



Progetto
Lauree Scientifiche

Università degli Studi di Trieste

<http://www.laureescientifiche.units.it/>

LA SIMULAZIONE NUMERICA IN FISICA: un approccio complementare ai laboratori tradizionali

(corso CIRD - CP e M IDIFO3)

a.a. 2010/11

G. Pastore - M. Peressi

Introduzione al Corso

Uso dei computers in Fisica

- Comunicazioni
- Data bases
- Calcolo simbolico
- Controllo strumentazione
- Raccolta e analisi dati
- Visualizzazione
- Calcolo numerico
- Simulazioni



Nella didattica:

molti corsi prevedono l'uso di computer per visualizzare fenomeni e concetti noti, in modo più o meno attivo ma nella maggior parte dei casi il computer viene usato a scatola chiusa;

comunque, molti corsi tradizionali all'Università cominciano a incorporare esempi "numerici" per far apprezzare proprio la capacità di SIMULAZIONE dello strumento informatico

Parlando di FISICA COMPUTAZIONALE a livello DIDATTICO si intende:

fornire dei mezzi, degli **strumenti per FARE della fisica:**

- per CAPIRE meglio i concetti e la teoria
- per apprezzare l'aspetto SPERIMENTALE della simulazione numerica
- per suscitare il senso della SCOPERTA (o meglio "riscoperta", se si tratta di cose già note ma fatte a scopo didattico)
- per introdursi ai metodi numerici e sapere che si possono perfezionare, estendere, etc... anche a problemi non banali

NB: dicevamo:

posso fare numericam. anche cose che faccio analiticamente!
(es. studiare la caduta di un grave...)

noi faremo soprattutto ciò, a scopo didattico, ma poi si passa facilmente alla generalizzazione del modello a situazioni non risolvibili analiticamente...

I paradigmi della Fisica

Esperienza

fonte di conoscenza

Teoria

fonte di comprensione

Simulazione

“... whose purpose is insight, not numbers”
[Richard W. Hamming]

Simulazioni

Esperimenti virtuali che

- estendono la portata dei metodi sperimentali (verso i limiti dell' **infinitamente** grande, **infinitamente** piccolo, **infinitamente** rapido, **infinitamente** lento ...)
- possono confutare teorie e modelli esistenti
- suggeriscono nuovi modelli e teorie
- aprono la strada alla formulazione di nuove leggi

Un approccio di simulazione numerica **assomiglia** molto all'approccio "SPERIMENTALE" per:

	esperimento	simulazione numerica
progettazione e impostazione	campione	modello + algoritmo
strumenti e mezzi	apparato sperimentale	codice e macchine di calcolo
preparazione	calibrare gli strumenti	mettere a punto i parametri numerici
realizzazione	misure	calcolo
raccolta/analisi dati	raccolta dei dati, manipolazione, visualizzazione, analisi, stima degli errori di affidabilit� dei risultati, identificazione delle sorgenti di incertezza	

Differisce in quanto “misura” teorie e modelli!

Suggerimenti per la didattica

abbinare **laboratorio numerico** con
laboratorio sperimentale “tradizionale”!

(quello numerico non deve sostituire
completamente quello sperimentale “tradizionale”)

Esperienze già svolte in ambito didattico

Progetto pilota a partire dal 2002/03 con il Centro di Ricerca e Sviluppo CNR-INFM DEMOCRITOS - **Sperimentazione di un LABORATORIO DI SIMULAZIONE NUMERICA** ad uso degli insegnanti e degli allievi dell'ultimo biennio delle scuole superiori.

- finanziato nel biennio 2003/05 dalla Regione FVG (Finanziamenti Progetti di Ricerca e Divulgazione Scientifica anno 2002)

- ampliato e inserito dal 2005 nel PLS

Attività svolta:

- * ciclo di seminari divulgativi nei vari Istituti
- * mini-corsi di programmazione (*)
- * stages tematici (**)
- * laboratori organizzati da alcuni Istituti (***)
- * workshop finale con presentazione dell'attività degli studenti partecipanti
- * **attività per docenti** [minicorso di 2 gg. "Fare scienza con il computer - introduzione a Java per gli insegnanti", prof. M. Ronchetti (settembre 2007)]
- * **prodotti: dispense cartacee, sito Web, CD con vario materiale didattico** (dispense, slides, codici liberamente scaricabili in Delphi/Pascal o Java) -> in AGGIORNAMENTO



