



UNIVERSITÀ DI PISA

CHIMICA E PROCESSI CHIMICI

FEDERICA BARONTINI

Anno accademico 2023/24
CdS INGEGNERIA DELL'ENERGIA
Codice 004CI
CFU 12

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
CHIMICA	CHIM/07	LEZIONI	60	CATERINA CRISTALLINI DAMIANO ROSSI
PROCESSI CHIMICI	ING-IND/25	LEZIONI	60	FEDERICA BARONTINI

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

Modulo "Chimica"

Il modulo ha lo scopo di fornire nozioni utili per comprendere la struttura della materia, impostare i bilanci di massa ed energia in processi chimici elementari, comprendere le leggi che regolano la conversione dell'energia chimica in energia termica ed energia elettrica.

Modulo "Processi Chimici"

Il modulo si prefigge l'obiettivo di fornire agli studenti le conoscenze e gli strumenti necessari per la comprensione critica dei fenomeni fisici e chimici che avvengono in alcune apparecchiature utilizzate nell'industria di processo e nelle centrali termoelettriche, e di fornire le cognizioni sulla struttura dei principali processi chimici di interesse nell'ingegneria industriale. Si analizzeranno gli aspetti fondamentali della combustione, insieme con le caratteristiche e le prestazioni di diversi combustibili, sia fossili che rinnovabili, si analizzerà il ciclo tecnologico dell'acqua, con particolare riferimento ai processi per il trattamento delle acque per uso industriale e dei reflui, e si faranno alcuni cenni sulla tecnologia dei principali materiali metallici impiegati negli impianti industriali.

Modalità di verifica delle conoscenze

La verifica dell'acquisizione delle conoscenze sarà effettuata attraverso la valutazione della prova scritta prevista per ciascuno dei due moduli. Lo studente dovrà dimostrare la conoscenza degli argomenti trattati nel corso, e la capacità di applicarla per risolvere esercizi e problemi.

Capacità

Al termine del corso lo studente avrà acquisito le seguenti capacità:

- padronanza della nomenclatura e della stechiometria chimica;
- cognizione della struttura atomica, delle proprietà periodiche, dei tipi di legami chimici, e della struttura molecolare;
- calcolare la composizione di equilibrio di sistemi reagenti chimici ed elettrochimici;
- cognizione delle proprietà della materia nei vari stati;
- comprendere e interpretare diagrammi di stato per sistemi a un componente e a due componenti;
- calcolare la composizione di equilibrio e le quantità delle fasi liquida e vapore per miscele ideali;
- cognizione delle proprietà dell'acqua come fluido di processo;
- individuare e quantificare le impurezze che rendono le acque diversamente idonee all'impiego come acque industriali;
- cognizione delle caratteristiche e delle finalità dei principali processi per il trattamento delle acque per uso industriale e per il trattamento dei reflui;
- calcolare i quantitativi stechiometrici di reagenti richiesti in processi chimici industriali;
- calcolare l'aria, la composizione e il volume dei fumi in processi di combustione;
- cognizione della composizione e delle proprietà dei principali combustibili, sia fossili che rinnovabili;
- determinare il potere calorifico e valutare l'impatto ambientale dei diversi combustibili tramite i fattori di emissione di anidride carbonica;
- cognizione delle relazioni tra composizione, struttura e proprietà degli acciai.

Modalità di verifica delle capacità

Le esercitazioni svolte in aula sono uno strumento per gli studenti per valutare il loro livello di acquisizione delle capacità sopra indicate. Gli esercizi proposti nelle prove scritte di esame sono finalizzati alla verifica dell'acquisizione di tali capacità.

Comportamenti

Lo studente potrà acquisire sensibilità nella comprensione di processi chimici industriali e consapevolezza dell'importanza dei principi della chimica e della termodinamica per la progettazione e conduzione dei processi chimici a livello industriale.



UNIVERSITÀ DI PISA

Lo studente potrà inoltre maturare sensibilità alle tematiche dell'impatto ambientale e della sostenibilità dei processi.

Modalità di verifica dei comportamenti

Durante le lezioni ed esercitazioni numeriche svolte in aula, e nelle prove finali di esame, sarà verificata la capacità dello studente di applicare i concetti appresi nel corso.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Nessun prerequisito è richiesto.

Indicazioni metodologiche

Le lezioni sono di tipo frontale, anche con l'ausilio di diapositive.

Le esercitazioni si svolgono in aula e gli studenti sono invitati a svolgere i problemi con la guida del docente.

La frequenza al corso, sebbene non obbligatoria, è consigliata.

