

3 ラザフォード散乱 100周年記念 中性原子によるイオンの散乱

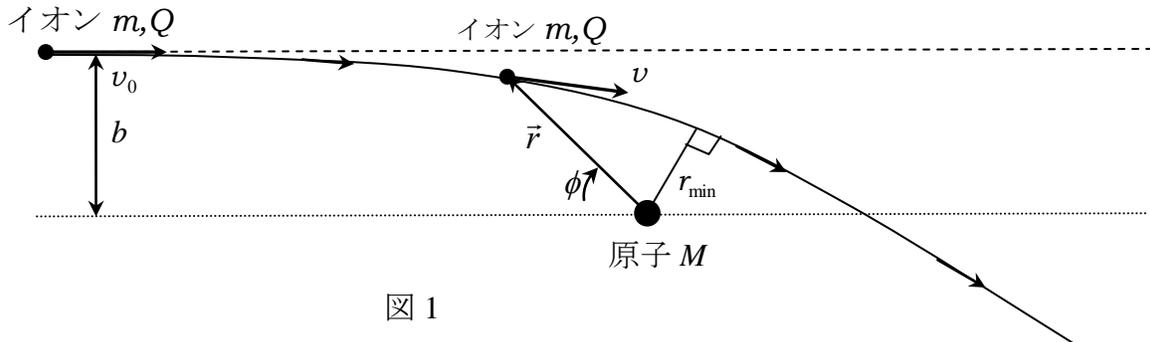
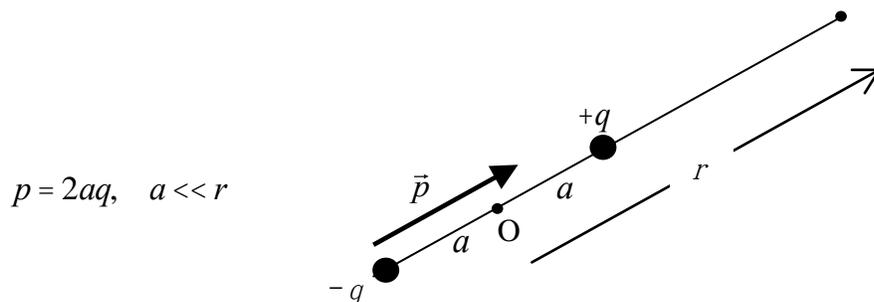


図1

質量 m 、電荷 Q のイオンが非相対論的な初速度 v_0 で十分に離れた位置から、質量 M ($\gg m$)、分極率 a の中性原子に向かって運動する。また、図1のように、衝突パラメータを b とする。

原子は、接近するイオンによって作られる電場 \vec{E} によって瞬時に分極する。その結果、原子の電気双極子モーメントは、 $\vec{p} = a\vec{E}$ と与えられる。この問題では、放射による損失は無視せよ

3.1 図2において、原点 O にある電気双極子 \vec{p} から \vec{p} 方向に距離 r 離れた点での電場の強さ \vec{E}_p を計算せよ。 [1.2点]



$$p = 2aq, \quad a \ll r$$

図2



3.2 偏極した原子がイオンに作用する力 \vec{f} を求めよ。この力がイオンの電荷の符号にかかわらず、力が引力であることを示せ。

[3.0 点]

3.3 イオン-原子の相互作用の電氣的なポテンシャルエネルギーを α, Q, r を用いて表せ。

[0.9 点]

3.4 図1に示したように、イオンが原子にもっとも近くなる距離を r_{\min} とする。この距離 r_{\min} を求めよ。

[2.4 点]

3.5 もし、衝突パラメーター b がしきい値 b_0 (異なる結果となる境界の値を一般にしきい値という) に比べて十分に小さい場合、イオンは原子に向かってらせん状に引きつけられていく。この場合、イオンは中性になり、反対に原子は電荷を持つようになる。このような過程は“電荷交換”として知られている。このイオンと、原子の電荷交換の衝突による“電荷交換”の断面積 $A = pb_0^2$ は具体的にどのように表されるか。

[2.5 点]