

SCHEDA DATI PER OFFERTA FORMATIVA PUBBLICA DI CUI AL PUNTO 1.2
DELLA CIRCOLARE MINISTERIALE N° 187 DELL'11 GIUGNO 2008

Insegnamento: N° crediti/n° ore Docente titolare: Qualifica SSD di appartenenza del docente Struttura di afferenza Telefono e-mail Orario di ricevimento Sito web docente	Principi di ingegneria chimica e di processo 9 CFU/90 ore Giacomo Cao e Roberto Orrù in codocenza Professore 1° fascia e Professore 2° fascia ING-IND/24 Dipartimento di Ingegneria Chimica 070-6755058 e 070-6755076 cao@visnu.dicm.unica.it e orru@visnu.dicm.unica.it Tutti i giorni previo appuntamento www.dicm.unica.it/~cao
Curriculum scientifico	<u>Carriera</u> Giacomo Cao è nato a Cagliari il 22/09/1960, ha conseguito la licenza liceale presso il Liceo Dettori di Cagliari, si è laureato con lode in Ingegneria Chimica presso l'Università di Cagliari nel 1986. Ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in Ingegneria Chimica presso l'Università di Bologna nel 1990. Presso il Dipartimento di Ingegneria Chimica e Materiali dell'Università di Cagliari, è diventato ricercatore nel 1990, professore associato nel 1992 ed è tuttora professore ordinario del raggruppamento concorsuale "Principi di Ingegneria Chimica" a partire dal 2001. E' stato "visiting scholar" presso il Department of Chemical Engineering, University of Notre Dame, USA nel 1988, 1992 e 1993 e "research associate" nel 1993 presso la stessa Università americana. <u>Attività di docenza</u> Dal 1992 e' titolare del corso di Principi di Ingegneria Chimica Ambientale presso l'Università di Cagliari dove ha svolto la supplenza di Cinetica Chimica Applicata negli A.A. 1994-2000, quella di Metallurgia nell'A.A. 1997-98 e quella di Chimica Industriale negli A.A. 1996-97 e 1998-99. E' inoltre titolare del corso di Fenomeni di Trasporto in Sistemi Ambientali dal 2002 e del corso di Fenomeni di Trasporto in Sistemi Biomedici dal 2005. <u>Attività scientifica</u> I suoi interessi di ricerca riguardano l'ingegneria delle reazioni e dei reattori chimici, la sintesi di materiali innovativi, le tecnologie di adsorbimento e scambio ionico, l'ingegneria chimica ambientale, la bonifica di siti contaminati e l'ingegneria dei tessuti. E' coautore di oltre 120 pubblicazioni su riviste specialistiche nazionali ed internazionali, oltre 200 presentazioni a convegni nazionali ed internazionali, 4 libri e 6 brevetti. <u>Attività organizzativa</u> E' rappresentante per l'Università di Cagliari nel Consorzio Interuniversitario "La Chimica per l'Ambiente" dal 1994, è responsabile delle unità operative del Consorzio Interuniversitario Nazionale "La Chimica per l'Ambiente" e del

Consorzio Interuniversitario Nazionale di Scienza e Tecnologia dei Materiali presso il Dipartimento di Ingegneria Chimica e Materiali dell'Università di Cagliari ed è stato fondatore e primo direttore del Centro Interdipartimentale di Ingegneria e Scienze Ambientali dal 1996 al 2004 presso l'Università di Cagliari. E' inoltre responsabile dal 1998 dell'Area Processi Chimici e Materiali del Centro di Ricerca, Sviluppo, Studi Superiori in Sardegna (CRS4) e dal 2002 Direttore del Laboratorio di Cagliari del Consorzio Interuniversitario Nazionale "La Chimica per l'Ambiente". E' componente del Consiglio Scientifico del Consorzio COSMOLAB. Agisce in qualità di valutatore di progetti per svariati committenti e di pubblicazioni per numerose riviste nazionali ed internazionali. E' responsabile del gruppo di ricerca ALCKEME costituito da 2 professori associati, 2 ricercatori universitari, 3 ricercatori CRS4, 1 post doc, 5 dottorandi di ricerca ed 2 addetti di segreteria.

