

「マイスナー効果は古典電子ガスの古典電磁熱力学的属性である。」と結論した理論の核芯部にある熱力学の詳細説明と、近藤氏へ、Ⅱ.

「マイスナー効果は古典電子ガスの古典電磁熱力学的属性である。」と結論した理論の核芯部にある熱力学の詳細説明と、近藤氏へ、Ⅱ.

東大・理 飯 田 修 一

Detailed Explanation on the Essential Thermodynamical Part of the Theory which has Concluded that the Meissner Effect is a Classical Electromagnetic Thermodynamical Property of the Classical Electron Gas, and the Answer to the Comment of Dr. Kondo,

by Shuichi Iida, Dept. Phys., Univ. Tokyo.

(1 月 17 日 受 理)

§1. 序

物性研究 31 巻 2 号に、「磁場の関係する物理学に新しい常識を樹立することに就いて」と題する総合報告論文を発表し¹⁾、日本物理学会ジャーナル編集委員会が、筆者の三編の投稿論文 (Parts III-R, IV, V) を、そのかねがねの公約事項、「論争に発展する論文は公表してゆく。」という精神に従って、勇気を持って公表に踏切って戴くようお願いしたが、この希望は今のところ満足されていない。それで本稿では同論文中最も重要と考えられる一編 III-R に関して、表題の内容に関し、その核芯を形成すると考えられる部分に就いて詳細説明を行い、重ねてお願いすることにする。なお前記解説¹⁾の発表と同時に同上の課題に関して近藤氏より、批判解説が掲載された²⁾。その内容は電磁熱力学的に正当化できないものであったから、物性研究 32 巻 1 号に正誤訂正補足に加えて、その要点を詳細説明したところ³⁾、同号に再び近藤氏の反論が出された⁴⁾。それで同号の余白 8 行を利用してその反論が根拠のないことを略述したところ、32 巻 6 号に重ねて、“飯田氏へⅡ”と題して 1.5 頁の批判が提出された⁵⁾。前々回²⁾および前回⁴⁾の論説と異なり、今回は比較的論点が整理されて居り、近藤氏が如何に納得されないか、また何故誤謬されたかについて、筆者としてある理解を得ることが出来たので、本解説はその点を明確化することに重点を置く。なお近藤氏が難解な筆者の理論体系の全貌を大略理解され、次第にポイントの整った疑問に収斂されつつある点謝意と敬意を表させて戴く。また前回の回答³⁾について相手方を侮辱しているという批判を耳にした。この点は

飯田修一

投稿され公開討論に踏み切られた以上覚悟の上と前提させて戴きたい。以下に示されるように近藤氏の疑点は殆んどすべて熱力学の理解不足と、熱力学解析の初等的ミスによるものなので、近藤氏は恥ずかしい思いをなさるであろう。しかしその故にこそ公開討論は収斂するのであり、物理学会の匿名レフェリーの場合と異なるのであって御了承戴きたい。

§2. 最終結果の簡潔な電磁熱力学的導出

さて $C_1 + C_2$ の全体系^{1), 6), 7)} を断熱壁の中に考える。その全エネルギー U は

$$U = U_{\text{kT}}(S, \mathbf{j}(\mathbf{r})) + U_{\text{kD}}(\mathbf{j}(\mathbf{r})) + U_{\text{m}}(\mathbf{j}(\mathbf{r})) \quad (1)$$

である。 $\mathbf{j}(\mathbf{r})$ は勿論巨視的な電流であって、連続的ではあるが、熱力学的な内部パラメーター X_i と同様に、人工的に固定できるものと仮定する。これからの手法は純粹に熱力学的であって、それを実際に実現する手段は無視され、体系の Configuration Space 上で、そのような過程が実現できたと仮定して、推理が進められることになる。体系は全エネルギー U と $\mathbf{j}(\mathbf{r})$ を与えた状態では常に熱平衡にあるものと考えて居ることになる。 $U_{\text{kD}}, U_{\text{m}}$ は $\mathbf{j}(\mathbf{r})$ の二次形式で表現され、従ってエントロピー S の関係する余地はない。 U_{kT} は電子の運動エネルギー中、Drift Current による部分を除いた熱運動的な random motion の運動エネルギーであって、 S と $\mathbf{j}(\mathbf{r})$ は相関すると考えられるから式(1)の形になる。

式(1)から一般に

$$\delta U = \left(\frac{\partial U}{\partial S} \right)_j^{(1)} \delta S + (\delta U)_S^{\delta j} = T \delta S + (\delta U)_S^{\delta j} \quad (2)$$

である。ただし⁽¹⁾は δ の一次の桁で等しいという意味である*。また $(\delta U)_S^{\delta j}$ は、 S と $\mathbf{j}$ を独立変数とし、 S を一定に維持して $\mathbf{j}$ の変分 $\delta \mathbf{j}$ を与えた場合の U の変分 δU という意味である。

