

星間微粒子のサイズをめぐる一素稿

佐藤修二:名大理

概要

微粒子、そのサイズ $a \sim 0.1 \mu\text{m} = 100\text{nm}$ は、現在の宇宙-銀河-星宇宙のエネルギーを、もつともエントロピーを増大するサイズになっている。

減光および/あるいは自ら熱輻射をすることによって存在が知られる。熱輻射=黒体放射する。サイズは“温度”が定義できる限界である。

その昔、プランクは、輻射場と相互作用する共鳴振動子を想定して、実験(内挿)式を統合して、遂にエネルギー量子に辿り着いた。Kirchhoff の普遍関数 $F(\nu/T)$ として Planck の公式を得た。その時、共鳴振動子(団)として<炭>微粒子を想定した(という)。

この導出において、

- 1) サイズ a は波長 λ にくらべて大きいこと=幾何光学
- 2) エネルギー U を、平均温度ではなく、エントロピーとして扱うこと=内部エネルギー

サイズ $a \sim 0.1 \mu\text{m} \sim 100\text{nm}$ $a^{-3.5} da$ MRN サイズ分布 $I = I_0 e^{-\tau}$ $\tau \propto \lambda^{-1.5}$

星間:減光+赤化

R. Trumpler 散開星団までの距離決定に関する予備的結果 Lick Observatory Bulletin 1930

- 1) 宇宙 銀河宇宙 星宇宙 137 億年
- 2) 宇宙全体の内、バリオン4%、の内、重元素2%の内、30%が微粒子 0.0001%
- 3) サイズ a パラメータ $X = 2\pi a/\lambda \sim 1$ @ λ :可視光
- 4) 現在 星☆宇宙-☉ 表面温度 3000~30000K 主系列星 90% => $\lambda \sim 550\text{nm}$ => $X \sim 1$
- 5) $a \sim 0.1 \mu\text{m}$ $a \ll 0.1 \mu\text{m}$ → レーレイ散乱 $a \gg 0.1 \mu\text{m}$ → 幾何学的散乱吸収透過
わずかに0.0001%の重元素量で、もつとも大きなエネルギー輻射=星宇宙と相互作用させる

$a \ll 0.1 \mu\text{m}$ → レーレイ散乱 原子分子 $a \gg 0.1 \mu\text{m}$ → 幾何学的散乱吸収透過 砂粒/石ころ
いずれも見えにくい => 観測困難な量

一定量の微塵を、今現在 137 億年の宇宙でもつとも目だたせるには $0.1 \mu\text{m}$ である

それを実現している! なぜか?

偶然 必然(観測的選択/生成過程)

生成過程 と想定すると 晩期型星-星風 新星爆発 超新星爆発?

いつも生成 できたりできなかったり ????

サイズを決めるもの—パラメータ $n T \nu (t)$ 星の光の輻射圧
 観測的選択 原子分子や砂粒のサイズでは、可視光では見ていないだけ！
 $a < 1 \mu m$ (微少側) の傍証

吸収(赤化) 散乱 輻射; 熱/ルミネッセンス = PAH Polycyclic Aromatic Hydrocarbon

サイズ Planck 熱輻射論 黒体輻射 輻射場と“炭”微粒子
 原子分子構造とサイズ 原子分子 \Rightarrow PAH \Rightarrow “炭”微粒子 \Rightarrow 炭/墨 星間塵
 星間微粒子 星間塵 微塵 $a \leq \lambda$

Trumpler (1930)

Gillett, Forrest, and Merrill (1973) Sellgren (1984)

Kirchhoff-Planck (1860~1900) 熱輻射論 (Kirchhoff, Boltzmann, Stefan, Wien, Rubens, --- Planck)

Kirchhoff の普遍関数 ϕ 熱平衡 第2種永久機関の不可能性 $\phi(\nu/T)$

Wien の遷移則 輻射場の熱力学 $\nu^3 F(\nu/T)$

Planck の 熱輻射論 輻射場 \Leftrightarrow 電気双極振動子 $B(\nu/T)$

$$d\nu dt d\Omega \cdot h \varepsilon(\nu)$$

$$dA \cos \theta dt dt d\Omega \cdot \text{スピン} \sigma E(\nu)$$

どこに微粒子 = サイズ小 / 粒子数 N 少 が影響するか? 1) 2)

1) 幾何光学 非波動光学では x 回折 / 散乱 非等方性物質

$d\Omega \Rightarrow$ アンテナ輻射パターン 方向 $d\Omega$ および境界条件()

非等方性物質

2) 物質 $\varepsilon(\nu)$ 原子分子の構造が顕われる \Rightarrow ルミネッセンス

熱輻射とは何か? プランクの共鳴子団 = ヘルツの電気双極子団 = <炭>微粒子

空洞の中の“炭”微粒子

<炭>がエネルギーの配分を取り仕切る。短いサイズと少ない自由度のために取り仕切れない!

その例が Very Small Grain \Rightarrow VSG 極 = 超微粒子

$$a: 1nm \sim 100nm(\text{標準}) \leq 10 nm$$

吸収・散乱 \Rightarrow レーレイ散乱 見えにくい

放射　　ルミネッセンス \leftrightarrow 熱放射　　顕微鏡観察の蛍光マーカーと同じ働き

※ 大きくても取り仕切れない \Rightarrow ガラス 吸収率; $k(\lambda)$ 物質内部構造
※

空洞輻射　小孔 \Rightarrow 1)なぜ小孔か

2)もっと小さくしてみる！ $\sim \lambda$ ○ []縦 |横=

3)細長の微粒子

天体放射温度計(+偏光) $\lambda_1 \lambda_2$ 0.35 \sim 4.5 μm \Rightarrow **0.45 \sim 2.5** μm TRISPEC

on **KANATA 1.5m** 望遠鏡 広大・東広島天文台

考えてみれば TRISPEC は“非”温度計であった。黒体放射からの“ズレ”を測定すること！
黒体は、“すべて”を隠す \Rightarrow Kirchhoffの普遍関数 Planckの熱輻射式(ν/T)のみ！