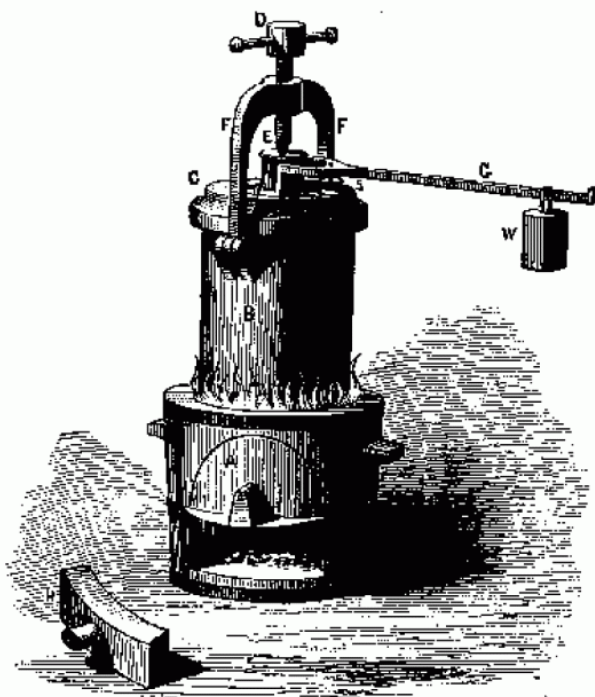


Fyzika v kuchyni – tlakový hrnec

Je skoro tak starý jako Galileův dalekohled. Dnes ho najdete v téměř každé kuchyni. O obyčejných věcech často moc nepřemýšlíme. Ptali jste se někdy, proč se v něm vaří potraviny rychleji než v obyčejných hrncích?

Tlakový hrnec byl vynalezen už v roce 1679. Jeho konstruktér, Denis Papin, ho dal o dva roky později patentovat. Přístroj mohl na rozdíl od většiny dnešních, v kuchyních používaných hrnců, po libosti měnit tlak uvnitř nádoby. Jeho hodnotu regulovalo závaží, spojené tyčkou s otvorem v hrnci. Když tlak uvnitř aparátu překročil určitou teplotu, vyvážil hmotnost závaží a otevřel otvor, kterým pak přebytečná pára utekla ven, takže se tlak snížil.



Obrázek: Papinův hrnec. Zdroj: See page for author [Public domain], via Wikimedia Commons, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8f/Papin%27s_digester.gif

Moderní tlakový hrnec existuje od roku 1927. V dnešní verzi je aparát vyroben ze silnější oceli a tlak reguluje pohyblivý ventil v poklici. Spojení s poklicí, které při vaření odolává vyšším tlakům, je řešeno tzv. bajonetovým uzávěrem. Tento druh konstrukce dovoluje mechanicky spojit dva díly vzájemným pootočením. Oba v sobě totiž mají šikovně vyrobené zářezy. U tlakového hrnce ho doplňuje gumové těsnění.

Starší typy měly snímatelný ventil, který se musel na hrnec našroubovat, moderní aparáty mají ventil vestavěný. Ve ventilu se nachází vložka, která se může pohybovat, zvýšený tlak ji vytlačuje z pouzdra ventilu a ukazuje tak kuchaři, jaké podmínky právě v hrnci panují. Jen kvůli jeho schopnostem měnit tlak a teplotu varu si totiž hrnec kupujeme.

Proč vaří tlakový hrnec jídlo rychleji než obyčejné hrnce?