またエントロピー S は

* 近藤氏⁵⁾が、 δ の一次と二次の等式の区別を無視され混乱して居られるのでとくに区別して示す。

「マイスナー効果は古典電子ガスの古典電磁熱力学的属性である。」と結論した理論の核芯部にある熱力学の詳細説明と、近藤氏へ、Ⅱ.

$$S = S(U, j) = S(U_{\text{kT}}, j)$$

$$\begin{aligned} \delta S &=^{(1)} \left(\frac{\partial S}{\partial U} \right)_j \delta U + (\delta S)_U^{\delta j} = \frac{1}{T} \delta U + (\delta S)_U^{\delta j} \\ &=^{(1)} \left(\frac{\partial S}{\partial U_{\text{kT}}} \right)_j \delta U_{\text{kT}} + (\delta S)_{U_{\text{kT}}}^{\delta j} = \frac{1}{T} \delta U_{\text{kT}} + (\delta S)_{U_{\text{kT}}}^{\delta j} \end{aligned} \quad (3)$$

である。したがって式(2), (3)より一般に

$$\delta U - T \delta S =^{(1)} (\delta U)_S^{\delta j} =^{(1)} \{ \delta (U_{\text{kD}} + U_{\text{m}}) \}^{\delta j} - T (\delta S)_{U_{\text{kT}}}^{\delta j} \quad (4)$$

となる。

さて平衡条件を入れる。孤立系を想定するエントロピー極大の原理、 Configuration Space 上でのエネルギー極小の原理、熱源を含めて等温過程を対象としたヘルムホルツ自由エネルギー極小の原理はそれぞれ

$$\delta U = 0, \quad \delta S =^{(1)} 0; \quad \delta S = 0, \quad \delta U =^{(1)} 0; \quad (5)$$

$$\delta U - T \delta S =^{(1)} 0 \quad (6)$$

であって、いずれにしても同一の結論

$$\begin{aligned} (\delta U)_S^{\delta j} &=^{(1)} 0, \\ \{ \delta (U_{\text{kD}} + U_{\text{m}}) \}^{\delta j} &=^{(1)} T (\delta S)_{U_{\text{kT}}}^{\delta j} =^{(1)} - (\delta U_{\text{kT}})_S^{\delta j} \end{aligned} \quad (7)$$

を与える。

さて、 U_{kT} を一定にして、 δj の変分を考えると、式(7)から

$$(\delta S)_{U_{\text{kT}}}^{\delta j} =^{(1)} \frac{(\delta U)_{U_{\text{kT}}}^{\delta j}}{T} \quad (8)$$

が導出される。この式は、もし式(7)が、 δj の一次に関して零でないならば、式(8)も δj の一次に関して零でなく、その結果、体系のエネルギーの増減分 δU に対する体系のエントロピーの変分 δS は、その増減分が、すべて熱 dQ として増減した際に期待される最大量になることを示している。ところで、 δj は各電子の Drift 成分 $\mathbf{v}_D$ の非

飯田修一

常に僅かの変分を示して居り、運動量空間で考えて全体の僅かのシフトに過ぎないから、熱的な運動エネルギー U_{kT} が一定に保たれる限り、エントロピーが最大に変化することなどはあり得ない。従って式(7), (8)は $\delta \mathbf{j}$ の一次に関して零でなければならない。すなわち平衡状態を出発状態とする限り

$$(\delta S)_{U_{kT}}^{\delta \mathbf{j}} \stackrel{(1)}{=} 0, \quad (\delta U_{kT})_S^{\delta \mathbf{j}} \stackrel{(1)}{=} 0 \quad (9)$$

$$\{\delta (U_{kD} + U_m)\}^{\delta \mathbf{j}} \stackrel{(1)}{=} 0 \quad (10)$$

である。式(10)と定常電流の条件 $\nabla \cdot \delta \mathbf{j} = 0$ を合せると、マイスナー効果は $C_1 + C_2$ の全体系に対して解析的に導出される^{1), 6), 7)}

式(8)を零と結論した logics は trivial ではない。式(6)によって発生できる変化は最大のエントロピー変化を生ずるように拘束されて居り、従ってその条件に適さない変数の変化には式(9)が成立せざるを得ないのである。力学的変数が $(\partial U / \partial X_i) = 0$ を平衡値にするのと同様である。

以上の解析の過程より明らかなように一般式(3)

$$\delta U_{kT} \stackrel{(1)}{=} T \delta S - T (\delta S)_{U_{kT}}^{\delta \mathbf{j}} \quad (11)$$

は平衡状態を出発状態とする場合、その場合に限り、式(9)によって近藤氏が頑固に誤解されている式

$$\delta U_{2kT} \stackrel{(1)}{=} T_2 \delta S_2 \quad (12)$$

に収斂するのであって、一般的に言うことは絶対に出来ないのである。熱力学の一般原則として、平衡状態を出発状態としてとくに成立する等式は、不可逆過程では、むしろ成立しないのが当然なのであって、式(1)の U_{kT} には独立変数 $\mathbf{j}(\mathbf{r})$ は絶対に必要なのである。

