáme jako rozdíl entalpií.

$$q = i_2 - i_1 = \Delta i$$

Použití u turbín.

## Seznam použité literatury:

- MRŇÁK L. – DRDLA A.: *MECHANIKA – Pružnost a pevnost pro střední průmyslové školy strojnické.* Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA II – Kinematika pro střední průmyslové školy strojnické,* Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA III – Dynamika pro střední průmyslové školy strojnické,* Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA IV – Mechanika tekutin a termomechanika pro střední průmyslové školy strojnické,* Praha: SNTL, 1977.
- TUREK, I., SKALA, O., HALUŠKA J.: *MECHANIKA – Sběrka úloh.* Praha: SNTL, 1982.
- LEINVEBER, J. – VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky.* 5. doplněné vydání. Praha: Albra, 2011. ISBN 80-7361-033-7.