

電磁波中の相対論的な e-p プラズマにおける 摩擦力による加速

東大新領域 沼澤 修平, 吉田善章,
Inst. of Phys., V. I. Berezhiani

近年のレーザー強度の増加に伴い、実験室プラズマにおいて、高強度・高周波な電磁波とプラズマとの非線形相互作用が重要と考えられている。宇宙プラズマにおいても、電磁波がソリトン状の構造を形成しながら伝搬することが、GRBの源であるとの提案もある [1]。

電磁波とプラズマの非線形相互作用の一つに Ponderomotive 力による加速がある。この Ponderomotive 力はポテンシャル力である為、パルス的な電磁波に対してはネットなエネルギーの増加は得られない。それに対し、散逸力を考慮することにより、伝搬方向への加速が得られることが知られている。散逸力による加速機構は、質量差のない e-p プラズマにおいて特に効果的となると考えられる。

そこで本研究では、摩擦力を含んだ相対論的な e-p プラズマと高強度・高周波な電磁波の相互作用を解析した。相対論的な流体方程式 [2] を用いることにより、パルクとしての運動量増加を解析する。波の伝搬方向を z として、物理量が $A(z-t)$ という解の形で書き表せるとすると、

$$\frac{d}{d\tau}(G\mathbf{p}_\perp) = \mathbf{E}_\perp - 2\nu\frac{G^2}{G_0^2}\mathbf{p}_\perp, \quad \frac{dF}{d\tau} = 2z\nu\frac{G^2}{G_0^2}F, \quad (1)$$

$$F(T) = \frac{K_2 \exp(zG)}{zG}, \quad v_z = \frac{G^2(1+p_\perp^2) - G_0^2}{G^2(1+p_\perp^2) + G_0} \quad (2)$$

という形に書き直すことが出来る。ここで、 $z = 1/T$, $G = K_3(z)/K_2(z)$ であり、物理量の添字 0 は初期値であることを意味する。この方程式より、加速が起こっていることは容易に理解することが出来て、今の場合は摩擦力による伝搬方向の加速と温度の上昇が起こることが得られる。これは同じく散逸力である放射反作用力を考慮した時にはプラズマの加速とクーリングが起こるのとは事情が異なる。この違いは、同じ散逸力ではあるものの、放射反作用力がプラズマと電磁場との間の散逸、エネルギー交換を意味するのに対し、摩擦力は電子と陽電子の間での散逸であるという点に由来すると考えられる。また、摩擦力による加速のメカニズムとしては、非相対論的な粒子として扱った場合と変わることはなく [3]、ローレンツ力の位相が摩擦によってずれることによって伝搬方向に正味の力が残るということである。

参考文献

- [1] V. I. Berezhiani, S. M. Mahajan, Z. Yoshida, and M. Ohhashi, Phys. Rev. E, **65**, 047402 (2002)
- [2] V. T. Gurovich and L. S. Solov'ev, Sov. Phys. JETP, **64**, 677 (1986)
- [3] G. Schmidt, Phys. Lett., **74A**, 222 (1979)