

Presentazione del corso di Calcolo Numerico, Ingegneria dell'Energia

Alvise Sommariva

Università degli Studi di Padova

Esistono molte definizioni di cosa sia il calcolo numerico ed in [1] ve ne è data una ampia discussione.

Tra le varie, diremo che

Il Calcolo Numerico (o Analisi Numerica) è la disciplina che sviluppa ed analizza metodi per la risoluzione di problemi della matematica e delle Scienze applicate.

Per fornire una soluzione approssimata a tali problemi, si usano algoritmi, che in questo corso implementeremo in linguaggio Matlab.

Per capire meglio l'ambito dell'Analisi Numerica, forniamo qualche esempio.

- Si consideri l'equazione

$$x^2 - 3 \sin(x) = \log(x).$$

Non è semplice determinare quale sia un valore di x^* che risolve tale problema (ammesso ce ne sia uno).

Stessa cosa dicasi per l'equazione

$$\exp(x - 2) = \sqrt{x^2 + 1}$$

Ciò nonostante è possibile **approssimare numericamente**, se esiste, un tale x^* .

- Si desideri determinare

$$I = \int_0^1 \exp(-x^2) dx$$

Visto che non è nota una primitiva di $\exp(-x^2)$, **non possiamo utilizzare le comuni tecniche** che valutano I mediante il teorema fondamentale del calcolo integrale. Ciò nonostante è **possibile approssimare numericamente** tale quantità.

- In fluidodinamica la **correlazione di Colebrook** è un'equazione che permette di ottenere il **coefficiente di attrito di Darcy** λ di un generico fluido in tubi lisci o ruvidi.

Questo legame matematico nasce dalla combinazione di risultati empirici a studi di flusso laminare e turbolento nelle tubature e fu sviluppata nel 1939 da Colebrook e White.

L'equazione in oggetto è

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left(\frac{e}{3.51d} + \frac{2.52}{N_R \sqrt{\lambda}} \right)$$

dove

- e è la scabrezza del tubo (in metri),
- d è il diametro del tubo (in metri),
- N_R è il numero di Reynolds (cf. [3]).

e non esiste in generale una soluzione esplicita del problema.

- In ottica, per il progetto di una camera a raggi infrarossi si è interessati a calcolare l'energia emessa da un corpo nero nello spettro (infrarosso) compreso tra le lunghezze d'onda $3\mu m$ e $14\mu m$.

La risoluzione di questo problema si ottiene calcolando il valore del seguente integrale

$$I = E(T) = 2.39 \cdot 10^{-11} \int_{3 \cdot 10^{-4}}^{14 \cdot 10^{-4}} \frac{1}{x^5 \left(\exp\left(\frac{1.432}{Tx}\right) - 1 \right)} dx$$

che rappresenta l'**equazione di Plank** per l'energia, dove

- x è la lunghezza d'onda,
- T è la temperatura in gradi Kelvin del corpo nero.

Fissato T_0 , ad esempio 215, si vuole calcolare $E(T_0)$.

Nuovamente, non esistendo una primitiva esplicità dell'integranda, **non è facile valutare esattamente il valore di $E(T_0)$, mentre numericamente richiede in computer moderni una frazione di secondo**, con molte cifre decimali esatte.

In generale, come vedremo durante il corso, il calcolo numerico fornisce soluzioni approssimate a questi ed altri problemi della Matematica e delle Scienze Applicate.

Prerequisiti: Conoscenze di base di analisi matematica e di algebra lineare.

Conoscenze e abilita' da acquisire: Apprendere le basi del calcolo numerico in vista delle applicazioni in campo scientifico e tecnologico, con particolare attenzione ai concetti di

- errore,
- discretizzazione,
- approssimazione,
- convergenza,
- stabilita',
- costo computazionale.

Inoltre conseguiranno concetti fondamentali di programmazione in ambiente Matlab, anche attraverso esempi di interesse per l'analisi numerica.

Il corso e' svolto dal Prof. A. Sommariva, con tutor e didattica di supporto. Prevede i seguenti argomenti:

- Aritmetica di macchina e **analisi degli errori**. Stabilità e malcondizionamento.
- Metodi iterativi per la risoluzione di **equazioni nonlineari**.
- **Approssimazione ed interpolazione** polinomiale.
- **Quadratura** numerica.
- **Algebra lineare numerica**. Soluzione di sistemi lineari mediante metodi diretti ed iterativi.

Nella pagina web del docente

<https://sites.google.com/view/alvisesommarivaunipd/home-page/teaching/calcolonumerico>

si possono trovare tutte le informazioni sul corso, in particolare

- i *.pdf* relativi alle slides e alle note del corso,
- video delle lezioni,
- le soluzioni agli esercizi di laboratorio e i quiz su Matlab,
- i manuali suggeriti,
- il registro delle lezioni,
- come contattare il docente,
- le istruzioni per l'esame di teoria e di laboratorio, commissione d'esame, crediti d'esame, esami previsti, esami svolti,
- questioni relative al software utilizzato,
- valutazioni della didattica.

Qualora sia utile, il corso ha anche una pagina STEM/Moodle di riferimento

<https://stem.elearning.unipd.it/user/view.php?id=218&course=11869>

A meno di successive modifiche che verranno tempestivamente comunicate, l'orario del corso sarà il seguente:

- **lunedì', ore 8.30**, teoria, Aula P1,
- **martedì', ore 8.30**, teoria, Aula P1.
- **giovedì', ore 14.30**, laboratorio, Aula Taliercio, Padiglione 14, Fiera di Padova (comincia il 6 marzo 2025).
- Canale unico (previsto anche per l'anno accademico successivo).
- Scelte regolamentari dovute ad un potenziale affollamento delle aule.

