

# **Análisis y procesamiento de imágenes radiológicas en el ámbito médico**

## **Introducción al método Monte Carlo**

**P. Pérez**

FAMAF (UNC) & IFEG (CONICET)

## un poco de historia...

- la física históricamente ha sido conocida como *filosofía natural* y su estudio ha sido a través de investigación puramente teórica
  - progreso "verdadero" limitado por la falta de conocimiento real
  - casi imposible determinar cuando una teoría aplicaba realmente a la naturaleza
- la investigación aplicada se convirtió en la forma aceptada de investigación
  - limitada a la capacidad de los físicos para preparar una muestra para un estudio
- con el advenimiento de la computadora, se pudieron llevar a cabo simulaciones de situaciones reales modeladas
  - la capacidad de cálculo actual permitió el mejoramiento de los modelos de las condiciones naturales de forma realista

## simulaciones

- gracias a las computadoras, las simulaciones en física se convirtieron en una nueva forma de investigación
  - en muchos casos las simulaciones proveen las bases teóricas para el entendimiento de los resultados experimentales
  - en otros casos, las simulaciones proveen datos "*experimentales*" que permiten contrastar y mejorar la teoría

## **simulaciones en radiación ionizante**

- la ec. de transporte de Boltzmann es una ecuación integro-diferencial sin solución analítica para casos generales
- se puede estimar una solución numérica
- resolver la ec. de forma computacional permite explorar experimentos en una computadora personal que no serían posibles de realizar en situaciones de laboratorio

# Monte Carlo

- técnica que utiliza números aleatorios (*random*) para resolver problemas
- el primer trabajo a gran escala data de mediados de s. XX
  - estudios de multiplicación, *scattering*, propagación y absorción de neutrones en un medio, o saliendo de él
  - Ulam, von Neumann y Fermi <- **los primeros!**
  - se resolvieron por primera vez problemas prácticos de transporte
  - para la bomba!
- el término proviene de la afición de los físicos al juego por plata
- antes ya lo habían usado a mediados de s. XIX para calcular  $\pi$ 
  - fue Buffon!

## En la física?

- las bolas de Galton
  - fines de s. XIX
  - bolas cayendo sobre un arreglo de puntos
  - los puntos dispersando las bolas aleatoreamente
  - bolas colectadas en compartimentos verticales abajo
  - la altura de las bolas en los compartimentos aproximan la **distribución binomial**
  - constituye una demostración del *Teorema Central del Límite*
- Pearson usó números aleatorios en los 20's para resolver problemas complejos de probabilidad y estadística
  - primeras tablas de números aleatorios!

## Un poco más...

- Kelvin propone descripción de técnicas Monte Carlo modernas (hace 100 años!) para discutir las ecuaciones de Boltzmann
  - pero Kelvin estaba más preocupado por los resultados que por la técnica!
- la técnica deriva de un juego popular en Mónaco (o del casino dicen algunos)
  - los niños tiraban piedritas, en la playa, sobre un cuadrado que tenía un círculo dibujado adentro, de forma aleatoria
  - de la fracción de piedritas que caen en el círculo se puede inferir  $\pi$
  - otros afirman que el nombre proviene de la afición de unos físicos por calcular probabilidades de triunfo en el casino de Monte Carlo

# Qué es una simulación Monte Carlo?

- en una simulación Monte Carlo (MC, de ahora en más) se sigue la evolución de un parámetro físico
- en radiaciones, se sigue la partícula (fotón,  $e^-$ ,  $e^+$ , n,  $\nu$ , etc) en sus interacciones
  - cuál es la probabilidad de que recorra determinada distancia?
  - cuál es la probabilidad de que interactúe con electrones del medio?
  - cuál es la probabilidad de que el evento de interacción sea de tipo  $k$ ?
  - cuál es la probabilidad de que dado el evento  $k$ , la partícula salga con energía  $E_f \neq E_i$ ?
  - cuál es la probabilidad de que salga en un ángulo  $(\theta, \phi)$ ?
  - *loop* hasta que me canse



Ahora que sabemos de qué se trata...

A almorzar!