



V15 – Computergestützte Modellierung physikalischer Prozesse Monte-Carlo-Streuung

Ort: Labor C60.205 (Professur Simulation naturwissenschaftlicher Prozesse)

Betreuer: Dr. Janett Prehl

Nicht alle physikalischen Experimente lassen sich in der echten Natur ausführen. Oft ist es zu aufwendig und zu teuer, wenn nicht sogar unmöglich, die dazu notwendigen Apparaturen und Beobachtungsgeräte zu bauen. In solchen Fällen hilft die Nachahmung der Natur (Simulation) auf dem Computer, die Probleme zu lösen.

In diesem Versuch soll ein Experiment modelliert werden, bei dem auf eine Festkörperplatte auftreffende Teilchen (z.B. Neutronen) reflektiert, absorbiert oder transmittiert/gestreut werden. Im Computereperiment werden die Bahnen jedes einzelnen Teilchens verfolgt. Dabei treten zufällig Absorptionen oder Richtungsänderungen auf, wodurch im statistischen Mittel ein bestimmter Anteil von Teilchen reflektiert, absorbiert oder transmittiert/gestreut wird.

Die mathematische Modellierung eines komplexen physikalischen Experiments soll geübt werden. Anhand eines gegebenen Struktogramms soll zunächst hergeleitet werden, wie der Festkörper modelliert wurde und welche Parameter die Bewegung der auftreffenden Teilchen beeinflussen. Anschließend soll ein zugehöriges Programm entwickelt werden, das den Anteil der reflektierten, absorbierten und transmittierten/gestreuten Teilchen sowie die Verteilung des Austrittswinkels für verschiedene Absorptions- und Streuwahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit der Festkörperdicke bestimmt. Ein Schwerpunkt liegt auf dem Verständnis der Numerik bzw. des Algorithmus. Insbesondere ist zu klären, welche Grenzwerte, Variationsbereiche und Schrittweiten für die entsprechenden Parameter sinnvoll sind.

Alle Schritte sind unter dem Gesichtspunkt guter wissenschaftlicher Arbeit zu dokumentieren.

Streuung, Absorption, Reflexion, Transmission, Rutherford-Experiment, Wirkungsquerschnitt, Stochastische Modellierung, Monte-Carlo-Simulation, Zufallszahlen



Modelverständnis:

- ▶ Welche Art von Streuung soll hier (siehe Abb. 1) simuliert werden: die Streuung an geladenen Teilchen mit Wechselwirkungspotential oder die Neutronenstreuung mittels elastischem Stoß harter Kugeln? Begründen Sie ihre Argumentation unter Verwendung der Wirkungsquerschnitte bzw. der zu erwartenden Winkelverteilung.
- ▶ Welchen Einfluss haben die verschiedenen vorkommenden Parameter auf das Simulationsergebnis haben.

Programmentwicklung:

1. Entwickeln Sie anhand des Programmablaufplan ein Programm in einer Programmiersprache ihrer Wahl (python, c, c++, Mathematica, ...), mit dem die Flugbahn der auftreffenden Teilchen durch eine Platte zu simulieren.
2. Überlegen Sie sich, welche Bedingungen der Zufallszahlengenerator zu erfüllen hat und wählen sie einen entsprechenden für diese Simulation.
3. Beachten Sie, dass die Zeit im Rahmen dieser Simulation diskretisiert wird, d.h. $\Delta t = 1$ und das angenommen wird, dass sich die Geschwindigkeit der Teilchen nicht verändert.
4. Erweitern Sie ihr Programm so, dass Sie die Flugbahnen von N Teilchen (≥ 10000) für eine bestimmte Parameterkombination verfolgen können und die zugehörige Verteilung der Austrittswinkel der Teilchen bestimmt und ausgegeben werden kann.