Esperienze già svolte

(**) stages tematici svolti - esempi effettivi di “problem solving”

- GRAVITAZIONE UNIVERSALE

- BILIARDI CLASSICI E CAOS

- OTTICA GEOMETRICA:
RIFRAZIONE IN MEZZI NON
OMogenei

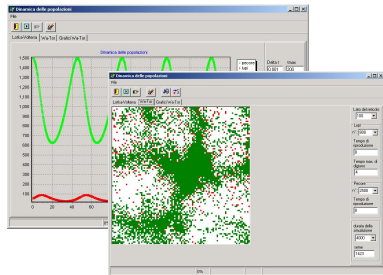
- MOTO BROWNIANO

- DINAMICA DELLE POPOLAZIONI:
PREDATORI E PREDE

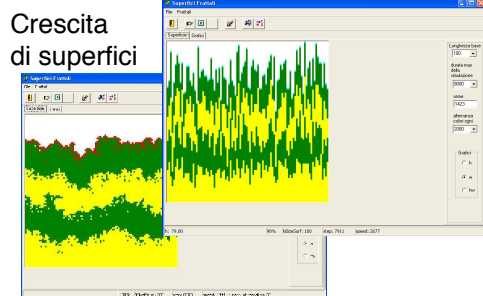
- CRESCITA FRATTALE DI
SUPERFICI

- FARE SCIENZA CON I NUMERI
CASUALI

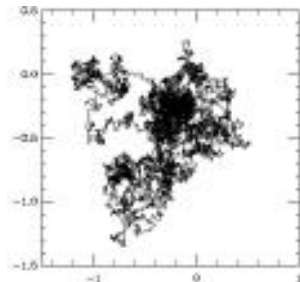
- FISICA MODERNA E PROBABILITA'



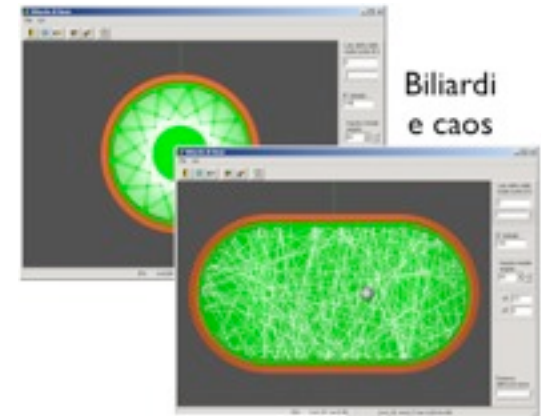
Prede e predatori



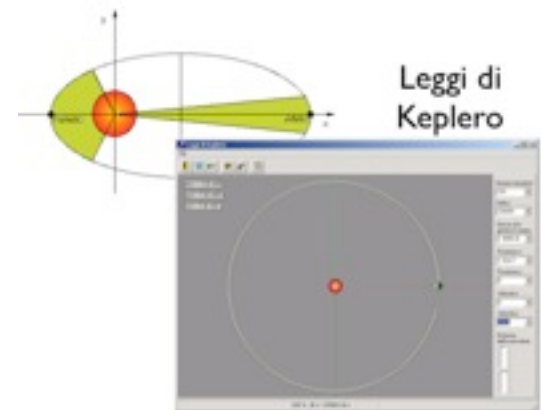
Crescita
di superfici



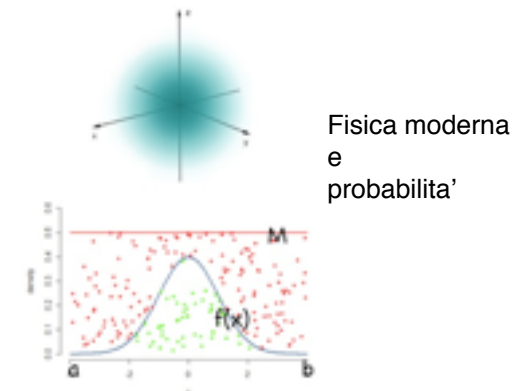
Moto
Browniano



Biliardi
e caos



Leggi di
Keplero



Fisica moderna
e
probabilità'

Esperienze già svolte in ambito didattico

Altra attività svolta:

(*) mini-corsi di programmazione

Scelta iniziale: Pascal + librerie grafiche (Delphi) per collegamento con corsi P.N.I.