§3. TE原理によるマイスナー効果の厳密な導出

以上の熱力学的なマイスナー効果の導出はジャーナル第一レフェリーの頑固な反対に直面したという歴史がある。その主張は、 C_1 中の磁束 ϕ_1 は C_2 に発生する素過程の中で保存されねばならないから、 ϕ_1 の保存性を無視した熱力学的な Configuration Space

「マイスナー効果は古典電子ガスの古典電磁熱力学的属性である。」と結論した理論の核芯部にある熱力学の詳細説明と、近藤氏へ、Ⅱ.

内の熱力学的論理だけではこの課題を解決したものと認め難いという信念である。筆者の結論は、 ϕ_1 の保存は熱統計力学の結果であって、拘束条件ではないということであるが、その主張に対抗して理論の正当性を確立するためには、マイスナー状態を一步一步実現してゆく不可逆過程の素過程の内容を明確化する必要があるという点に関しては同意し、その結果 TE 原理が発見されたのである。TE 原理は従って §2 の Configuration Space での熱力学的関係式と異なり、出発状態は §2 で述べたような拘束条件下の準熱平衡状態ではあるけれども、続いて考える素過程は実際の実世界での要素的素過程であって、それが不可逆過程として進行するか否かの必要条件の判定が、TE 原理により直接行われる。また文献 1) で詳細説明したように、既存の熱力学原理の極く僅かの拡張であって、その結果と既存原理との差は見掛け上は“ $1/\infty$ ”と“0”の差の程度でしかないのである。

近藤氏は以上の点にも誤解があり、Configuration Space 上での §2 的な関係式と、筆者が提案し、TE 原理でのみ考えることの出来る実際の不可逆素過程の式とを混同して誤謬して居られる。

さて §2 の基礎のもとに C_2 に発生した δj_2 による筆者の素過程^{1), 6), 7)}に関して今一度説明しよう。その必要条件はエネルギー保存式

$$\delta U_{2kT} + \delta U_{2kD}^C + \delta U_m^C + [TE] = 0 \quad (13)$$

から、

$$0 < [TE] + T \delta S = - \{ \delta (U_{2kD} + U_m^C) \}^{\delta j_2} - \delta U_{2kT} + T \delta S \quad (14)$$

である。ただし、変化は C_2 にのみ発生しているので下添字 2 が入り、又 Configuration Space 上で、 $j_1(\mathbf{r})$, $j_2(\mathbf{r})$ から指定されるだけの意味を持つということで上添字 C がある。体系のエントロピー S は C_1 と C_2 のエントロピー S_1 と S_2 の和であり、 δU_{2kT} は $j_2(\mathbf{r}) + \delta j_2(\mathbf{r})$ の拘束下で体系の熱交換を行い、熱平衡にしたときの δU_{kT} と一致する筈であるから、式 (3) より

$$0 < [TE] + T \delta S = {}^{(1)} - \{ \delta (U_{kD} + U_m^C) \}^{\delta j_2} + T (\delta S)_{U_{kT}}^{\delta j_2} \quad (15)$$

が出る。更に出発状態が熱平衡状態に極めて近いものと仮定すると、式 (9) の状態に無

限に近接することになり、従ってもし出発状態が熱平衡状態であるならば、 $-\{\delta(U_{\text{KD}} + U_{\text{m}}^{\text{C}})\}^{\delta j_2}$ には δj_2 の一次の項が残存してはならなくなる。何故なら $(\delta S)_{U_{\text{KT}}}^{\delta j_2}$ は既に零になって居り、もし残存すると δj_2 か $-\delta j_2$ の何れかで、式(15)が成立し、その方向になほ不可逆過程が進行して前提に反するからである。なほTE原理としては式(15)は必要条件に過ぎないが、電子ガス体系の特徴として、熱揺動による δj_2^{T} はあらゆる自由度について常に発生して居り、ある δj_2 が式(15)の必要条件を充せば、その δj_2 は必ず熱揺動により発生して不可逆過程となるというのが本課題の基本仮定の一つになる。従って

$$\{\delta(U_{\text{KD}}^{\text{C}} + U_{\text{m}}^{\text{C}})\}^{\delta j_2} = {}^{(1)} 0 \quad (16)$$

が、熱平衡であるための必充条件として導出されて、マイスナー効果が結論される。

以上で本質的な部分の説明は終了している。非可逆的な素過程の本質を明らかにした本節および本論文^{1), 6), 7)}のマイスナー効果の導出方法と、§2で述べたオーソドックスな熱力学の手法によるマイスナー効果の導出の二つの方法の対応を正しく理解して戴きたい。第一レフェリーの多少頑固な要望にも関らず、もしこの二つの手法による結果が異なることになると、それこそ逆に熱力学の根本問題の発生を意味することになる訳で、幸か不幸か、そのような重大な結果にはならなかったのである。