Le diapositive ed eventuale altro materiale sono resi disponibili sulla piattaforma E-learning.

L'interazione con lo studente avviene anche al di fuori della lezione mediante ricevimenti concordati con i docenti per posta elettronica.

Programma (contenuti dell'insegnamento)

Programma Modulo Chimica (docente C.Cristallini)

Italian:

Introduzione

Sostanze e miscele; elementi e composti; proprietà chimiche e fisiche della materia; proprietà estensive ed intensive; le misure: unità SI, densità, scale di temperatura; notazione scientifica; cifre significative.

Atomi, molecole e ioni

La teoria atomica di Dalton; la struttura dell'atomo; il numero atomico, il numero di massa e gli isotopi; la tavola periodica; le molecole e gli ioni; le formule chimiche; nomenclatura dei composti.

Stechiometria

La massa atomica; il numero di Avogadro e la massa molare di un elemento; la massa molecolare; la composizione percentuale dei composti; determinazione sperimentale della formula empirica; le reazioni chimiche e le equazioni chimiche; il reagente limitante; la resa di reazione.

Reazioni in soluzioni acquose

Proprietà generali delle soluzioni acquose; reazioni di precipitazione; reazioni acido-base; reazioni di ossido-riduzione; concentrazione delle soluzioni; stechiometria in soluzione: analisi gravimetrica e titolazioni.

I gas

Le leggi dei gas; l'equazione dei gas ideali; la legge delle pressioni parziali di Dalton; la teoria della cinetica molecolare nei gas; diffusione e effusione dei gas, deviazione dal comportamento ideale, stato critico dei gas reali, temperatura critica, definizione gas-vapore.

Bilanci energetici nelle reazioni chimiche

Variazioni di energia nelle reazioni chimiche; l'entalpia delle reazioni chimiche; calore specifico e capacità termica; calorimetria a volume costante, calorimetria a pressione costante, entalpia standard di formazione e di reazione; la legge di Hess.

Struttura elettronica degli atomi

Atomo di Bohr; numeri quantici; orbitali: forma degli orbitali ed energie degli orbitali; configurazione elettronica.

Tavola Periodica

Energia di legame; regola dell'ottetto; energia di ionizzazione; affinità elettronica; variazione delle proprietà chimiche degli elementi rappresentativi.

Tipi di legame chimico

Legame ionico, legame covalente, elettronegatività; geometria molecolare (VSEPR); strutture di Lewis; eccezioni della regola dell'ottetto. Il momento di dipolo, la teoria degli orbitali molecolari (leganti e antileganti), il diagramma dei livelli energetici, ordine di legame, molecole diatomiche omonucleari degli elementi del secondo periodo.

Equilibrio chimico

Il concetto di equilibrio; modi di esprimere le costanti di equilibrio; fattori che influenzano l'equilibrio chimico; equilibri in fase omogenea e in fase eterogenea; il secondo principio della termodinamica: entropia ed energia libera.

Acidi e basi

Acidi e basi di Bronsted, Il prodotto ionico dell'acqua; Il pH; forza di acidi e di basi; acidi deboli e costanti di ionizzazione acide, acidi e basi coniugati, struttura molecolare e forza degli acidi, proprietà acide e basiche dei Sali, acidi e basi di Lewis.

Equilibri omogenei ed eterogenei in soluzione, soluzioni tampone, titolazioni acido-base, equilibri di solubilità (prodotto di solubilità, effetto dello ione a comune)

Cenni di termodinamica chimica

Principi di termodinamica; entropia; energia libera di Gibbs, Energia libera ed equilibrio chimico.

Cenni di elettrochimica

Bilanciamento delle reazioni redox; le celle galvaniche; potenziali standard di riduzione; termodinamica delle reazioni redox (relazione energia libera, lavoro utile, forza elettromotrice); equazione di Nernst; celle a concentrazione; elettrolisi, relazione quantitative dell'elettrolisi, valore di potenziale elettrochimico, sovratensione.

English:

Introduction

Substances and mixtures; elements and compounds; chemical and physical properties of matter; extensive and intensive properties; unit of measure: SI units, density, temperature scales; scientific notation; significant figures.

Atoms, Molecules, and Ions



UNIVERSITÀ DI PISA

Dalton's atomic theory; atomic structure; atomic number, mass number, and isotopes.

Electronic Structure of Atoms

Bohr's atom; quantum numbers; orbitals: orbital shapes and orbital energies; electron configuration.

Periodic Table

Binding energy; octet rule; ionization energy; electron affinity; variation in chemical properties of representative elements.

