

## 자성 유체 역학에 의한 광자기-굴절을 통합시도

김 명준

수원 443-749, 아주대 일반 대학원 분자과, [mjkim@ajou.ac.kr](mailto:mjkim@ajou.ac.kr)

**요약** Electricity unified field is described based on magnetic theory. Maxwell Einstein Lorentz Equation & pair particle photon model was introduced for Photonics. Refractive index is calculated as deceleration and deflection of photon due to photo-induced surface magnetism. MEL equation was proved with magneto-jet assumption.

중력[1] 뿐 아니라 전기력조차도 본질적인 힘이 아닐 수 있다는 자전기 가정의 도입이 광학 및 자기 이론의 보완에 필수적인 것으로 판단되며, 자기장과 전기장의 관계를 합력 방법으로 다음과 같이 쓰는 것이 바람직 해 보입니다.

$$\mathbf{E}_i = \sum_j \mathbf{v}_{ij} \times \mathbf{B}_{ij}(\mathbf{r}_{ij}) \tag{1}$$

그런데 위식은 로렌츠 식과 거의 차이가 없지만 맥스웰 파동 방정식과도 닮아 있으며, 아인슈타인의 입자 이론을 더욱 전개할 수 있는 것으로, 위식을 맥스웰-아인슈타인 로렌츠 방정식으로 명명하는 것이 바람직해 보이며, 본 보고에서는 줄여서 MEL 방정식으로 부르기로 합니다. 한 입자에 일정 외부 자장이 인가될 경우 MEL 방정식은 다음과 같이  $\mathbf{E}_i = \mathbf{v}_i \times \mathbf{B}_0$  이 되고 한 입자는 일정한 외부 자장 내에서 원운동이나 나선(helix) 운동을 합니다. 무거운 스핀 다운 양성자와 가벼운 스핀 업 전자가 있는 두 입자 계에서 전자에 걸리는 전기장은  $\mathbf{E}_e = \mathbf{v}_e \times \mathbf{B}(\mathbf{r})$  이고,  $\nabla \times \mathbf{H}(\mathbf{r}) = 0$ 입니다. 그러므로  $\mathbf{H} = -\nabla\phi$ 라 할 때,  $\phi$ 을  $\mu_1 \mathbf{r}/r^2$ 로 둡니다. 그러면  $\mathbf{H}(\mathbf{r})$ 은  $-\mu_1/r^2 + 2(\mu_1 \mathbf{r})/r^4$ 으로 주어지고 따라서 두 입자의 상호 작용 포텐셜 에너지 U(r)는

$$U(\mathbf{r}) = +\mu_1 \mu_2 / r^2 - 2(\mu_1 \mathbf{r})(\mu_2 \mathbf{r}) / r^4 \tag{2}$$

전자와 양성자의 스핀이  $\mathbf{r}$ 에 수직이고 서로 반대 방향이면 두 번째 항은 무시할 수 있습니다. 각운동량 보존 법칙을 사용하면,

$$\mu_1 = eJ/2m_1 - er_1^2 \omega / 2 \tag{3}$$

만약 총 각운동량이 0이면,  $\mu_1 = -er_1^2 \omega_1$  이고

$$\mu_2 = -\mu_1 + er_2^2 \omega / 2 = e\omega r_1^2 (1 + (m_1/m_2)^2) / 2 \tag{4}$$

이 되고 여기서,  $r_2$ 은 공통 질량중심에서  $m_2$  질량 중심까지의 거리로  $r_2 = (m_1/m_2)r_1$ 입니다. 따라서 총각운동량이 0인 경우 아래 식을 만족합니다.

$$\mathbf{F}(\mathbf{r}) = -\omega^2 / 2 e^2 \mathbf{r} \tag{5}$$

그런데,  $\omega$ 가 거리의 함수로 일반화된 케플러 제3법칙의 공식을 사용하면, 전기력은 아래 식으로 주어지게 됩니다.