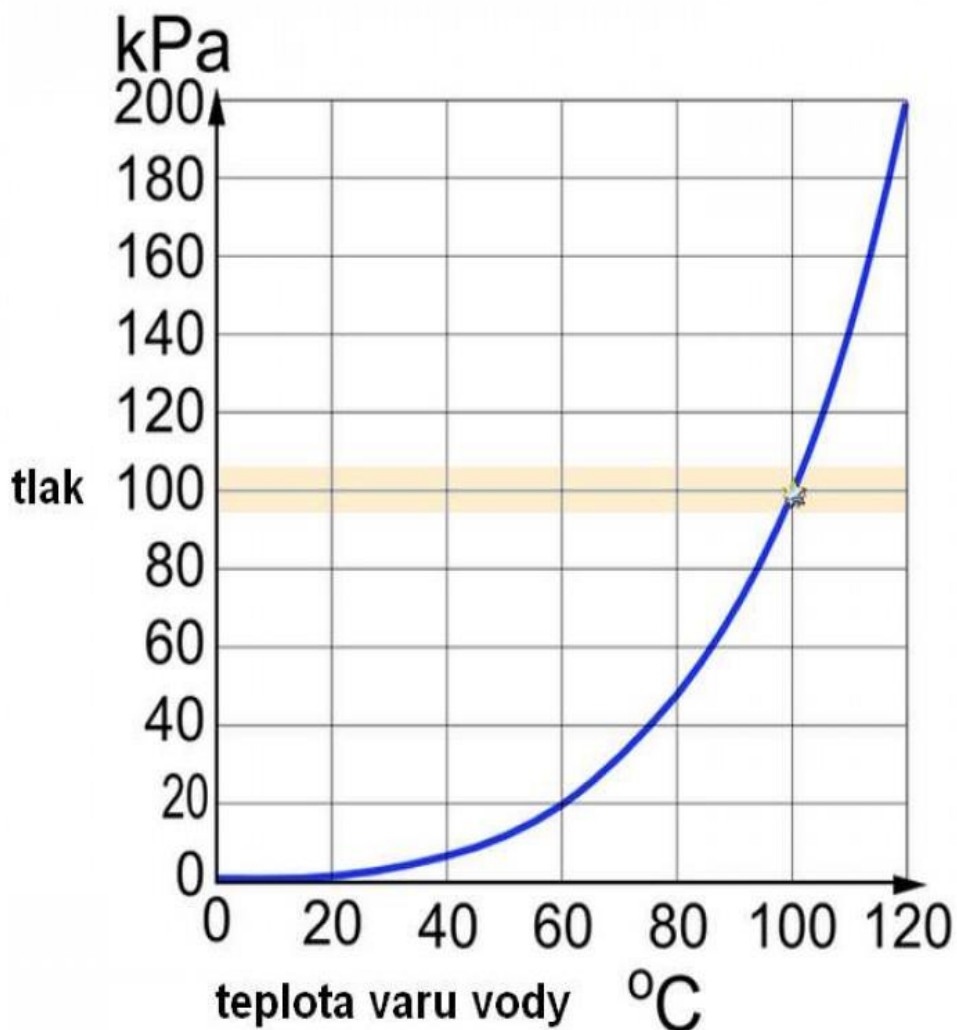
Odpověď na tuto otázku dává mladší a praktická sestra fyziky – chemie.

Arrheniova rovnice, která udává vztah mezi rychlostí chemické reakce a teplotou, říká, že teplota značně urychluje některé chemické procesy (ty, které začínají probíhat po překonání určité aktivační energie).

Zvýšení teploty vyvolává zrychlení určitého druhu chemických reakcí. K nim patří také změny, probíhající v potravinách při vaření. Čím vyšší teplota, tím rychleji se potravina uvaří. Každých 10 °C, o které se navýší teplota varu vody, zrychluje chemickou reakci v potravinách 2x – 3x.