Chemical nomenclature

Molecules and ions; chemical formulas; compounds nomenclature.

Stoichiometry

Atomic mass; Avogadro's number and the molar mass of an element; molecular mass; the percentage composition of compounds; experimental determination of empirical formulas; chemical reactions and chemical equations; limiting reagent; reaction yield.

Reactions in Aqueous Solutions

General properties of aqueous solutions; precipitation reactions; acid-base reactions; redox reactions; solution concentration; stoichiometry in solution: gravimetric analysis and titrations.

Gases

Gas laws; ideal gas equation; Dalton's law of partial pressures; kinetic molecular theory in gases; gas diffusion and effusion, deviation from ideal behavior, critical state of real gases, critical temperature, vapor gas definition

Types of Chemical Bonding

Ionic bonding, covalent bonding, electronegativity; molecular geometry (VSEPR); Lewis structures; exceptions to the octet rule. Dipole moment, molecular orbital theory (bonding and antibonding), energy level diagram, bond order, diatomic homonuclear molecules of second-period elements.

Chemical Equilibrium

The concept of equilibrium; ways to express equilibrium constants; factors influencing chemical equilibrium; homogeneous and heterogeneous phase equilibria.

Energetic Balances in Chemical Reactions, Introduction to Thermochemistry

Energy changes in chemical reactions; enthalpy of chemical reactions; specific heat and heat capacity; constant volume and constant pressure calorimetry; standard enthalpy of formation and reaction; Hess's law. Principles of thermodynamics; entropy; Gibbs free energy, free energy and chemical equilibrium.

Acids and Bases

Bronsted acids and bases, the ion product of water; pH; strength of acids and bases; weak acids and acid ionization constants, conjugate acids and bases, molecular structure and acid strength, acidic and basic properties of salts, Lewis acids and bases. Homogeneous and heterogeneous equilibria in solution, buffer solutions, acid-base titrations, solubility equilibria (solubility product, common ion effect).

Introduction to Electrochemistry

Balancing redox reactions; galvanic cells; standard electrode potential; thermodynamics of redox reactions (relation to free energy, useful work, electromotive force); Nernst equation; concentration cells; batteries (dry cell, mercury cell, lead-acid accumulator, lithium battery, fuel cells), cathodic protection, corrosion, electrolysis, quantitative relationship of electrolysis, electrochemical potential, overvoltage.

Programma Modulo Processi Chimici (docente F. Barontini)

Equilibri di fase

Passaggi di stato. Equazione di Clapeyron. Equilibrio liquido-vapore. Equazione di Clausius-Clapeyron. Equazione di Antoine. Regola delle fasi. Diagrammi di stato per sistemi a un componente. Curve di riscaldamento. Calore sensibile e calore latente. Sistemi a due componenti. Soluzioni gas-liquido. Legge di Henry. Soluzioni solido-liquido. Soluzioni ideali. Equilibrio liquido-vapore. Legge di Raoult. Soluzione ideale con soluto non volatile: innalzamento ebullioscopico e abbassamento crioscopico. Miscela binarie ideali di componenti volatili. Diagramma di equilibrio liquido-vapore. Temperatura di bolla e temperatura di rugiada. Composizione di equilibrio delle fasi liquida e vapore. Regola della leva. Miscela reali. Azeotropi. Equilibri liquido-solido (miscibilità completa, miscibilità parziale e immiscibilità allo stato solido).

Materiali

Definizione di materiale. Classificazione dei materiali. Struttura dei solidi (solidi cristallini, amorfi e semicristallini). Caratteristiche delle strutture cristalline. Difetti nei cristalli (di punto, di linea, di superficie). Meccanismi di diffusione dei difetti.

Proprietà meccaniche dei materiali

Caratterizzazione meccanica dei materiali. Resistenza a trazione: sforzo e deformazione; deformazione elastica e deformazione plastica; la prova di trazione; curva tensione - deformazione. Durezza. Resilienza: prova con pendolo di Charpy.

Produzione di ghisa e acciaio

Minerali del ferro. Reazioni di riduzione degli ossidi di ferro. L'altoforno. Affinazione della ghisa: convertitori e forni.

