**Příklady – změny skupenství**

1. Led o hmotnosti  a počáteční teplotě  jsme za atmosférického tlaku zahřívali tak dlouho, až se všechen proměnil ve vodu o teplotě . Na celý tento děj se spotřebovalo tepla. Určete měrné skupenské teplo tání  ledu. Měrná tepelná kapacita vody je  měrná tepelná kapacita ledu pak 

ŘEŠENÍ: Celý proces je nutné rozdělit na 3 části. V první dojde k ohřátí ledu z počáteční teploty  na teplotu tání ledu  (vzhledem k tomu, že proces probíhá za atmosférického tlaku, taje led klasicky při nule stupňů Celsia. Při jiném tlaku by to bylo jinak!). Přitom se spotřebuje teplo  Následně probíhá za konstantní teploty  tání ledu. Při něm se spotřebuje teplo  dané součinem hmotnosti ledu a hledaného měrného skupenského tepla tání. Platí tedy  V poslední fázi se vzniklá voda zahřeje z počáteční teploty až na výslednou teplotu . Při tomto procesu se spotřebuje teplo  Je jasné, že celkové spotřebované teplo je dáno součtem tepel ze všech tří částí, platí tedy vztah  Po dosazení a úpravě najdeme hledané měrné skupenské teplo tání . Platí:



Měrné skupenské teplo tání ledu je tedy zhruba 

2. Do vody o teplotě  a hmotnosti  vhodíme kostku ledu o teplotě  a hmotnosti  Do soustavy vzápětí přilijeme další vodu o teplotě  a hmotnosti  Stanovte, v jakém stavu se bude soustava nacházet po dosažení termodynamické rovnováhy. Měrná tepelná kapacita vody je  měrná tepelná kapacita ledu  a měrné skupenské teplo tání pro fázový přechod led-voda poté  Celý proces probíhá za normálního atmosférického tlaku 101 325 Pa.

ŘEŠENÍ: Nejdůležitější je zjistit, zda voda je dostatečně teplá (a je jí dostatečné množství) na to, aby dokázala dodat teplo potřebné pro roztátí ledu. Za tímto účelem si spočteme součet tepel  a  které jednotlivé různě zahřáté vody odevzdají při ochlazení na teplotu tání vody  Tato tepla budou:



Nyní určíme množství tepla, které by byla nutné dodat ledu, aby všechen roztál. Musíme si uvědomit, že jde o součet tepla  potřebného k ohřátí 2 kilogramů ledu na teplotu tání a tepla  potřebného k tomu, aby tento led roztál. Bude platit:



Vidíme, že teplo dodané vodou při ochlazení na teplotu tání nestačí na to, aby se kostka ledu zahřála a následně celá roztála. To znamená, že výsledný stav soustavy bude takový, že voda se ochladí na 0 stupňů, led se na 0 stupňů zahřeje a určitá část o hmotnosti  jej roztaje. To, o jakou část půjde stanovíme následující úvahou: Teplo dodané při ochlazení vody je  Od něho musíme odečíst teplo  potřebné na zahřátí ledu na teplotu tání. Zbytek se pak využije právě na tání ledu. Bude platit:



V termodynamické rovnováze bude tedy soustava složená z vody a ledu na teplotě tání , přičemž ze 2 kilogramů ledu roztaje část o hmotnosti 

3. Jaký výkon *P* potřebujeme vyvinout, chceme-li za čas přeměnit ledu teploty  v páru o teplotě  Měrná tepelná kapacita ledu je  měrná tepelná kapacita vody  měrné skupenské teplo tání ledu  a měrné skupenské teplo vypařování vody 

ŘEŠENÍ: K požadované přeměně ledu v páru dané teploty musí proběhnout celkem čtyři děje, z nichž každý je podmíněn dodáním určitého množství tepla, jež můžeme díky znalosti tepelných kapacit a skupenských tepel snadno spočítat. Nejprve je třeba ohřát led na teplotu tání 0˚ (dodáno teplo ), poté nechat při stálé teplotě roztát led (), následně ohřát vodu na 100˚ () a nakonec přeměnit vodu v páru (). Pro jednotlivá dílčí tepla platí následující vzorce:



Celkové teplo, jenž musíme dodat, je pochopitelně dáno součtem dílčích tepel



Hledaný výkon pak již spočítáme jednoduše jako teplo dělené časem



Potřebujeme výkon 

4. Vodě o hmotnosti  a teplotě  byla chladícím zařízením odebrána energie  Určete výslednou teplotu  Měrná tepelná kapacita vody je  měrné skupenské teplo tání vody poté 

ŘEŠENÍ: Tato úloha je trošku nepříjemná v tom, že nevíme, zda odebraná energie bude stačit na ztuhnutí celého množství vody či pouze jeho části, nebo zda dokonce dojde pouze ke snížení teploty, ale veškerá látka zůstane v kapalném skupenství. To, která z uvedených možností nastane, určíme tak, že si spočteme množství energie, kterou musíme odebrat, aby se voda ochladila na 0˚ a poté celá ztuhla. K ochlazení na teplotu tání je třeba odebrat energii  pro kterou platí .

Pro následnou přeměnu na led pak musíme dodat energii  Dosazením konkrétních hodnot zjišťujeme, že platí  To znamená, že námi odebraná energie stačila na ztuhnutí celého objemu kapaliny a navíc ještě došlo k ochlazení vzniklého ledu. Na to bylo využito odebrání energie  Odpovídající změnu teploty ledu (a tím i hledanou výslednou teplotu) určíme z následujícího vztahu



Výsledná teplota je 