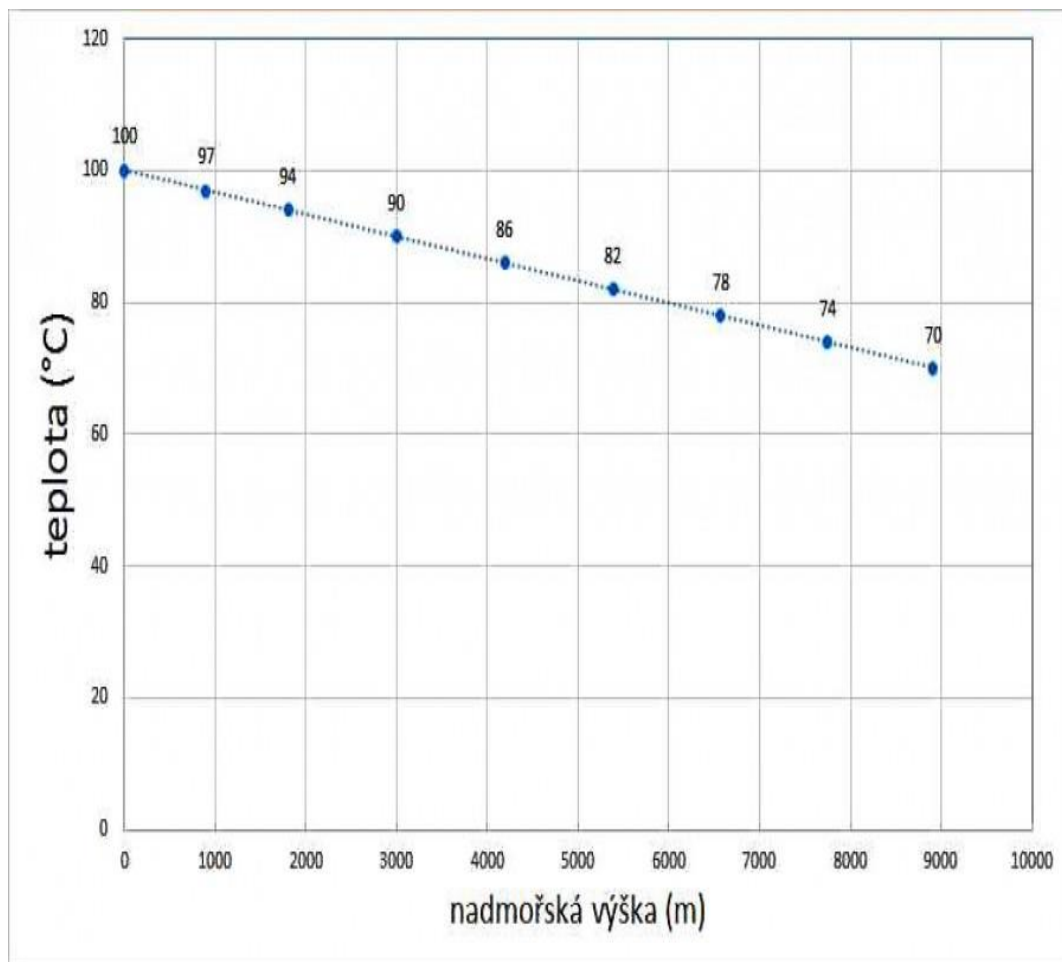
Celý proces má ale své hranice. Je jimi teplota varu vody. Ta se nedá zvyšovat donekonečna, při běžném atmosférickém tlaku se voda vaří při 100 °C. Pokud byste zkoušeli teplotu vody ještě zvyšovat, vypaří se dřív, než se to povede.

Je tu ale i jiná nepříjemnost. Je jí (při změnách počasí) kolísající atmosférický tlak. Díky němu se stejná potravina někdy vaří kratší a někdy delší dobu. Při silné změně tlaku může být rozdíl celkem zřetelný.



Obrázek: Teplota varu vody při různém tlaku vzduchu.

Atmosférický tlak a tím i teplota varu vody je také závislý na nadmořské výšce, ve které se kuchyně, hrnec i vařené jídlo nachází. Nezávisle na počasí a momentální změně tlaku vzduchu se vaří potraviny v horských oblastech statisticky pomaleji než v nížinách.



Obrázek: Teplota, při které se vaří voda v různých nadmořských výškách.

Dá se na Mt. Everestu uvařit vejce natvrdo?

Na výše popsaných jevech se zakládá také známá hádanka: může si horolezec na vrcholu Mt. Everestu uvařit vajíčko natvrdo? Horolezci si samozřejmě nic takového dovolit nemohou, mají jiné starosti, neexistuje prý například nikdo, kdo by na vrcholu světa přežil bez doplňkového kyslíku více než jednu noc. Sportovci si musí pospíšet, aby se včas dostali do nižších nadmořských výšek, kde není jejich organismus zatížen extrémními podmínkami.