Difficoltà incontrate: Delphi = software da *gratuito* a versione *educational* (modico costo) a versione *professional* (costo elevato ma soprattutto “pesante”)

Scelta attuale: Java (varie considerazioni possibili...)

(***) laboratori organizzati da alcuni Istituti

- Liceo Le Filandiere di S. Vito al Tagliamento: DIFFRAZIONE (nuovo!)
- Liceo Petrarca di Trieste: approfondimento sulla gravitazione universale
- Liceo Duca degli Abruzzi di Gorizia: approfondimento , idem
- Liceo Dante di Trieste: minicorsi di programmazione tenuti da docenti interni (tra seminari divulgativi e gli stages tematici)

Partecipazione:

- coinvolgimento in passato di vari Istituti (non solo Licei) dalla Regione (recentemente anche da Treviso!)
- ora però si notano maggiori difficoltà a frequentare stage ‘centralizzati’ (molte proposte?)

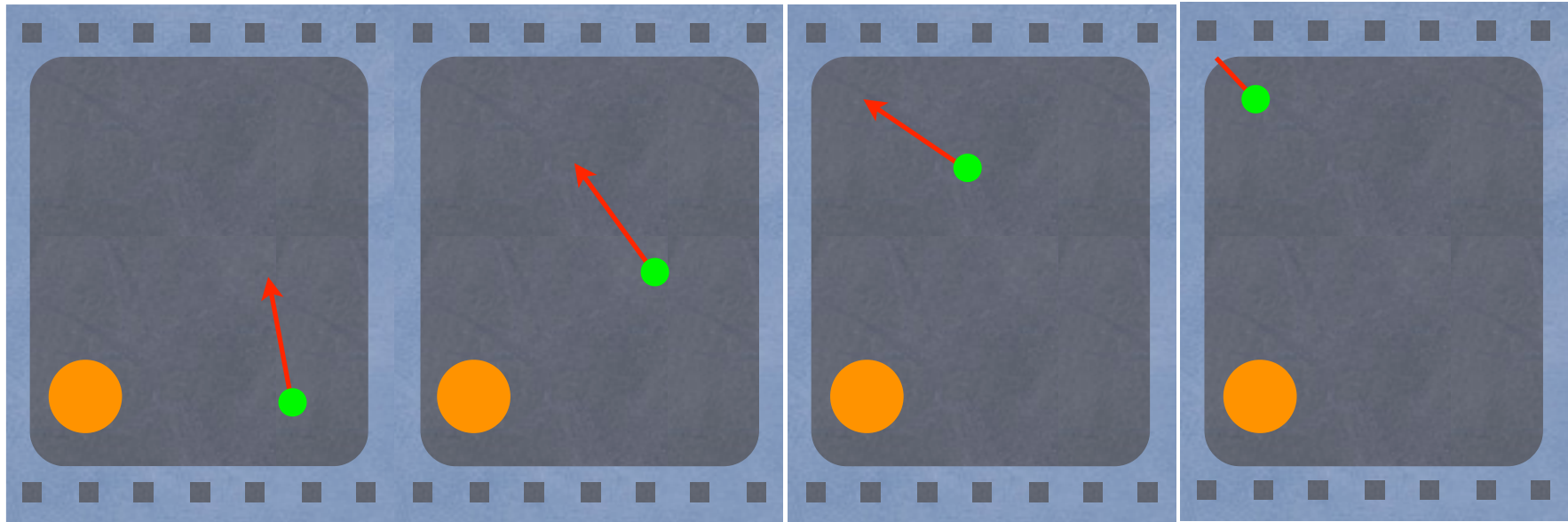
...ma come si fa a fare delle simulazioni ???

- approccio deterministico
(dinamica molecolare)
- approccio stocastico/probabilistico
(metodi Monte Carlo)

L'approccio deterministico: dinamica molecolare

Si conoscono le equazioni del moto per i corpi
del sistema in esame:
si risolvono non “carta e penna” (quasi sempre
impossibile!) ma numericamente:
discretizzazione

Esempio: moto di due corpi in interazione



$\vec{x}(0)$ $\vec{v}(0)$

$\vec{x}(1)$ $\vec{v}(1)$

$\vec{x}(2)$ $\vec{v}(2)$

... ..