しかし第一レフェリーの頑固な要望には以上の解説では必ずしも明瞭化されていない物理学的理由がある。その重要点に関してこれから詳細に説明しよう。

§4. マイスナー効果発生 of 最深部機構の側面

formal theory としては既に§2, §3で十分に説明した。しかし先人が如何に過まり、筆者が如何に訂正したかの最深部について今一言述べて置こう。まず先¹⁾に説明した通り古典物理学の表現式はその儘、オペレーター方程式として量子力学の表現式に厳密に移行する。従って超電導体の示すマイスナー効果の本質が、この機構にあると考えていることを表明させて戴く。何故統計力学でなく熱力学を使用したかという点は、熱力学の方が統計力学より、より一般的な原理に準拠したものであって、磁場 $\mathbf{H}$ が関係した場合に、状態の確率を計算する一般的方法は与えられていないと考えたからである。そして幸い熱力学はそれだけで解を得るのに十分であったのである。

「マイスナー効果は古典電子ガスの古典電磁熱力学的属性である。」と結論した理論の核芯部にある熱力学の詳細説明と、近藤氏へ、Ⅱ.

先人達の誤解した最大の点は $C_1 + C_2$ の体系で、 C_1 を実際の超電導体として考察の対象から外したとき、磁場が C_2 内に滲透する所謂無磁化の状態ではなく、磁場を追い出して完全反磁性の状態に何故移行するのかという点にあった。マイスナー状態になることにより、 U_m はむしろ増大し、その分だけ U_{2kT} は減少し、近藤氏が誤解したように単純な考え方では系のエントロピーは減少したことになる。 C_1 を超電導体と考えても体系 $C_1 + C_2$ の全エネルギーは式(1)で近似できるから、無磁化の状態の方が、 U_{kD} も U_m も小さく、巨視的エネルギーが極小で、エントロピー極大の状況になっているように思われる。従ってマイスナー状態になる余地はないと考えられる。ところが筆者は熱力学的にも、又 TE 原理的にも一義的にマイスナー状態を導出している。どこにその秘訣があるのかという問題が発生しよう。勿論本論文^{6), 7)}でも詳細にそれらの状況を説明しているが、こゝで今一度なるべく判り易い言葉でその点を説明してみよう。

大事な点は TE 原理で前提したように、又 formal な熱力学が常套手段として使うように、 C_2 の不可逆過程 δj_2 は、その δj_2 によって創られた [TE] が、どのように将来落着くかに関係なく発生し終了すると結論していることである。TE 原理によると

$$[TE] + T \delta S > 0 \quad (17)$$

であって、遷移状態のエネルギー [TE] が造られるならば不可逆過程が発生できる。

[TE] はその際 Configuration Space でのエネルギーが、低くなるような δj_2 、即ち

$$\delta (U_{2kT} + U_{kD}^C + U_m^C) < 0 \quad (18)$$

になるような δj_2 なら発生可能性がある。勿論式(17)に示すように $T \delta S$ の事情にも依存する。無磁化の状態から、反磁性の方向に向う δj_2 は Configuration Space のエネルギーとして、 $j_1(\mathbf{r})$ と他の $j_2(\mathbf{r})$ を固定して考える限り少くとも

$$\delta (U_{kD}^C + U_m^C) < 0 \quad (19)$$

なのである。更にマクスウェルの方程式から、その際

$$\delta U_{2kT} < 0 \quad (20)$$

でなければならない。即ち電子の熱運動エネルギーが、一部 δj_2 に伴う [TE] の創成に

飯田修一

使用されねばならないが、それは式(17), (18)に従ってむしろ、 δj_2 の創成に有利な因子になる。[TE]原理は、“放出したエネルギーは取り戻せない”といった不可逆過程の一つの原理を示す不等式の形式になっている。さて既に度々説明したように、 $C_1 + C_2$ の系は誠に微妙な系であり、式(19)に従って発生しているにも関わらず、その[TE]は C_1 に到着した時、 $j_1(\mathbf{r})$ に作用して $j_1(\mathbf{r})$ を増大させ、 U_m として系の中に落着く。その結果最終状態では式(19)は逆転し、

$$\delta(U_{kD}^F + U_m^F) > 0 \quad (21)$$

になって了う(FはFinalのF)。第一レフェリーはこの状態を指して、石が一步一步川を川上に登ると表現したが、まさにそのような過程が進行すると考えているのである。