Roberto Orrù

Laurea in Ingegneria Chimica (1991).

Ricercatore presso il CRS4 (1992-1994).

Dottorato di Ricerca Ingegneria Metallurgica (1994-1996).

Ricercatore universitario nel settore ING-IND/24 (1998-2002).

Professore associato nel settore ING-IND/24 (2002-oggi)

Esperienze all'estero: University of California, Davis, USA, (1996-97, 1999-2000).

Attività didattica attuale: docente dei corsi di Fondamenti di Fenomeni di Trasporto e Cinetica Chimica Applicata e Fenomeni di Trasporto per il corso di laurea in Ingegneria Chimica e del modulo A di Biomateriali per il corso di laurea in Ingegneria Biomedica

Principali interessi di ricerca: sintesi di materiali innovativi, ingegneria delle reazioni chimiche e tecnologie di separazione.

Coautore di oltre 80 lavori pubblicati in riviste scientifiche internazionali.

Pubblicazioni rilevanti

J. Suffner, M. Lattemann, H. Hahn, L. Giebeler, C. Hess, I. Garcia Cano, S. Dosta, J. M. Guilemany, C. Musa, A. M. Locci, R. Licheri, R. Orrù and **G. Cao**, "Microstructure Evolution during Spark Plasma Sintering of Metastable ($ZrO_2 - 3 \text{ mol\% } Y_2O_3$) - 20 wt% Al_2O_3 Composite Powders", *Journal of the American Ceramic Society*, **93(9)**, 2864-2870 (2010).

C. Musa, R. Orrù, R. Licheri and **G. Cao**, "On the controversial formation of silver diboride: processing of Ag+2B powders by spark plasma sintering", *Physica C*, **469**, 1991-1995 (2009).

G. Neri, A. Bonavita, G. Micali, R. Licheri, R. Orrù, **G. Cao**, D. Marzorati E. Merlone Borla, E. Roncari, and A. Sanson, "FeSrTiO₃-based resistive oxygen sensors for application in diesel engines", *Sensors and Actuators B: Chem.*, **134**, 647-653 (2008).