- 1) “spezzettiamo” il moto in piccoli intervallini di tempo
- 2) insegniamo al computer a risolvere l'equazione (*) nel singolo intervallino di tempo
- 3) il computer lo può ripetere tantissime volte ...

**costruiamo così
l'evoluzione del sistema!**

$$(*) \quad \vec{F}(\vec{x}(t)) = m \frac{d^2 \vec{x}(t)}{dt^2}$$

$$\vec{x}(t + \Delta t) = \vec{x}(t) + \vec{v}(t)\Delta t + \frac{1}{2} \frac{\vec{F}(\vec{x}(t))}{m} \Delta t^2$$
$$\vec{v}(t + \Delta t) = \vec{v}(t) + \frac{\vec{F}(\vec{x}(t))}{m} \Delta t$$

$$\vec{x}(t) \leftarrow \vec{x}(t + \Delta t)$$

$$\vec{v}(t) \leftarrow \vec{v}(t + \Delta t)$$

L' approccio stocastico probabilistico: metodo Monte Carlo

Utile per trattare:

- 1) processi fisici che sono intrinsecamente probabilistici
(es.: processi di decadimento, di diffusione, ...)
- 2) grandi sistemi che hanno così tante variabili, o “gradi di libertà”, che un trattamento esatto del loro moto è impossibile e inoltre inutile
(es.: proprietà termodinamiche di gas...)

L' approccio stocastico probabilistico: metodo Monte Carlo

9
5 0

qualunque procedura che fa uso di **variabili casuali**,
ossia variabili i cui valori sono aleatori ma con una
ben definita distribuzione statistica



Un'applicazione del metodo Monte Carlo: un modo diverso per calcolare le aree

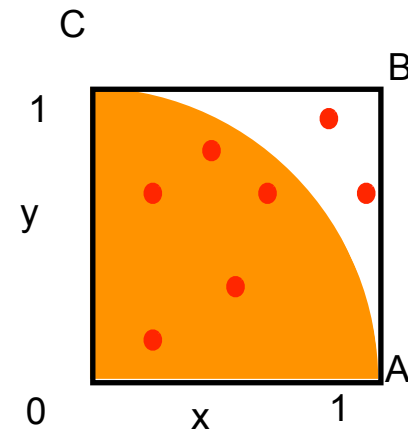
“colpito o mancato”: quant'è π ?

Algoritmo:

- Generare in modo uniforme x and y casuali tra 0 e 1
- Calcolare la distanza d dall'origine

$$d = \sqrt{x^2 + y^2}$$

- Se $d \leq 1$, $\tau_{hit} = \tau_{hit} + 1$
- Ripetere per τ_{tot} volte



$$\begin{aligned} \frac{\pi}{4} &= \frac{\text{Area sotto la curva } CA}{\text{Area del quadrato } OABC} \\ &\approx \frac{\tau_{hit}}{\tau_{tot}} \end{aligned}$$

Quali tecnologie informatiche per un laboratorio numerico?

poco importa:

- ambienti di lavoro numerico e grafico qualunque che ci consentano:
 - * di implementare l'algoritmo e il suo funzionamento iterativo,
 - * di controllarne con facilità il funzionamento
 - * e di visualizzare i risultati
- strumenti “poveri”
(foglio excel + strumenti di grafica open source quali ad es. gnuplot)
- piu' elaborati o piu' sofisticati
(linguaggi di programmazione a scelta: Pascal, Java...;
pacchetti di software vari, incluso TI-nspire)
- con o senza grafica integrata (con: Pascal-Delphi; Java; TI-nspire /
senza: scrittura dati su file e poi post-processing)

Software necessario per poter ripetere gli esperimenti autonomamente:

- Java SDK: <http://www.java.com/en/download/manual.jsp>
- BlueJ: <http://www.bluej.org/download/download.html>
- sito Web (in continuo aggiornamento) per i programmi e le nostre presentazioni:
<http://www.democritos.it/edu/>
- link relativo [Fisica->laboratori->Fare scienza con il computer] sul sito del Progetto Lauree Scientifiche):
<http://www.laureescientifiche.units.it/>