

Otázky ke státní doktorské zkoušce - obor Chemické a procesní inženýrství

okruh: Jednotkové operace CHI

1. Tok tekutiny potrubím a doprava tekutin. Základní pojmy - síly působící v tekutinách, tečné a normálové napětí, tlak. Newtonův zákon pro viskozitu, ideální tekutina, Reynoldsovo kritérium. Rychlostní profil při laminárním a turbulentním proudění tekutiny trubkou. Popis pomocí bilancí - rovnice kontinuity, Bernoulliho rovnice. Disipace měrné mechanické energie při proudění tekutiny potrubím. Příkon a výkon čerpadla, sací a výtlačná výška čerpadla. Charakteristika potrubí a odstředivého čerpadla, pracovní bod. Míchání kapalin rotačními míchadly. Typy míchadel, míchací nádoby, narážky. Kritéria důležitá pro popis míchání, příkonová charakteristika míchadla, určení příkonu míchadla.

2. Filtrace. Darcyův zákon pro tlakovou ztrátu při proudění tekutiny vrstvou zrnitého materiálu. Definice veličin: mezerovitost, hustota povrchu, mezerová a mimovrstvová rychlost. Princip koláčové filtrace, filtrační přepážky, některé typy filtrů. Hmotnostní bilance filtrace. Kinetické rovnice filtrace, promývání filtračního koláče.

3. Usazování. Bilance sil působících na usazující se částici. Kritéria, která z této rovnice vyplývají a další kritéria užitečná při výpočtech. Vliv charakteru obtékání částice na velikost součinitele odporu, závislost na Reynoldsově kritériu. Postup výpočtu usazovací rychlosti a výpočtu průměru částice. Výpočet plochy gravitačního usazováku s vertikálním a horizontálním tokem disperze. Princip a popis činnosti cyklonu a větrného třídíče. Rušené usazování – závislost usazovací rychlosti na objemovém zlomku částic v suspenzi.

4. Fluidace. Bilance sil působících na fluidní vrstvu. Srovnání velikosti jednotlivých sil a závislost tlakové ztráty na mimovrstvové rychlosti tekutiny proudící fluidní vrstvou od hodnot nižších než prahová rychlost fluidace až po rychlost úletu. Výpočet prahové rychlosti fluidace a rychlosti úletu částic. Kritéria užitečná při výpočtech. Popis expanze fluidní vrstvy.

5. Výměníky tepla. Základní pojmy - mechanismy sdílení tepla, Fourierův zákon, Newtonův ochlazovací zákon, teplotní profil v blízkosti teplosměnné plochy. Fourierova-Kirchhoffova rovnice, kritéria při sdílení tepla, součinitel přestupu tepla a jeho výpočet. Prostup tepla rovinou nebo válcovou stěnou: součinitel prostupu tepla, odpor proti prostupu tepla a rozdělení teplot. Tepelné výměníky - typy výměníků tepla, rozložení teplot podél výměníků při různém uspořádání toků. Celková bilance entalpie výměníku. Logaritmický střední rozdíl teplot a výpočet velikosti teplosměnné plochy výměníku.

6. Odparky, základní typy odparek. Hmotnostní a entalpická bilance jednočlenné odparky, účinný teplotní rozdíl a teplotní ztráty. Rozložení teplot v odparce. Snižování spotřeby topné páry, uspořádání toků ve vícečlenné odparce.

7. Kapalinová extrakce. Typy extraktorů a jejich uspořádání. i) Systém s nemísitelnými rozpouštědly: Vyjádření fázové rovnováhy, představa rovnovážného stupně, účinnost nerovnovážného stupně. Grafické a numerické řešení jednostupňové a opakované extrakce. Protiproudá stupňová extrakce. ii) Extrakce v případě omezeně mísitelných rozpouštědel: Vyjádření rovnováhy pro případ tříložkové směsi v trojúhelníkovém diagramu. Bilanční vztahy pro jeden rovnovážný extrakční stupeň, pákové pravidlo. Grafické určení složení rafinátu a extraktu. Postup řešení při opakované extrakci. Potřebné bilanční vztahy pro stupňový extraktor s protiproudým stykem omezeně mísitelných fází, součtový a rozdílový proud, znázornění v trojúhelníkovém diagramu. Grafický postup určení počtu extrakčních stupňů.

8. Destilace a rektifikace. Popis fázové rovnováhy kapalina-pára. Tenze par, relativní těkavost. Materiálové bilance mžikové a vsádkové (diferenciální) destilace. Grafické řešení mžikové destilace. Kontinuální stupňová rektifikace: Schéma a princip funkce zařízení pro kontinuální rektifikaci. Bilance potřebné k určení počtu rovnovážných stupňů v rozdělovacím diagramu, grafické řešení. Mezní případy chodu rektifikační kolony. Entalpická bilance kolony a kondenzátoru, vliv stavu nástřiku na chod kolony.