S. Fadda, A. Cincotti, A. Concas, M. Pisu, and **G. Cao**,

	<p>"Modelling breakage and reagglomeration during fine dry grinding in ball milling devices", <i>Powder Technology</i>, 194, 207-213 (2009).</p> <p>A.M. Locci, R. Licheri, R. Orrù, A. Cincotti, G. Cao, J. De Wilde, F. Lemoisson, L. Froyen, I.A. Beloki, A.E. Sytshev, A.S. Rogachev, D.J. Jarvis, "Low-Gravity Combustion Synthesis: Theoretical Analysis of Experimental Evidences", <i>AIChE Journal</i>, 52, 3744-3761 (2006).</p> <p>R. Orrù, R. Licheri, A.M. Locci, A. Cincotti, G. Cao "Consolidation/Synthesis of Materials by Electric Current Activated/Assisted Sintering" <i>Mater. Sci. Eng. R</i>, 63(4-6), 127-287 (2009)</p> <p>R. Licheri, R. Orrù, A. M. Locci, G. Cao "Efficient Synthesis/Sintering Routes to obtain Fully Dense ZrB₂-SiC Ultra-High-Temperature Ceramics (UHTCs)" <i>Ind. Eng. Chem. Res.</i>, 46, 9087-9096 (2007).</p> <p>A.Cincotti, A.M. Locci, R. Orrù, G. Cao "Modelling of Spark Plasma Sintering/Synthesis apparatus: Temperature, Current and Strain Distribution with no powders" <i>AIChE Journal</i>, 53 (3), 703-719 (2007).</p> <p>A.M. Locci, R. Orrù, G. Cao, S. Sanna, F. Congiu, G. Concas "Synthesis of bulk MgB₂ superconductors by pulsed electric current" <i>AIChE Journal</i>, 52(7), 2618-2626 (2006).</p> <p>A.M. Locci, R. Orrù, G. Cao, Z.A. Munir "Simultaneous Spark Plasma Synthesis and Densification of TiC-TiB₂ Composites" <i>J. Am. Ceram. Soc.</i> 89(3), 848-855 (2006)</p>																		
Contenuto schematico del corso di insegnamento																			
Obiettivi formativi e risultati attesi (secondo i descrittori di Dublino)	<p>Lo scopo di questo corso è dare in forma unitaria una visione sufficientemente vasta ed approfondita dei fondamenti dell'ingegneria chimica e cioè dei modelli fisici e matematici sui quali si fondano progettazione funzionale e simulazione degli apparati dell'industria chimica</p>																		
Articolazione del corso	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="595 1402 1166 1552" rowspan="2">Argomenti del corso</th> <th colspan="3" data-bbox="1166 1402 1447 1496">Attività didattica (ore)</th> </tr> <tr> <th data-bbox="1166 1496 1246 1552">Lez.</th> <th data-bbox="1246 1496 1353 1552">Eserc.</th> <th data-bbox="1353 1496 1447 1552">Lab.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="595 1552 1166 2029"> <p>Le equazioni di bilancio locale. Cenni di calcolo vettoriale e tensoriale. Il vettore densità di flusso di massa. Elementi di cinematica. Bilancio locale di materia. Bilancio locale di quantità di moto. Il tensore degli sforzi. Operazioni sui tensori. Il vettore densità di flusso di calore. Bilancio locale di materia per un mezzo a più componenti. Bilancio locale di quantità di moto per un mezzo a più componenti. Bilancio locale di energia per un mezzo a più componenti. Esercizi applicativi.</p> </td> <td data-bbox="1166 1552 1246 2029">6</td> <td data-bbox="1246 1552 1353 2029">9</td> <td data-bbox="1353 1552 1447 2029"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="595 2029 1166 2063"> <p>Le equazioni costitutive. Generalità.</p> </td> <td data-bbox="1166 2029 1246 2063">8</td> <td data-bbox="1246 2029 1353 2063">9</td> <td data-bbox="1353 2029 1447 2063"></td> </tr> </tbody> </table>	Argomenti del corso	Attività didattica (ore)			Lez.	Eserc.	Lab.	<p>Le equazioni di bilancio locale. Cenni di calcolo vettoriale e tensoriale. Il vettore densità di flusso di massa. Elementi di cinematica. Bilancio locale di materia. Bilancio locale di quantità di moto. Il tensore degli sforzi. Operazioni sui tensori. Il vettore densità di flusso di calore. Bilancio locale di materia per un mezzo a più componenti. Bilancio locale di quantità di moto per un mezzo a più componenti. Bilancio locale di energia per un mezzo a più componenti. Esercizi applicativi.</p>	6	9		<p>Le equazioni costitutive. Generalità.</p>	8	9				
Argomenti del corso	Attività didattica (ore)																		
	Lez.	Eserc.	Lab.																
<p>Le equazioni di bilancio locale. Cenni di calcolo vettoriale e tensoriale. Il vettore densità di flusso di massa. Elementi di cinematica. Bilancio locale di materia. Bilancio locale di quantità di moto. Il tensore degli sforzi. Operazioni sui tensori. Il vettore densità di flusso di calore. Bilancio locale di materia per un mezzo a più componenti. Bilancio locale di quantità di moto per un mezzo a più componenti. Bilancio locale di energia per un mezzo a più componenti. Esercizi applicativi.</p>	6	9																	
<p>Le equazioni costitutive. Generalità.</p>	8	9																	