- Alla **prima lezione di laboratorio** in presenza possono partecipare solo studenti del primo anno (problemi di capienza). Questa restrizione potrebbe essere tolta nelle lezioni successive se non ci sono problemi di capienza.
- Registrazione per il laboratorio mediante Google form
https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfG52hj_9E0W-pyt2owMKhBipYqi7F2xZm-kb5MRMtfZVmwXg/viewform?usp=sharing (solo per studenti non del primo anno!)
- Account di Laboratorio: iscrizione al sito <https://studenti.adt.unipd.it> (confrontare con pagina web per dettagli).
- Qualora **non vada a buon termine l'iscrizione** al sito sopramenzionato, si veda la pagina web del corso, alla sezione **Account di Laboratorio**.

Non si richiede l'acquisto di materiale didattico. Se necessario, quali testi di riferimento, si suggeriscono:

- G. Rodriguez: Algoritmi Numerici.
- K.E. Atkinson: Elementary Numerical Analysis (in inglese).
- K.E. Atkinson: An Introduction to Numerical Analysis (in inglese).
- A. Martinez, Calcolo Numerico con Matlab. Temi d'esame di laboratorio. Testi e soluzioni. Edizioni Libreria Progetto, 2017.
- Per alcune tracce di calcolo numerico, si consideri

<https://www.math.unipd.it/~marcov/studenti.html>

- Per superare l'esame, gli studenti devono avere un **voto sufficiente sia sulla prova di teoria che di laboratorio**.
- I voti di entrambe restano **validi per l'intero accademico**. Vengono mantenuti se il docente insegna anche l'anno successivo lo stesso corso.
- **La prova di teoria** consiste in una o più domande di teoria, mentre quella di Laboratorio nell'implementazione di una o più funzioni Matlab.
- **Il voto della prova di laboratorio** (se sufficiente) produce inoltre una possibile aggiunta al voto dello scritto, se maggiore o uguale a 18, al più di due punti.

Più in dettaglio si osserverà la seguente tabella:

<i>Voto teoria</i>	<i>suff</i>	<i>discreto</i>	<i>buono</i>	<i>ottimo</i>
$V \in [18, 26]$	V	$V + 1$	$V + 2$	$V + 3$
27	26	27	28	29
28	27	28	29	30
29	28	29	30	30
30	28	29	30	30L

- Il 30 e lode, viene conseguito qualora i voti siano di almeno 30 trentesimi in entrambe le prove.
- Gli esami saranno eseguiti in presenza.

La seguente lista degli esami e' indicativa, e potrebbe essere modificata dal docente. La modalita' (in presenza o per via telematica) puo' variare durante la sessione.

- Teoria (I): 25-06-2025, 09:00 - 13:30 P2 [COMPLESSO PAOLOTTI]
- Laboratorio (I): 26-06-2025, 12:30 - 15:00 TALIERCIO - FIERA [PADIGLIONE 14 - FIERA DI PADOVA]
- Teoria (II): teoria, 15-07-2025, 09:00 - 13:30 P2 [COMPLESSO PAOLOTTI]
- Laboratorio (II): 16-07-2025, 12:30 - 15:00 TALIERCIO - FIERA [PADIGLIONE 14 - FIERA DI PADOVA]
- Teoria (III): 01-09-2025, 09:00 - 12:30, P2 [COMPLESSO PAOLOTTI]
- Laboratorio (III): 01-09-2025, 12:30 - 15:00, TALIERCIO - FIERA [PADIGLIONE 14 - FIERA DI PADOVA]
- Teoria (IV): da stabilire
- Laboratorio (IV): da stabilire

- Il docente non farà compitiini.
- Il docente non fara' prove aggiuntive.

Orario ricevimento (durante le lezioni del corso): Il ricevimento verrà effettuato mediante Zoom. Lo studente interessato contatti via email il docente.

- Lunedì, dalle 10:45 alle 14:15.
- Martedì, dalle 11:30 alle 14:15.

Dopo la fine del corso, si contatti via email il docente.

- Numero di telefono: 049-8271350
- Indirizzo: Torre Archimede, stanza 427, Via Trieste 63, 35121 Padova
- e-mail: `alvise at math.unipd.it`, (sostituire "at" con "@")

Anno 2022-2023 (generale):

- Soddisfazione: media 8.24 mediana: 8
- Aspetti organizzativi: media 8.41 mediana: 8.5
- Azione didattica: media 8.49 mediana: 8.75

Anno 2022-2023:

- Soddisfazione: media 8.68, mediana 9.00
- Azione didattica: media 8.82, mediana 9.00
- Organizzazione: media 8.79, mediana 9.00

Anno 2021-2022:

- Soddisfazione: media 8.85
- Azione didattica: media 8.89
- Organizzazione: media 9.20
- Organizzazione online: media 9.22



L.N. Trefethen, **The definition of numerical analysis.**

http://people.maths.ox.ac.uk/trefethen/publication/PDF/1992_55.pdf



Wikipedia, **Equazione di Colebrook,**

https://it.wikipedia.org/wiki/Equazione_di_Colebrook



Wikipedia, **Numero di Reynolds,**

https://it.wikipedia.org/wiki/Numero_di_Reynolds