$$\mathbf{F}(\mathbf{r}) = -k/2 e^2 \mathbf{r} / r^3 \tag{6}$$

따라서  $k=1/2\epsilon_0\pi$ 의 케플러 상수와 자유 공간 유전율의 관계를 구할 수 있습니다. 유도된 수식의 진위를 파악하는 수단 중의 전통적인 방법으로는 수식의 차원을 분석하는 것입니다. 새로이 유도된 수식의 차원을 분석한 결과, 역자승 전기력의 차원이 케플러 상수가 곱해 졌을 때 차원이 잘 맞아 들어 갑니다. 즉  $U(\mathbf{r}) = +\mu_1 \mu_2 / r^2 - 2(\mu_1 \mathbf{r})(\mu_2 \mathbf{r}) / r^4$ 는 Coulomb<sup>2</sup> (m/s)<sup>2</sup>의 차원이 됩니다.  $\mathbf{F}(\mathbf{r}) = -k/2 e^2 \mathbf{r} / r^3$ 의 차원은 Coulomb<sup>2</sup>m/s<sup>2</sup>으로 kg과 쿨롱(Coulomb)의 차원이 아래 식으로 주어집니다.

$$[\text{Coulomb}^2] = [\text{kg}] \tag{7}$$

비전하의 단위가 [kg<sup>-1/2</sup>]인 점을 주의합니다.

도선에 자기장이 생기는 원리와 문질러서 정전기 발생되는 원리가 같은 것이라 가정해 보면, 정전기는 표면 전자가 문질러져서 각속도(스핀)를 얻게 되어 생기는 자기력선이 됩니다. 그것이 이완되면서 자기장이 후퇴하고 그를 따라 종이조각이 따라 움직일 수 있습니다. 도선에 전류가 흐르게 되면, 이번에는 안쪽에서 문지르는 효과 납니다. 그것이 전류에 의한 표면 전자의 스핀 취득의 효과가 됩니다. 그것이 도선 주위의 자기장의 근원이 됩니다. 따라서 코일의 자기장 문제도 같은 식으로 생각하면 됩니다. 컨테이너의 전기장을 기술할 필요가 있습니다. MEL 방정식에 따라서 E가  $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ 의 합력이 됩니다. 양극의 표면의 전자 궤도 운동은 표면 내에서 움직이는 순간에 그에 수직한 스핀의 표면 수평 성분만이 힘에 기여할 것 입니다.

다이오드 문제에 있어서 정선 터널링에 관해 자전기 가정이 주장하는 바는 엑시톤의 재해석과 관련이 있습니다. 근래에는 포지트로늄의 실험이 진행되고 있는 것으로 알려져 있습니다. 트랜지스터도 복합다이오드이고 보면 기본적인 전자소자에 관한 자전기 가정의 입장이 정립되었다고 할 수 있습니다.

실제로, 자전기 이론을 광자학에 적용하기 위해서, 각운동 자기 개념과 MEL 방정식을 양전자-전자 쌍 소멸 및 감마선 생성에 적용하여 생각해 본다면, 쌍 입자 광자 모델이 가시권 내에 들어옵니다. 스핀의 진동수가 매우 크다는 점에 착안하여 동중의 두 반대 스핀 입자가 자기력에 의해 인력을 받게 되고 비탄성 충돌을 하게 된 경우, 스핀 각운동량 에너지가 병진에너지로 변환된다고 하면,

$$mv^2/2 = I\omega^2/2 \tag{8}$$

여기서, 결국 전자의 속도를 c로 두면, 자기 쌍극자 능률  $\mu_e = eS/2m_e = 9.285 \cdot 10^{-24}$ 에서 전자의 반경을 계산하게 됩니다. 매우 작아 0으로 거론되고 있는 것으로 알려져 있습니다만 r이 mA단위로 환산됩니다. 실제로 선운동량 보존법칙을 만족시키기 위해서는 제트의 개념이 도입되어야 할 것입니다.

