

## 고전전자기마당리론에서 제기되는 문제

조호동, 김철성

위대한 수령 김일성 동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《선진과학기술을 받아들이는데서 주체를 철저히 세워야 합니다.》(《김일성전집》 제68권 92페이지)

고전전자기마당리론(맥스웰의 전기력학)은 거시적규모에서의 전자기현상에 대한 유일한 리론으로서 거의나 완성된 리론으로 간주되어왔다. 그러나 최근에 맥스웰의 전기력학에서는 여러가지 모순점들이 제기되고있다.[2]

우리는 고전전자기마당리론에서 제기되고있는 문제들과 그 해결방도를 리론적으로 연구하였다.

고전전자기마당리론에서 제기되는 문제는 첫째로, 정전기마당에에너지가 무한발산하며 따라서 립자와 마당의 전에너지보존법칙이 성립하지 않는다는것이다.

고전전자기마당리론은 립자가 유한한 크기를 가진다고 볼수 없다는 상대성력학의 결과로부터 립자를 질점으로 보고 리론을 전개하였다. 그런데 이와 같이 립자를 질점으로 보는 경우에 고전전자기마당리론에서는 정전기마당의 에너지가 언제나 무한으로 발산하게 되며 따라서 에너지보존법칙이 만족되지 않는다.[1, 4] 에너지보존법칙은 언제나 유한한 량에 대해서만 의미를 가지며 론의할수 있다. 그러므로 무한으로 발산하는 에너지를 가진 유한한 물질계에 대해서는 에너지법칙이 만족되지 않게 된다. 이것은 고전전자기마당리론에서는 에너지의 유한성, 에너지보존법칙이 성립되지 않는다는것을 보여주며 따라서 이 리론이 닫긴 리론으로 되지 못한다는것을 보여준다.

론리학의 관점에서 볼 때 리론이 무모순적인 닫긴리론으로 건설되자면 그 기초를 이루는 출발명제들과 그로부터 흘러나오는 모든 결론들, 명제들, 법칙들이 서로 모순되거나 대립되지 말아야 한다.[3] 그러나 고전전자기마당리론에서 제기되는 립자를 질점으로 보는 기초명제와 에너지보존법칙사이의 모순은 이 리론이 닫기지 못한 리론이라는것을 보여준다. 지난 시기 맥스웰의 전기력학에서는 정전기마당의 에너지발산문제를 해결하기 위하여 립자계의 에너지를 계산하는 식에서 무한으로 발산하는 마당의 에너지와 관련한 항을 물리적의미가 없는것으로 보고 인위적으로 빼버렸다. 또한 정전기마당에서 전기마당의 작용반경이 령으로 수렴할 때 마당의 에너지가 무한으로 발산하는 경우 고전전기력학의 적용한계, 적용범위를 전자반경  $e^2/m_0c^2$ 으로 정하고 이 령역에서는 고전전자기마당리론이 아니라 량자리론이 적용되는것으로 보았다.[1, 4] 그러나 리론의 적용한계문제는 그 리론이 객관적실험을 어느 정도의 정확도로 설명할수 있는가 즉 실제적인 실험과의 관계에서 실험에 해답을 줄수 있는 적용범위, 한계와 관련하여 정의되는것이며 결코 리론이 그 어떤 내적인 론리적모순에 이르게 되는 어떤 한계에 의해 규정되는것은 아니다.[3]

리론이 닫기지 못하고 논리적모순을 포함하는 경우에는 해당한 리론이 일정한 실험적 사실을 원만히 설명하지 못하는것이 리론자체의 내적모순, 불합리에 근거한것인가, 아니면 리론자체의 실제적적용한계문제인가 하는것을 구별할수 없다.[3]

결국 맥스웰의 전기력학은 에네르기유한성, 에네르기보존법칙에 어긋나며 또한 논리적 모순을 포함하는 닫기지 못한 리론이라고 할수 있다. 한편 리론이 적용되는 공간범위를 고전전자기마당리론에서와 같이 한정할수 없는 량자전기력학에서도 정전기마당의 에네르기는 무한으로 발산한다.