Configuration Spaceでのformalな熱力学が、どうして同一の結論になったのかというと、Configuration Spaceでは[TE]は存在しないけれども、その中での変分 δj_2 はformal theoryの常識に従って $j_1(\mathbf{r})$ や他の $j_2(\mathbf{r})$ を固定して行い、その際[TE]が発生し落着く先が、最初の意図と逆になるといったことは考えない。従ってその変分の不可逆過程としての成否の判断基準は、全く式(18), (19)の形と同等になり、少なくとも平衡条件は全く同一になって了うのである。熱力学のformal procedureは奇しくも不可逆過程の要素過程発生の条件指定と同一になって居り、従って結果が同一になって了うのである。これは作用が必ず有限の速度で伝わる媒達論の過程と同一の方針をConfiguration Spaceの考え方が、物理的に取っていることの結果と見られ、物理学体系の持つ興味ある一側面である。(Normal Modeの考え方と異なることを注意する。)

結果として体系のエントロピーは極大になって居るであろうか。 U_{2kT} は極小に近い状態であるから、式(12)がもし一般に成立する場合には極小になってしまう。しかしもちろん式(12)は一般には成立しないから、 δj に伴うエントロピー変化は、 $(\delta S)_{U_{kT}}^{\delta j}$ の明確な寄与を持つ筈であり、

$$\delta S = {}^{(1)} \frac{\delta U_{2kT}}{T} + (\delta S)_{U_{kT}}^{\delta j} \quad (22)$$

であって、 $\delta U_{2kT}/T$ の負の値にも関わらず、エントロピーが増大しても差支えない。もちろん厳重な判断は[TE]原理、式(14), (15)によるものである。式(19)に対し式

「マイスナー効果は古典電子ガスの古典電磁熱力学的属性である。」と結論した理論の核芯部にある熱力学の詳細説明と、近藤氏へ、Ⅱ.

(21) の成立することは体系のエントロピー S が減少する可能性もあるのではないかという懸念が発生しよう。この点の考察は慎重を要するが、少くとも平衡状態の極く近傍では $(\delta S)_{U_{kT}}^{\delta j}$ は確率の対数というエントロピーの性格によって、 $-\{\delta(U_{kD} + U_m^C)\}^{\delta j_2}$ の項よりも遙かに早く零になって居り、 $-\{\delta(U_{kD} + U_m^C)\}^{\delta j_2}$ により発生したエネルギーは、 δj_2 の一次の項はエントロピーの増減を伴わない $U_{kD} + U_m^C$ の増分（無磁化の状態より近接すると）に、又 δj_2 の二次の項は熱発生としてエントロピーの増大に寄与すると考えられる。この課題の完全な解決には磁場中で拘束のある電子ガスのエントロピーの統計力学的計算という困難な課題の達成が必要である。筆者は磁場が完全に滲透して全電子ガスがサイクロトロン運動をしている Miss van Leeuwen の状態は、いわば秩序のある状況であり、表面層を除いて内部電子がすべて磁場零の中で無秩序な運動をしているマイスナーの状態は、 U_{2kT} が減少しているにも関わらず、エントロピーが高いと予想する。たゞし TE 原理の導出過程^{1), 6), 7)}で、そのような可能性が夢想されたという事実はある。すなわち文献 1) 頁 121 の図 3 (b) で、過程が U^C を下げるように PF よりも下の方に、しかし PB' より左に進行し、その [TE] の落着く先で何等のエントロピーも発生させなかった場合である。この重大な課題の解決は今後の研究に待ちたいが、減少しようとして発生した [TE] が、結果的には逆になるという新事実の存在と、TE 原理の発見は、熱力学第二法則の破れの可能性という重要課題に一石を投じたことは認められるであろう。なおこの事情の指摘と、現実に熱力学第二法則が破れるという言明との間にはなお隔たりがある。それは電子ガスがあったとき、磁場が完全に滲透しているような無磁化の初期状態は造ることが出来ないであろうという点にある。そうであれば第二法則が Configuration Space の中で破れたとしても、実際的には破れない訳である。

つぎに熱力学の結果と他の物理学の法則との関連である。マイスナー効果の場合には熱力学的に導出された結果が、荷電粒子の電磁力学としても安定であり、^{1), 6), 7)} 従って矛盾のないことが示されたが、常に一般的にそうであろうかという疑問がある。既に指摘したように、量子物理学はその本質的部分に Pass Integral に示されるような確率的性格（初等量子力学の意味ではない。）を持っている。⁹⁾ 従って古典電磁気学と量子物理学が完全に厳密な解析接続^{1), 6), 7)}を行っているのと同様、古典熱力学と量子物理学が厳密な解析接続を行うことが十分に望見される。Action 原理など、電磁場自身をも含めて確率的に揺動した運動の結果が、量子物理学の体系であり、又電磁気学の体系を形成して

飯田修一

いるという描像が十分に可能であると予想する。もちろん磁場の関係しない狭義の領域に就いてはある程度の研究が成立しているものと考えるが、本課題のような極端な条件のもとで、二つの物理学が完全に無矛盾であることを明確化した理論体系は今のところ筆者の手許にはないが、将来の興味ある課題であろう。