Na vrcholu nejvyšší hory naší planety panuje ve srovnání s nížinou jen zhruba třetinový tlak. Voda na Everestu se vaří už při 70 °C. To znamená, že se jídlo vaří jen velmi pomalu – a některé potraviny se „neuvaří“ vůbec. K těm patří i vejce.

Vaječný bílek obsahuje 90 % vody a jen asi 10 % bílkovin – conalbumin a ovalbumin. Aby se vajíčko uvařilo, musí oba druhy bílkovin denaturovat. U conalbuminu to není problém, „srazí“ se už při 61,5 °C. Problém nastává u ovalbuminu, jehož tepelná hranice činí 84,5 °C. Vaječný žloutek tvrdne už při 65 °C. Vejce, vařené při podmínkách, které panují na Everestu, tedy nejspíš nikomu chutnat nebude. Výsledkem takové snahy by byl jen natvrdo uvařený žloutek a vodnatý bílek.

Horolezec, který by chtěl na vrcholku Everestu posnídat vajíčka natvrdo, by musel mít s sebou... tlakový hrnec.



Zdroj: Kammy12, Wikimedia Commons, <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/Marinocooker.jpg>

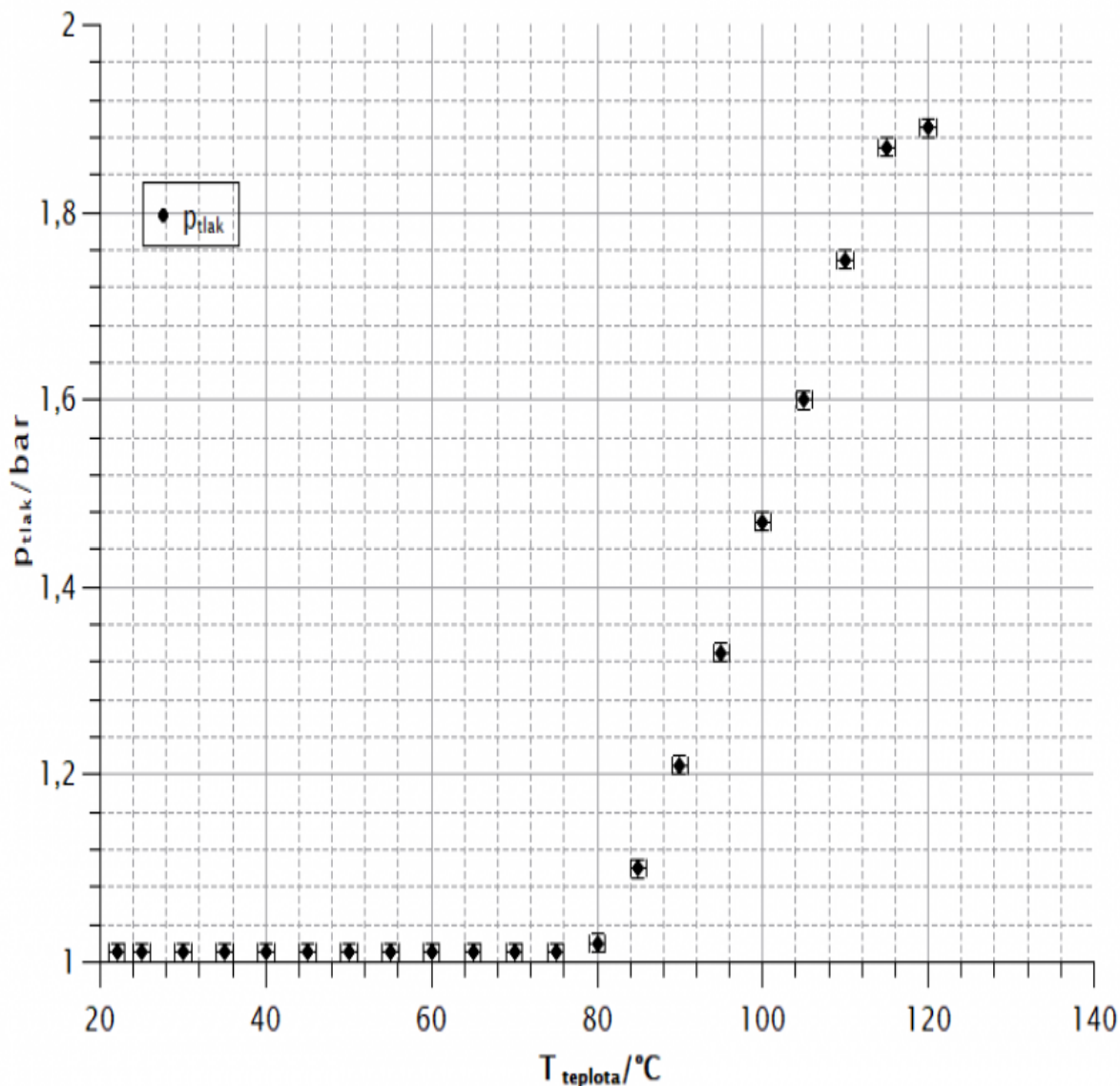
Fyzika v kuchyni

Co se přesně děje v tlakovém hrnci? Na dolním grafu jsou naneseny změny teploty a tlaku, které byste mohli naměřit na aparátu, opatřeném příslušnými měřiči.