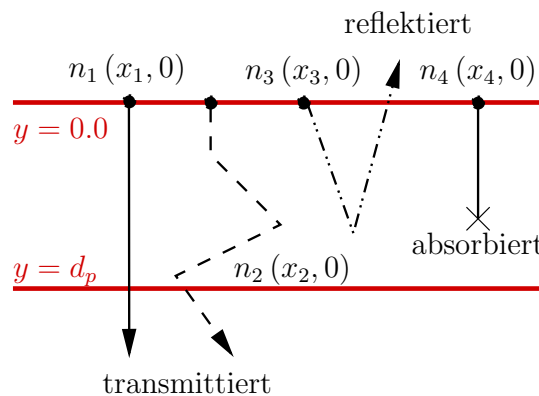
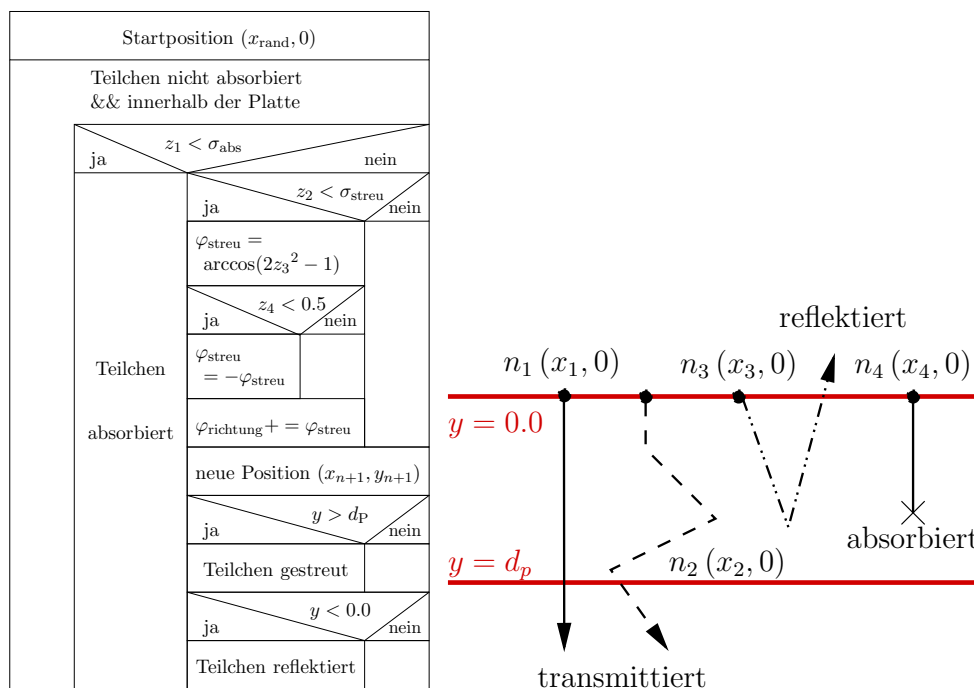


Abbildung 1) Programmablaufplan zur Modellierung eines Streuprozesses in einem Festkörper, wobei (x_i, y) die Koordinaten des Teilchens in der Platte, z_i gleichverteilte Zufallszahlen, σ_{abs} die Absorptionswahrscheinlichkeit, σ_{streu} die Streuwahrscheinlichkeit, φ_{streu} der Ablenkwinkel pro Streuvorgang, $\varphi_{\text{richtung}}$ der finale Streuwinkel und d_p die Plattendicke darstellen.



Auswertung:

Wichtig, erläutern und erklären Sie alle Ihre Ergebnisse.

1. Untersuchen Sie mit Hilfe dieses Programms folgende Effekte:

- 1.1 Auswirkung der Plattendicke,
- 1.2 Auswirkung der Steuwahrscheinlichkeit und
- 1.3 Auswirkung der Absorptionswahrscheinlichkeit

auf die Anzahl der reflektierten, absorbierten und transmittieren/gestreuten Teilchen. Sinnvolle Startwerte sind: $d = 500$, $\sigma_{\text{abs}} = 0.001$, $\sigma_{\text{streu}} = 0.01$. Stellen Sie die Ergebnisse sinnvoll graphisch dar.

2. Stellen Sie die Verteilung des Austrittswinkels für min. drei ausgewählte (interessante) Kombinationen der Plattendicke, Streu- und Absorptionswahrscheinlichkeit graphisch dar und begründen Sie, warum Sie die Parameterkombinationen gewählt haben.
3. Diskutieren Sie die Ergebnisse des hier verwendeten Modells im Vergleich zu Ihnen bekannten analytischen Gesetzmäßigkeiten. Gibt es Unterschiede? Wenn, ja warum gibt es diese Unterschiede und wie könnte man sie beheben?

[1] W. Kinzel, G. Reents: „Physik per Computer“, Spektrum Akad. Verl. (1996)