なお本研究の結果として、現在量子力学的にのみ説明されているが、その結果としての特性定数に h が含まれない物理現象は一般に古典物理学的説明が可能であるという一般原則を提起することになる。(ただし、対称反対称の量子統計効果によるものは除く。)

§5. 近藤氏⁵⁾の誤謬点について

近藤氏の誤謬の原因は一般的な熱力学の理解不足にあるが、とくに二つの点が指摘される。第一は熱力学の解析における内部パラメーターの変分 δX_1 の次数に関する考慮の欠除である。 δ の一次でしか成立しない式と、 δ の二次でのみ成立している式を一緒に加減することが無茶なことは申すまでもない。第二は可逆過程と不可逆過程の取扱いの分離に関する理解の不足である。これらの点は §2 と §3 で多少とも説明したので判られたことと思う。しかし一言でつき放して了うと、前回のように全然理解されないおそれがあるのでこれから詳細説明する。

最初の5行には近藤氏の御人格を疑う言葉が入っているが、その判断は読者諸子に任せる。7行目「熱平衡の条件のみ議論する。」とあるところは言葉としては間違いではないが、重大な誤謬の出発点を形成しているものと判断される。さて筆者の第一法則は

$$U_R + \delta U_{2kT} = -\delta U_{2kD} - \delta U_m - [TE(1)] \quad (23)$$

である。式 $K^{(5)} - (1)$ (文献5)の近藤氏の式であることを $K^{(5)}$ で示す。)と比較し、まず $T\delta S_T$ の項が除かれている。それは heat reservor と熱交換を行う時間的余裕のないことと、必要でない項を省く方針による。つぎに δU_{2kT} を $T\delta S_2$ と代置されていない。この代置をもし行えば、式(11)、(12)の附近で説明したように、熱平衡状態を出発状態としてのみ成立する式に変換して了うことになる。熱力学の推理の一般方法は先ず熱平衡でない状態を含む式を造り、熱平衡であるならばこれこれの熱平衡条件式が成立する筈であるとして熱平衡の関係式を導出するのであって、式(12)のように熱平衡状態を出発状態とするときに限り成立する結果を最初から搜入したのでは出発式にならない。さ

「マイスナー効果は古典電子ガスの古典電磁熱力学的属性である。」と結論した理論の核芯部にある熱力学の詳細説明と、近藤氏へ、Ⅱ.

らに近藤氏のいう第二法則、式 $K^{(5)}-(2)$ は理解不可能である*。 $U_R + T \delta S_2 = 0$ という式を第二法則の変形であると理解することは、余程想像を逞しくしても困難である。こゝで前述の熱平衡の条件のみ議論するという前置きとの関連が問題になる。もし万一 §2 で述べたような $j(\mathbf{r})$ を内部パラメーターとする Configuration Space での準静的状態変化を考えて居られるのであれば、§2 の式 (2), (3), (4) と言った式が関係しなければならず、 $\{\delta(U_{2kD} + U_m)\}^{\delta j_2}$, $(\delta U_{2kT})_{S_2}^{\delta j_2}$, $(\delta S)_{U_{2kT}}^{\delta j_2}$ と言った項が式 $K^{(5)}-(2)$ の中に登場しなければならない。全体を通読すると筆者の提起した本質的に不可逆である δj_2 の素過程を考えて居られると結論される。そうであるとする、式 $K^{(5)}-(2)$ は不可逆過程に関して近藤氏に本質的な誤解が存在することを示している。現在、遷移状態にあるようなエネルギーの関係している不可逆過程の進行状態で、等号の成立する第二法則の一般表現式は筆者の知る限り存在しない。拘束条件をいれた上でも熱平衡が仮定できない状況のもとで第二法則を示す一般表現式は筆者の発見した TE 原理が唯一のものであると考える。なお式 $K^{(5)}-(2)$ を式 $K^{(5)}-(1)$ と連立させることが無意味なことは、 U_R が δj_2 の二次の微量量であって、式 $K^{(5)}-(2)$ は式全体が $(\delta j_2)^2$ の桁の等式であるに反し、式 $K^{(5)}-(1)$ がたとえ式 (12) を仮定できたとしても $(\delta j_2)^1$ でしか成立しない点からも明白である。

さて以上の説明で近藤氏の論理の成立する余地のないことが明確化されたものと思う。ついでであるが、近藤氏の思考形態に今一つ苦言を呈する。p521 下3行目に、「式 $K^{(5)}-(2)$ が正しいから式 $K^{(5)}-(4)$ は誤りである。」と書いて居られる。この論理は近藤氏が度々使われたものであるが、それを本課題のような重要事項に対して公開討論の誌上で用いてはならない。この論理は色々な永久運動の変形を考案して、「このように永久運動が成立するからエネルギー保存則は間違いである。」としてエネルギー保存則の公表を阻止することと等価であり、保存則発見者に大学院学生の演習問題の解の過まりのチェックのようなことにその生涯を費すことを要求する事になる。この点に就いては §6 で更に説明する。