Jídlo vkládáte do hrnce nejspíše při pokojové teplotě, 20 °C. Tlak v tu dobu činí 1 bar, což je přibližně 1 atmosféra. Po zapnutí vařiče v hrnci pomalu stoupá teplota, zatímco tlak zůstává zprvu prakticky nezměněný. Teprve při 80 °C se tlak v hrnci začíná měnit. Zatímco tlak stoupá, mění se také průběžně teplota bodu varu vody.

Při 100 °C, při kterých by se voda začala vařit za normálních podmínek, činí tlak v hrnci už zhruba 1,5 atmosféry, je tedy o polovinu vyšší než obvykle. Při aktuálním tlaku se voda vaří ale až při zhruba 110 °C. Voda se při dosažení 100 °C tedy zatím nevaří a teplota může dále stoupat. S teplotou stoupá také rychlost chemických reakcí, které probíhají v potravinách – jídlo se tedy zároveň vaří rychleji.

Moderní tlakové hrnce mají přednastaveny dvě hodnoty tlaku, při kterých se otevírá výpustný ventil a přebytečnou vodní páru vypouští do okolí. To zaručuje, že teplota v hrnci nepřekročí určitou předem danou hodnotu. Zároveň probíhá vaření potravin v tlakovém hrnci při stále stejných podmínkách, nezávislých na momentální nadmořské výšce a aktuálním atmosférickém tlaku (počasí).



Stupeň č. 1 se používá na vaření citlivějších potravin, jakými je například zelenina. Přetlak v hrnci u něj činí 0,3 atmosféry. Vyšší stupeň s přetlakem 0,8 atmosféry se využívá k vaření masa nebo například fazolí.