	Equazioni costitutive per il tensore degli sforzi. Equazioni costitutive per il vettore densità di flusso di calore. Equazioni costitutive per il vettore densità di flusso di materia. Equazioni costitutive per la velocità di generazione dei singoli componenti. Equazioni costitutive per la velocità di generazione della quantità di moto. Esercizi applicativi.			
	Processi di trasporto in regime laminare. Moto di fluidi perfetti. Fluidi newtoniani e non. L'equazione di Navier Stokes. La viscosità. Soluzioni esatte dell'equazione di Navier Stokes. Approssimazione di Stokes. Concetto di strato limite. Strato limite laminare. Equazioni dello strato limite. Andamento della concentrazione, quantità di moto e della pressione nello strato limite. Strato limite termico. Il problema della convezione nello strato limite termico. L'equazione di Fourier. La conducibilità termica. Soluzioni dell'equazione di Fourier per la conduzione pura. Convezione naturale termica. L'equazione di Fick. La diffusività di materia. Soluzione dell'equazione di Fick: diffusione pura; diffusione con flusso di Stefan. Soluzione dell'equazione generalizzata di Fick. Convezione naturale di materia. Cenni sugli effetti della tensione superficiale. Cenni sul moto in mezzi porosi. Esercizi applicativi.	12	9	
	Processi di trasporto in regime turbolento. Origine della turbolenza. Grandezze medie locali e fluttuazioni. Teorie fenomenologiche della turbolenza. Equazioni di conservazione (materia, quantità di moto, energia) mediate secondo Reynolds. Tensore degli sforzi di Reynolds. Ipotesi di Boussinesq e definizione di viscosità turbolenta. Intensità di turbolenza. Definizione di diffusività e conducibilità turbolenta. Lunghezza di mesolamento di Prandtl. Profilo universale di velocità (o di Prandtl). Profilo universale di velocità di Nikuradse. Distribuzione di temperatura e concentrazione. Cenni sulla teoria statistica della turbolenza. Transizione turbolenta. Strato limite turbolento.	10	9	

	Soluzione di Blasius per strato limite turbolento su piastra piana. Correlazioni di scambio termico, di materia e di quantità di moto per il moto laminare e turbolento. Esercizi applicativi.			
	Il trasporto interfacciale di quantità di moto, calore e materia.. Trasporto interfacciale di quantità di moto. Trasporto interfacciale di calore. Trasporto interfacciale di materia. Esercizi applicativi.	8	2	
	Il trasporto di calore per irraggiamento. Definizione delle leggi fondamentali dell'irraggiamento. Definizione di un corpo nero. Emissione, assorbimento e riflessione . Radiazioni monocromatiche e non. Definizione di un corpo grigio. Irraggiamento fra due superfici. Calcolo dei fattori di vista. Metodi approssimati di calcolo. Radiazioni attraverso un mezzo assorbente. Radiazioni fra una superficie ed un gas grigio. Calcolo di un forno.	6	2	
	Totale ore: (80)	50	40	
Propedeuticità	Le conoscenze di matematica, chimica, fisica, termodinamica, cinetica e di fondamenti dei fenomeni di trasporto impartite nei corsi della laurea di base			
Anno di corso e semestre	1° anno/ 1° sem			
Testi di riferimento	<ul style="list-style-type: none"> - Appunti e fotocopie date a lezione - R.B. Bird, W.E. Stewart e E.N. Lightfoot “Fenomeni di Trasporto”, Casa Editrice Ambrosiana – Milano. - F.P. Foraboschi “Principi di Ingegneria Chimica”, Casa Editrice UTET – Torino. - A.S. Foust, L.A. Wenzel, C.W. Clump, L. Maus, L.B. Andersen “ I Principi delle Operazioni Unitarie”, Casa Editrice Ambrosiana - Milano. - J. Szekekely, N.J. Themelis. ”Rate phenomena in process metallurgy”, Wiley-Interscience – New York . - R. Mauri "Elementi di fenomeni di trasporto" Edizioni Plus-Pisa University Press 			
Modalità di erogazione dell'insegnamento	Tradizionale			
Modalità di frequenza	Facoltativa			
Calendario prove d'esame	https://webstudenti.unica.it/esse3/ListaAppelliOfferta.do;jsessionid=5BB9895F4434F3A7ACF11F5CE763DD3F			
Metodi di valutazione	Prova Orale			
Organizzazione della didattica	80 ore, di cui 50 ore di lezione e 40 ore di esercitazione			