* 一度御指摘した³⁾ ことであるにも関わらず、学部学生の演習問題のチェックのようなことを物性研究誌上で行わねばならぬことを残念に思う。本誌上での近藤氏との公開討論の状況を通じて、日本物理学会ジャーナル編集委員会で、本論文のような困難な論文に対し、責任感の強くないレフェリー諸子に遭遇した場合に殆んど必ずといってよい程発生する困難の問題点を読者諸子が御理解戴ければ幸である。

飯田修一

さて前々回の近藤論文²⁾のp80の論旨の点は今回は過まっているとして用いられなかったように思える。しかしそこには今一つTE原理と関連した本質的誤解があるので、老婆心ながら今一度詳細説明しておく。近藤氏のそこでの最終式 $K^{(2)}-(23)$ は今回の式 $K^{(5)}-(1)$ と同等である。すなわち恒等式

$$\delta U_m - \delta U_{m2} + \delta W_1 = 0 \quad (24)$$

を利用して

$$U_R + \delta U_{2kT} = -\delta U_{2kD} - \delta U_{m2} \quad (25)$$

としたものが、式 $K^{(2)}-(23)$ である。更に式(12)を軽卒に使用し、

$$U_R + T_2 \delta S_2 =^{(1)} -\delta (U_{2kD} + U_{m2}) \quad (26)$$

と変換し、更に

$$U_R >^{(2)} 0, \quad \delta S_2 \geq 0 \quad (27)$$

でなければならないとして

$$\delta (U_{2kD} + U_{m2}) \leq^{(?)} 0 \quad (28)$$

を導出し、 $U_{2kD} + U_m$ が極小、即ち $j_2(\mathbf{r}) = 0$ であれば式(28)の過程が起り得ないから熱平衡であるとしている。

次数に加えてこれらの式変換の誤謬点は次のようである。式(26)は不可逆過程の判別に用いたのであるから、本質的に第二法則の式と考えて居られる。ところが、式(12)を使用したのであるから、その時点で平衡状態を出発状態とした変化にしか使えない式に変換されて居り、それから不可逆過程を伴う状態変化を論ずるのは初等的な論理の誤謬である。第二に Configuration Space 上ではない一般の不可逆過程に関して式(27)により常に $\delta S_2 \geq 0$ と結論してい居る。遷移エネルギー状態にある「TE(1)」の存在下でこの結論は出せないというのが筆者の結論であり、Fig. 1 にその簡単な例題を示す。今 N ケの微少な球が、図示したようなポテンシャルの崖淵にあり、そのポテンシャルの山が nkT の桁であって、 n が大きくないとすると、熱的に球は崖の下に落ちる可能性が