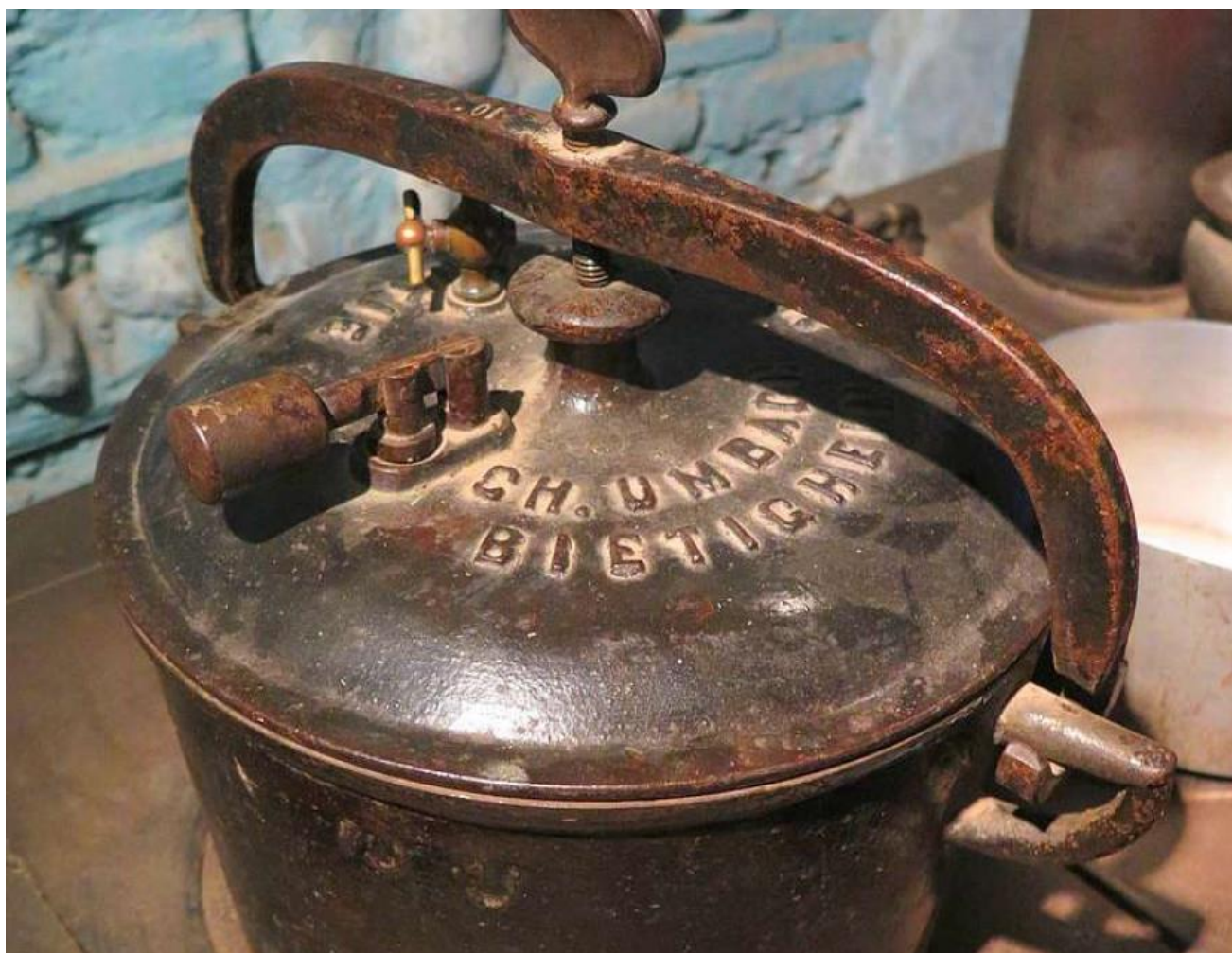
Na horním obrázku je dobře vidět moment, kdy hrnec pomocí ventilu začíná vypouštět páru. Původní přímá, lineární část křivky se mění a hodnota tlaku se zastavuje na hodnotách kolem 1,8 – 1,9 atmosféry.

Proč je pára, která uniká z moderních tlakových hrnců relativně studená?

Když strčíte ruku do páry, která uniká z ventilu tlakového hrnce, neměli byste se opařit.

Pára sice z hrnce uniká pod vyšším tlakem a má přitom teplotu vyšší než 100 °C, když se ale ocitne v normálních podmínkách a v normálním tlaku, zvětší svůj objem. Tím se automaticky ochladí. Tomuto jevu se říká adiabatické ochlazování. Je založeno na základním fyzikálním jevu, který se popisuje jako případ, kdy systém nevyměňuje teplo se svým okolím, probíhá totiž například dostatečně rychle. Adiabatický děj popisuje tzv. Poissonův zákon.

V praxi to znamená, že se plyn, který prudce (= adiabaticky) zvýší svůj objem zároveň i prudce ochladí. Podobný jev můžete pozorovat v momentě, kdy jste přehustili pneumatiku a znovu upouštíte vzduch. Za příznivých okolností může se ventilek pneumatiky dokonce pokrýt jinovatkou.



Obrázek: Papiňák. Zdroj: Patrick.Nordmann [CC0], Wikimedia Commons, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cd/Dampfdrucktopf_nach_Denis_Papin_im_%C3%89comus%C3%A9_d%27Alsace.JPG

Zdroj: <http://danatenzler.blog.idnes.cz/blog.aspx?c=609718>