9. Sušárny. Základní pojmy při sušení pevných látek: vlastnosti vlhkého vzduchu, entalpický diagram vlhkého vzduchu, vlhkost materiálu, rovnovážná isoterma, první a druhé období sušení. Materiálová bilance vsádkové sušárny, doba sušení. Materiálová a entalpická bilance kontinuální protiproudé sušárny a kaloriferu. Konstrukce některých sušáren. Rozprašovací sušení – princip činnosti, materiálová a entalpická bilance na úrovni sušárny a na úrovni částice, vývoj morfologie sušené částice.

10. Základy popisu výměníků hmoty. Typy přenosu hmoty, procesy a zařízení, ve kterých se přenos hmoty uplatňuje. Vztahy pro intenzitu difuzního a konvektivního molárního toku složky v homogenní směsi. Rovnice kontinuity složky, speciální případy této rovnice. Popis mezifázové rovnováhy. Přestup a prostup hmoty, koncentrační profil sdílené složky při prostupu hmoty. Rovnice pro přestup hmoty. Určení koeficientu přestupu hmoty, kritéria používaná při výpočtech. Rovnice prostupu hmoty, vztah mezi koeficientem prostupu a koeficienty přestupu hmoty. Znázornění hybných sil přestupu a prostupu hmoty v rozdělovacím diagramu.

11. Absorpce. Typy absorbérů se stupňovým a spojitým stykem fází. Zatlčení kolony kapalinou. Bilanční a rovnovážné vztahy potřebné pro výpočet protiproudého stupňového absorbéru. Grafické znázornění v rozdělovacím diagramu, minimální tok rozpouštědla a určení počtu rovnovážných stupňů. Murphreeova účinnost, postup při grafickém určení počtu reálných stupňů. Lineární rovnováha - definice absorpčního faktoru a účinku, vztah mezi počtem stupňů, absorpčním faktorem a účinkem, použití při návrhovém a kontrolním výpočtu. Bilanční a rychlostní vztahy pro absorbér s výplní a s protiproudým spojitým stykem fází potřebné k určení výšky výplně. Výška a počet převodových jednotek. Souvislost mezi počtem převodových

jednotek, absorpčním faktorem a účinkem při lineární rovnováze, použití při návrhovém a kontrolním výpočtu.

12. Membránové procesy. Typy membránových separací, hybné síly, praktické použití. Typy použitých membrán. Membránové moduly. Materiálová bilance membránového modulu s ideálním mícháním na straně permeátu i retentátu. Obecný rychlostní vztah pro vyjádření intenzity toku složky membránou, permeabilita a selektivita membrány, rejekční/retenční faktor, ideální membrána. Určení plochy membrány. Koncentrační polarizace. Podrobnější popis některých membránových procesů: vztahy pro vyjádření intenzity toku složky při mikro/ultra/nano-filtraci, popis koncentrační polarizace a tvorby gelu. Vztahy a rovnice používané při reverzní osmóze, permeaci plynů a pervaporaci.

13. Mechanika sypkých hmot. Síly působící ve vrstvě sypkého materiálu v klidu a při toku. Úhel vnitřního tření, úhel tření o stěnu, Janssenova rovnice, podmínky toku sypké hmoty. Aparáty pro skladování, transport, separaci a klasifikaci sypkých hmot.

14. Mletí. Mechanismy mletí a typy mlýnů. Spotřeba energie při mletí. Rychlost mletí, funkce rozložení velikosti dceřiných částic. Populační bilance vsádkového a průtočného mlýnu. Systém mlýn-klasifikátor s recyklem.

15. Aglomerace. Mechanismy aglomerace částic a aparáty pro aglomeraci. Kinetika aglomerace, populační bilance vsádkové a kontinuální aglomerace.

16. Krystalizace. Fázové rovnováhy v systémech kapalina-pevná látka, přesycení roztoku, klasifikace krystalizačních procesů a aparátů podle způsobu realizace přesycení. Kinetika nukleace a růstu krystalů. Hmotnostní, entalpická a populační bilance pro vsádkovou a kontinuální krystalizaci.

17. Adsorpce. Princip, příklady průmyslově významných adsorbentů a adsorpčních separačních procesů. Rovnovážné adsorpční izotermy, teplotní závislost. Látková a entalpická bilance diferenciálního úseku adsorpční kolony, rychlost pohybu koncentrační vlny, průřezová křivka. Způsoby regenerace adsorpční kolony, Skarstromův cyklus.