「マイスナー効果は古典電子ガスの古典電磁熱力学的属性である。」と結論した理論の核芯部にある熱力学の詳細説明と、近藤氏へ、Ⅱ

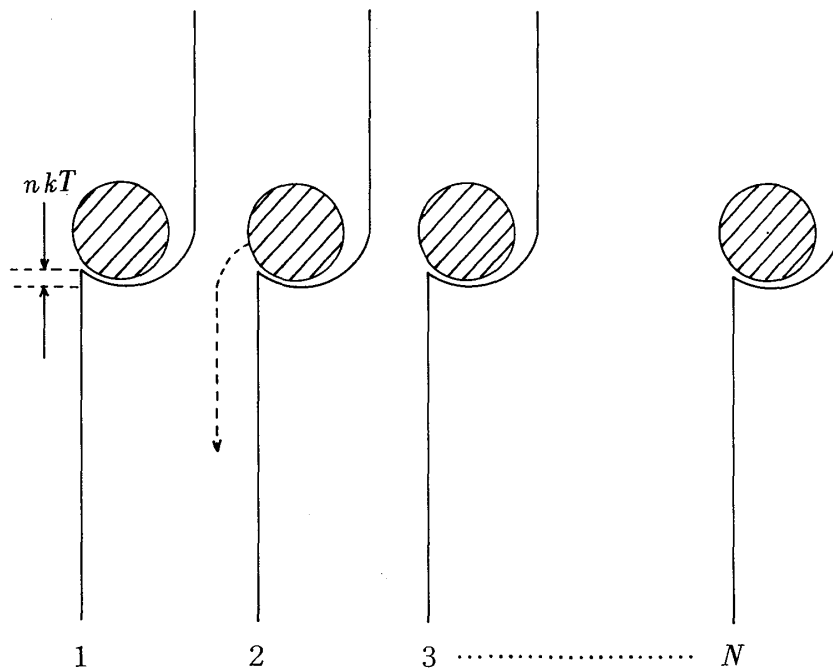


Fig. 1. nkT 程度のポテンシャルの丘に支えられてポテンシャルの崖淵にある N 個の微小球。

ある。今 N' 個の球が落下しつつある状態を考えると、体系の熱的エネルギーは少なくとも $N' nkT$ だけ減って居り、計算できるエントロピーは見掛け上減少していることになる。もちろんその代り落下しつつある球の運動エネルギーとしての $[TE]$ は大きく増加しているのである。式 (27) はこの種の可能性を無視した結論であり、世界には熱的な原理の他に、物質界を駆動する別原理、例えば力学法則のあることを無視したものである。勿論われわれの場合は電子の磁場中の反磁性的なサイクロトロン運動が、その無視されている電磁力学の法則なのである。 $[TE]$ 原理はこの種の現象を厳密に考慮した新物理法則として提出されているのであり、かつ既存原理との差は $1/\infty$ と 0 の差位なのである。

§6. 本課題の論文公表問題に関する現状報告

さて、32 巻 1 号において、本質的でない些細な議論の繰返しは時間的に無理である

飯田修一

から容赦戴きたいこと、本質的な点として

A. 多電子系において、電子間の電氣的、磁氣的相互作用を考慮し、特に磁気エネルギーの処理に関する熱力学上の配慮を明確化して、Miss van Leeuwenの定理なるものを証明すること。

B. TE 原理が過まりであるというのであれば、どのように過っているかを式で示し、それに代る「不可逆過程の」熱力学の原理を明らかにして、その原理から $\delta j_2(\mathbf{r})$ の不可逆的な進行方向を識別する条件式を明確化すること。

を要請した。この要請に対して当物理教室を含め国内国外から有効な寄与はない。唯、「Miss van Leeuwenの定理を、磁気エネルギーの熱力学的配慮を明確化して、証明することができる。ただし、それを誰かに判るように紙に書く意志はない。」という言明をされているお年寄りの方が一人居られるが、この言明は「虚構である。」という筆者の見界に対して、「虚構という表現は侮辱になるから、間違いであると表現してほしい。」というお申し入れがあったのみである。〔以上の言明を撤回しないでの申し入れ!!〕以上のような状況のもとで、この言明が問題とする価値のないことは明らかであろう。したがって筆者は日本の理論物理学界が文書による反対を行うことの出来ないものとして

A. Miss van Leeuwenの定理の証明は過まりである。

B. TE 原理に過まりは発見できない。

と結論させて戴くことにしたい。

なお今回の近藤氏の反論は上記A, Bのいずれでもない訳で、その点無視して差支えないものであるが、Kondo Effect の発見者としての同氏の立場を考慮し、敢えて詳細説明をすることにした。しかしながら既に多くの人が認めて居られるように、この課題の内容は膨大且つ精緻であって、その箇々の些細な点に就いて疑問があるというだけの質問に一々お答えしていると時間がいくらあっても足りない。従って筆者としては敢えて今後はA, B二点に関して、その両者にわたる見界を示し、且つ論旨の明白な権威ある批判乃至反論に対してしかお答えしないという態度を採らせて戴く。物理学会ジャーナル編集委員会の第一レフェリーとは60回、その他のレフェリーと10数回、近藤氏と直接20数回、物性研究誌上で7回のメモ往復を行い、更に筆者の属する東京大学物理学教室において久保教授と数多く、又その為に有馬教授が組織された有志の教授、助教授数名と、全体討論会1回、10回近いメモ交換を行ったという状況が存在した訳で、

「マイスナー効果は古典電子ガスの古典電磁熱力学的属性である。」と結論した理論の核芯部にある熱力学の詳細説明と、近藤氏へ、Ⅱ.

数年の年月が経過して居り御了承戴けるものとする。

なお新らしい常識を世界的に確立する一環として、拙著“新電磁気学”¹⁰⁾の英訳計画が進行し、日本語の大巾な改訂がまず完成した。興味ある方は重要改訂点に関して実費負担して戴くことによりゼロックスできることをお知らせする。

References

- 1) 飯田修一, 物性研究 31, 87 (1978).
- 2) 近藤淳, 物性研究 31, 71 (1978).
- 3) 飯田修一, 物性研究 32, 14 (1979).
- 4) 近藤淳, 物性研究 32, 27 (1979).
- 5) 近藤淳, 物性研究 32, 521 (1979).
- 6) S. Iida, Bussei Kenkyu 28, 47 (1977)
- 7) S. Iida, Part III-R, submitted to J. Phys. Soc, Japan, (1977).
- 8) H. B. Callen, “Thermodynamics”, John Willey and Sons, Inc. (1960).
- 9) R. P. Feynman and A. R. Hibbs, “Quantum Mechanics and Path Integrals”, McGraw Hill Co. (1965) Chap. 1 & 2.
- 10) 飯田修一, “新電磁気学” 上, 下, 丸善 (1975).