Acciaio

Diagramma Ferro-Carbonio. Acciaio e ghisa. Microstruttura degli acciai: acciaio eutetoidico, ipoeutetoidico, ipereutetoidico. Intervallo critico dell'acciaio. Raffreddamento dell'austenite e formazione della martensite. Curve di Bain (curve TTT) e curve di trasformazione anisoterma (curve CCT). Proprietà meccaniche dell'acciaio. Trattamenti termici dell'acciaio: ricottura; ricottura isoterma; normalizzazione; tempra; tempra martensitica; tempra bainitica; ricottura di addolcimento; rinvenimento; bonifica; trattamenti di indurimento superficiale (tempra superficiale, cementazione, nitrurazione). Classificazione degli acciai: classificazione UNI; classificazione AISI; acciai legati (elementi austenizzanti e alfojeni, acciai inossidabili).

Acque per uso industriale

Proprietà dell'acqua. L'acqua come solvente. Il ciclo idrologico. Ciclo tecnologico dell'acqua. Qualità dell'acqua. Usi industriali dell'acqua. Caratterizzazione chimico-fisica delle acque naturali: materiali sospesi; residuo fisso; sostanze disciolte; durezza; alcalinità. Caratterizzazione microbiologica. Classificazione e caratteristiche delle acque naturali. Inconvenienti dovuti alle impurezze: depositi; incrostazioni; corrosione.

Processi di trattamento delle acque per uso industriale

Classificazione dei trattamenti. Grigliatura. Dissabbiatura. Sedimentazione. Chiariflocculazione. Filtrazione: filtri a gravità e in pressione. Degasazione. Clorazione. Addolcimento: processo con calce e soda, processo con fosfato trisodico, processo con soda caustica, processi con resine a scambio ionico. Demineralizzazione: processi per scambio ionico (demineralizzazione a due stadi, a tre stadi, a letto misto).

Acque reflue

Parametri chimico-fisici e microbiologici legati al grado di inquinamento dell'acqua (solidi sospesi, domanda di ossigeno, ecc.). Limiti di emissione per gli scarichi di acque reflue industriali.



UNIVERSITÀ DI PISA

Processi di trattamento delle acque reflue

Trattamento delle acque reflue: trattamenti preliminari, primari, secondari, rimozione dei nutrienti, trattamenti avanzati. Trattamento preliminare: grigliatura; dissabbiatura; flottazione. Trattamento primario: sedimentazione primaria. Trattamento secondario: fanghi attivi. Linea fanghi: ispessimento; stabilizzazione; disidratazione.

Combustibili

Classificazione dei combustibili. Combustibili solidi: carbone e biomasse. Caratterizzazione dei combustibili solidi: analisi immediata, analisi elementare, potere calorifico. Potere calorifico superiore e inferiore. Combustibili gassosi: gas naturale. Combustibili liquidi. Il petrolio: composizione e proprietà. Distillazione del grezzo. Combustibili ottenuti dalla raffinazione del grezzo: GPL, benzine, cherosene, gasoli, oli combustibili. Proprietà dei combustibili liquidi: volatilità (curva di distillazione); numero di ottano; punto di infiammabilità; punto di autoignizione. Potere calorifico dei diversi combustibili. Impatto ambientale. Fattori di emissione di anidride carbonica per diversi combustibili.

Combustione

Aspetti generali della combustione. Aria di combustione; composizione e volume dei fumi di combustione.

Bibliografia e materiale didattico

Modulo Chimica (docente C.Cristallini)

Test di riferimento:

Raymond Chang "Fondamenti di Chimica Generale", McGraw-Hill

Peter Atkins "Principi di Chimica, Zanichelli

Appunti forniti dal docente relativi alla nomenclatura dei composti

Modulo Processi Chimici (docente F. Barontini)

Le slide delle lezioni e il materiale didattico integrativo sono disponibili sulla piattaforma E-learning.

Indicazioni per non frequentanti

Non sussistono variazioni di programma e di modalità di esame per i non frequentanti.

Si consiglia di contattare i docenti per avere eventuali informazioni aggiuntive

Modalità d'esame

Modulo Chimica (docente C.Cristallini)

verifica scritta e discussione orale per coloro che raggiunto una votazione di 16-17

Modulo Processi Chimici (docente F. Barontini)

La prova di Processi Chimici può essere sostenuta da chi ha già sostenuto con esito positivo la prova di Chimica (le due prove possono essere sostenute anche nello stesso appello).

L'esame prevede una prova scritta.

La prova scritta, della durata di due ore, consiste in 20 quesiti, di cui 4 esercizi da risolvere e 16 domande a risposta aperta sulle varie parti del programma.

La prova sarà superata solo con un punteggio finale uguale o superiore a 17/30.

Il voto finale dell'esame di **Chimica e Processi Chimici** sarà valutato come media algebrica (arrotondata per eccesso) tra i voti dei due moduli.

Ultimo aggiornamento 19/12/2023 20:15