Goudsmit-Saunderson 多重散乱分布の数値計算

桶井一秀[†]、中塚隆郎[‡]

[†] 川崎医科大学
[‡] 岡山商科大学

荷電粒子が物質中を通過するとき、クーロン散乱によってその進行方向が曲げられ、角度や横方向のずれの主な原因となる。多くのモンテカルロ アプリケーションでは、すべてのクーロン散乱をそのままシミュレートすると、膨大な計算時間がかかるので、通常は多重散乱理論による近似的な取り扱いがなされる。

Goudsmit と Saunderson (GS) による多重散乱理論 [1, 2, 3] は、Molière 理論 [4, 5, 6] が使えないような場合、すなわち、小角近似が成り立たない状況に対しても適用できるという利点がある。しかし、GS 多重散乱分布は無限級数の形、

$$f(\theta) = \sum_{l=0}^{\infty} \frac{2l+1}{4\pi} \exp\left[-\frac{t}{\lambda}\left\{1 - \int \sin\theta f_1(\theta) P_l(\cos\theta) \mathrm{d}\theta\right\}\right] P_l(\cos\theta) \tag{1}$$

で表され、この級数の各項がルジャンドル多項式 P_l およびその積分を含むため、入射粒子のエネルギーや物質の厚さによっては、収束するまでに多くの計算時間が必要となるという問題を持っている。(ここで f_1 は単一散乱断面積である。)

そこで、数値積分と数列の和、それぞれについて計算時間を短縮する手法を検討した。数値積分と解析解との比較のため、f_1 には screened Rutherford 断面積を使った。いくつかの数値積分法や級数収束の加速法を試した結果、例えば、Yennie らの変換 [7] を適用することにより、多くの場合、$f(\theta)$ の収束が加速されることがわかった。

参考文献

[1] S. Goudsmit and J. L. Saunderson, *Phys. Rev.* **57**, 24 (1940)
[2] S. Goudsmit and J. L. Saunderson, *Phys. Rev.* **58**, 36 (1940)
[3] H. W. Lewis, *Phys. Rev.* **78**, 526 (1950)
[4] G. Molière, *Z. Naturforsch.* **2a**, 133 (1947)
[5] G. Molière, *Z. Naturforsch.* **3a**, 78 (1948)
[6] H.A. Bethe, *Phys. Rev.* **89**, 1256 (1953)
[7] D. R. Yennie, D. G. Ravenhall and R. N. Wilson, *Phys. Rev.* **95**, 500 (1954)