그림1의 쌍 입자 모델에서의 광자 전파 방식으로는 스핀이 병진 운동으로 전환되다가 어느 시점에서는 진동하는 잔류 스핀이 남습니다. 쌍 입자가 한주기 내에 두 번씩 앞뒤로 부딪히는데, 회전 각속도가 증가하면서 멀어지다가 자기장의 증가로 인력을 받아서 다시 부딪치는 과정을 반복하고 있는 것

로 봅니다. 그런데 진동하는 잔류 스핀에는 오프셋이 존재할 것으로 기대됩니다.

태양 빛이 지구와 같은 혹성에 비스듬하게 입사하여 혹성 표면에서 빛이 반사될 때, 표면의 전자들이 스핀을 취득하는 정전기 현상을 **광 스핀 효과**라 합니다. 이 효과는 두 번째의 광전 효과라 할 수 있겠습니다. 특히, 일반적인 경계면의 굴절 현상이 이 효과 때문에 생성된 표면 자기장 때문에 빛이 휘는 현상으로 빛의 굴절 동력학을 해석하기 위해서는 MEL 방정식으로 계산하는 것이 바람직합니다.

즉, 그림2에서와 같이 광 계면 굴절의 근본 메카니즘이 표면(계면) 특수 강자성에 의한 자기장과 광자가 상호작용하는 것으로 해석될 수 있습니다. 표면의 궤도 각운동 자기장이 표면 수직으로 존재하지만 실제로 굴절에 관련된 자성은 빛에 의해 표면의 전자가 스핀을 얻고 발생된 자기장입니다. 입사하는 광자는 MEL 방정식에 따라 감속됩니다. 표면의 자화를 델타함수를 사용하여  $M\delta(z)$ 라 할 때 자기장(자속밀도) 힘  $F$ 는 아래와 같이 주어집니다.

$$E = v \mu_0 M\delta(z) \tag{9}$$

힘이 해준 일은 매질의 속도저하로 나타난다고 하면,

$$M = mc(n^2 - 1)/(2q\mu_0 n^2)$$

광자의 질량과 비전하의 결정이 필요한 대목입니다. 그것은 진동 잔류 스핀의 오프셋과 관련 있으며 자기 통일장 이론적으로는 전하는 스핀에 비례할 것입니다. 계면에서 수직입사 어노말리가 예상됩니다.

식1)의 MEL(맥스웰 아인슈타인 로렌츠) 방정식을 유도합니다. 회전체에서 각운동량에 비례하는 자기 제트 류가 나선형으로 흘러나온다는 자기 스핀 제트류(Magneto Spin Jet Stream) 가정을 도입합니다. 큰 회전체( $m_2$ )의 질량 변화율은 각운동량에 비례하고, 작은 회전체( $m_1$ )에 도달하는 량  $dm_2$ 는 삼차원적으로 구의 표면적에 반비례하고, 제트가 유도 방출(Stimulated Emission)에 의해 증폭될 때  $dm_1$ 은  $dm_2$ 에 비례하므로 아래와 같이 씁니다.

$$dm_1/dt = -A \mathbf{z} \cdot \mathbf{L}_2/4\pi r^2 \tag{10}$$

여기에서  $A$ 는 비례 상수입니다. 물리적으로 볼 때, 태양풍이 불어와서 지구 자기 제트를 끌어서 지구 자기 꼬리를 만듭니다.  $m_1$ 의 운동량이 보존되므로,

$$d\mathbf{P}_1/dt = dm_1/dt \mathbf{v}_{dm_1} + m_1 d\mathbf{v}_1/dt \tag{11}$$

그러므로 위의 식에서 미분 질량  $dm_1$ 이 특수한 방향으로 이동하므로 주의하여, 3차원 자전풍 자기제트에 대해 각각 힘의 방정식을 만들면 아래와 같은 식을 얻을 수 있습니다.