고전전자기마당리론에서 제기되는 문제는 둘째로, 맥스웰의 전기력학에서는 정전기마당의 에네르기가 언제나 무한으로 발산하기때문에 립자와 마당의 전에네르기가 유한량  $m_0c^2$  이 된다는 실험적사실을 설명할수 없다는것이다.

아인슈타인은 중력마당론을 전개하면서 중심대칭중력마당에서 립자-중력마당의 전에네르기가 계의 관성질량과 등가이라는것을 론증하였다. 이것은 아인슈타인의 특수상대성리론에서 립자의 질량과 립자의 에네르기사이의 등가성에 관한 문제를 립자-중력마당의 전에네르기와 계의 질량사이의 등가성문제로 리론을 보다 일반화한것으로 된다.

그러나 이러한 등가성문제는 어디까지나 중력마당론의 테두리안에 국한된것이며 아직까지 립자-전자기마당의 전에네르기와 질량사이의 호상관계문제에 대하여서는 완전히 연구되지 못하였다.

고전전자기마당리론에서 제기되는 문제는 셋째로, 맥스웰의 전기력학에서는 전하의 복사에 의한 제동력(혹은 복사반작용)을 론의하는 경우 심각한 난점에 이르게 된다는것이다.

전하가 가속운동하면서 전자기파를 복사하는 경우 복사마당이 전하에 반작용한다는것은 실험을 통하여 확증된 사실이다. 그러나 맥스웰리론에서 이러한 복사반작용문제를 론의하는 경우에는 심각한 모순에 이르게 된다.

선행연구[1]에서는 복사반작용문제를 다음과 같이 취급하였다.

4차원전자기마당포텐샬을 제곱합렬로 전개하면 다음과 같다.

$$\varphi = \frac{e}{R} + \frac{e}{2c} \frac{\partial^2 R}{\partial t^2} = \varphi^{(1)} + \varphi^{(2)} \quad (1)$$

$$\mathbf{A} = \frac{e}{c} \cdot \frac{\mathbf{v}}{R} - \frac{2}{3c^2} e \dot{\mathbf{v}} = \mathbf{A}^{(1)} + \mathbf{A}^{(2)} \quad (2)$$

여기서  $\varphi^{(3)}$  은 게이지변환을 통하여 령이 되도록 하였다.

이로부터 복사에 의한 제동력은 다음과 같이 정의된다.

$$\mathbf{F}^{\text{in}} = e\mathbf{E}^{\text{in}} = -\frac{1}{c} \dot{\mathbf{A}}^{(2)} = \frac{2}{3c^2} \ddot{\mathbf{d}} \quad (3)$$

또한 운동방정식은 다음과 같다.

$$m\dot{\mathbf{v}} = e\mathbf{E}^{\text{ex}} + \frac{e}{c} [\mathbf{v} \cdot \mathbf{H}^{\text{ex}}] + \frac{2}{3c^2} \ddot{\mathbf{d}} \quad (4)$$

여기서  $\mathbf{E}^{\text{ex}}$ ,  $\mathbf{H}^{\text{ex}}$  는 외부마당세기벡토르이며  $\mathbf{F}^{\text{in}} = e\mathbf{E}^{\text{in}}$  은 전하자체마당에 의한 작용힘이다.

그러나 선행연구[1]에서 같은 론의를 하자면 다음의 전제가 필요하다.