$$m_1 d\mathbf{v}_1/dt = \mathbf{B} \mathbf{v}_1 \times \mathbf{L}_2/4\pi r^2 \tag{12}$$

위식을 1)식과 비교하면  $\mathbf{B} = BL_2/4\pi r^2$ (또는  $BL_2/2\pi r$ )가 됩니다. 이것은 아래 식의 첫 항과 호환이 됩니다. 3차원 자기 제트류에 대해,

$$\mathbf{H}(\mathbf{r}) = -\mu_1/r^2 + 2(\mu_1 \cdot \mathbf{r})\mathbf{r}/r^4 \tag{13}$$

그런데  $m_2$ 의 자기제트  $dm_2$ (예를 들면, 태양풍)에 의해 섭동되는 밀도( $m$ ,  $dm_1$ ) 정상 상태의 조건인  $\nabla \times \mathbf{H}(\mathbf{r}) = 0$ 을 만족시키기 위해서 두 번째 항이 추가된다는 것입니다.  $\nabla \times \mathbf{H}(\mathbf{r}) = 0$ 의 조건은 밀도의 시간적인 변화가 없는 조건으로 자기 제트 류가 정상 상태라는 것입니다.

자기 제트류의 가정을 따르면, 태양의 적도 평면 위에 있는 행성들로 태양풍이 적도 평면으로만 나올 때 밀도가 반경에 반비례할 것입니다. 압력의 본질이 결국 입자들 간의 전자기력임을 생각한다면 결국 다시 자기력으로 회귀합니다.

실제로 스핀 제트와 제트의 유도 방출에 의한 자기, 자전기, 전자-제트 중력 등의 통합 철학이 쓰일 수 있는 분야로는 스핀트로닉스와 광자학 뿐만 아니라, 중력 이론, 자전기 화학 결합, 도선, 코일, 커패시터, 다이오드 등의 종래의 전자공학, 초전도, 그리고 기후 및 지진 예측 등에도 쓰일 수 있겠습니다.

지구물리학과 천문학의 스핀제트의 종류로는 태양의 지자기폭풍, 태양 플레어, 태양권 전류편, 코로나 질량방출 등이 있으며 지구의 스핀 제트로는 고리 전류가 있습니다. 지구 제트의 유도 방출로는 자기권의 자기 꼬리가 있습니다. 자기적 특성인 극 제트로 버켈랜드 전류가 있습니다.

**참고 문헌**

- [1] 한국 광학회 동계학술 발표대회, **F2F-I5**, 343-344(2007)
- [2] 김 명준, Ip-067, 제주 BKPS Fall (2007)
- [3] 김 명준, 구두발표 III-2, 제주 KMS'06 Winter Conference, pp.146-148
- [4] 김 명준, T2E6, 통영 Photonics Conference(2005)
- [5] 김 명준, 김 상열, T2E5, 단양 Photonics Conference(2004)
- [6] 김 명준, 김 진홍, 신 성철, C13, 충남대 KMS'92 Spring Conference, pp.146-148

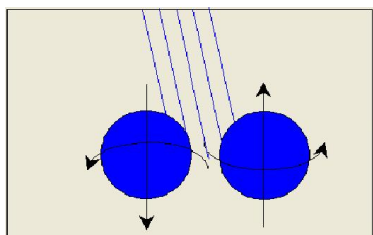


그림1 단순한 쌍입자 광자모델

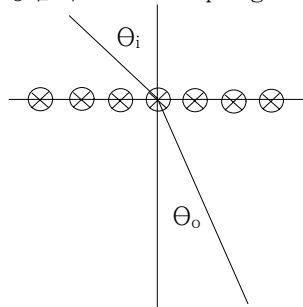


그림 2. 광 스핀 효과

입사광에 의해 유도된 표면 전자 스핀과 그 자기장에 의한 굴절률