첫째로, 립자와 마당의 호상작용라그랑주안에서 4차원마당벡토르  $(\mathbf{A} \cdot \varphi)$  를 외부마당과 립자자체의 마당벡토르의 합으로 보아야 한다.

$$\mathbf{A} = \mathbf{A}^{\text{ex}} + \mathbf{A}^{\text{in}} \quad (5)$$

$$\varphi = \varphi^{\text{ex}} + \varphi^{\text{in}} \quad (6)$$

둘째로, 전하가 만드는 마당에 전하자체에 주는 힘을 구하자면 식 (1), (2)에서 마당에 의한 작용반경  $R$ 를 0으로 수렴시켜야 한다.

$$\mathbf{A}^{\text{in}} = \lim_{R \rightarrow 0} \mathbf{A}, \quad \varphi^{\text{in}} = \lim_{R \rightarrow 0} \varphi \quad (7)$$

그러나 이러한 전제를 제기하면 복사반작용리론이 모순에 빠지게 된다. 사실 작용반경  $R$ 를 0으로 수렴시키면 식 (1), (2)에서  $\varphi^{(1)}$ ,  $\mathbf{A}^{(1)}$ 이 무한으로 발산한다. 결국 막스웰의 전기력학에서 립자-마당의 호상작용라그랑주안에 전하자신이 만드는 마당을 끌어들이는 경우에는 언제나 무한대의 발산항이 나타나게 되며 에네르기보존법칙에 위반되는 결과가 얻어진다.

이러한 난점을 극복하기 위하여 지난 시기 복사에 의한 제동력을 전개하면서 발산항인  $\varphi^{(1)}$ ,  $\mathbf{A}^{(1)}$ 은 물리적의미가 없는 항이라고 보고 인위적으로 빼어버렸으며 작용반경  $R$ 에 의존하지 않는  $\mathbf{A}^{(2)}$ 만을 복사반작용과 관련한 의미있는 항으로 보았는데 이것은 이론적으로 완벽한 해결방식이 아니다.

많은 실험자료들은 전하의 복사에 의한 반작용, 복사제동력이 실제로 전하의 운동과정에 나타나며 전하의 운동에 영향을 미친다는것을 보여준다. 그러나 막스웰전기력학에서 이러한 복사에 의한 반작용효과를 받아들이는 경우 모순에 이르게 된다는것은 이 리론이 닫기지 못한 리론이라는것을 보여준다.

## 맺 는 말

1) 선행한 고전전자기마당리론에서 립자-마당의 전에너지-운동량보존식은 물리적의미를 가지지 못한다. 막스웰고전전기력학에서는 전하가 만드는 마당의 에너지가 언제나 무한으로 발산하며 게이지대칭성으로 하여 물질계의 에너지가 항상 물리적의미를 가지지 못한다.

2) 막스웰의 전기력학에서 립자-마당의 전에너지가 유한량  $m_0c^2$ 과 같다는 실험적 사실에 원만한 해답을 주는것은 원리적으로 불가능하다. 만일 선행한 고전전자기마당리론이 무모순적인 닫힌 리론이라고 본다면 우리는 물질-마당의 전에너지보존에 관한 물리학의 기본원리를 포기해야 하는데 물론 이것은 객관적타당성을 가지지 못하며 또 있을수도 없는 일이다.

## 참 고 문 헌

- [1] L. D. Landau et al.; The Classical Theory of Fields 4, Butterworth Heinemann, 1~150, 1987.
- [2] A. O. Barut; Electrodynamics and Classical Theory of Fields & Particles 3, Dover, 90~120, 2011.
- [3] P. Mittelstaedt et al.; Laws of Nature, Springer, 1~40, 2004.
- [4] P. R. Feynman et al.; Lectures on Physics 2, Addison-Wesley, 200~250, 2012.

주체104(2015)년 3월 5일 원고접수

## **Knotty Points in Maxwell's Classical Electromagnetic Field Theory**

*Jo Ho Dong, Kim Chol Song*

In the former electromagnetic field theory, the law of conservation of the total energy-momentum of particle plus field has no meaning. The energy of the field created by a charge always diverges infinitely in Maxwell's classical electrodynamics.

It is generally impossible to give a perfect solution to the experimental fact that the total energy of particle- field is the finite quantity  $m_0c^2$  within the framework of Maxwell's electrodynamics. If we continue to argue that the former classical field theory is a consistent closed theory, we have to give up the one of basic principles in physics-the law of conservation of total energy of matter-field. But this is not valid objectively and can not occur.

Key words: Maxwell's classical electrodynamics, total energy conservation law