

# 日本語の LaTeX 入門

あなたの名前

2025 年 9 月 3 日

## 目次

1	プラズマとは	1
1.1	自然界でのプラズマ . . . . .	1
2	基本的な書き方	2
3	結論	2

## 前書き

以下の内容は、主に

[1] Francis F. Chen, "Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion"

[2] 宮本健郎『プラズマ物理の基礎』

[3] EMAN の物理学

を参照している。

## 1 プラズマとは

### 1.1 自然界でのプラズマ

物質の温度を上げていくと、固体、液体、気体と相変化し、さらに温度を上げると、気体分子は原子から電子が剥ぎ取られ、プラスの電荷を持ったイオンと負の電荷を持った電子とが混じった気体になる。このような高温の電離ガス状態を**プラズマ**という。固体、液体、気体と並んで、「第四の状態」と呼ばれることもある。

一般的に、プラズマは真空中にしか存在しない。なぜなら、空気がプラズマを冷やし、イオンと電子を再び結合させるからである。自然界においては、宇宙空間は密度がかなり低いが一種のプラズマだし、点灯中の蛍光灯の中やロウソクの炎などは全ての原子から電子が剥がれるほどではないがこれも一種のプラズマだし、さらにオーロラや電離層もプラズマだし、冬場に体験する静電気の放電や、溶接工事に使う電気放電、落雷などもプラズマである。太陽もまたプラズマの塊である。実に、この宇宙の 99% 以上の場所がプラズマであって、地球のようなそうでない場所の方が珍しいくらいである。

Saha 方程式では、熱平衡状態にある気体において、イオン化の割合を教えてくれる。

### Saha 方程式

$$\frac{n_i}{n_n} \approx 2.4 \times 10^{21} \frac{T^{3/2}}{n_i} e^{-U_i/KT} \quad (1.1)$$

ここで  $n_i$  はイオン化された原子の密度 [ $m^{-3}$ ]、 $n_n$  は原子の密度であり、 $K$  はボルツマン定数、 $U_i$  は気体のイオン化エネルギーである。

(1.1) 式から、 $T$  が大きくなるにつれて  $n_i$  の割合が増える、つまり気体がプラズマ状態になることがいえる。これがプラズマが高温でのみ存在する理由である。

Saha 方程式の物理的な意味を指摘すると、気体中の原子は熱エネルギーに分布があり、たまたま十分大きいエネルギーの衝突を受けると電子が飛び出して電離する。低温ではそのような“速い原子”は少なく、電離はまれ。Saha 式の  $\exp(-U_i/KT)$  は「速い原子の数が温度に対して指数関数的に減る（＝低温で急減）」ことを表す。また、いったん電離しても、電子と出会えば再結合して中性に戻る。つまり、再結合率は電子密度に依存する。これが  $n_i^{-1}$  となる要因である。星間ガスでは  $n_i \sim 1cm^{-3}$  と非常に低密度のため、再結合が遅く、高温でなくてもプラズマ状態が保たれやすい。

## 2 基本的な書き方

LaTeX では、文章をセクションやパラグラフに分けることができます。また、数式や図表の挿入も簡単に行えます。

## 3 結論

LaTeX を使えば、美しい日本語の文書を作成することができます。ぜひ活用してみてください。

## 参考文献

- [1] Francis F. Chen, Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Springer; Softcover reprint of the original 3rd ed., 2019  
[http://library.unisel.edu.my/equip-unisel/custom/ebook\\_catalog/2016BookIntroductionToPlasmaPhysicsAndcompressed.pdf](http://library.unisel.edu.my/equip-unisel/custom/ebook_catalog/2016BookIntroductionToPlasmaPhysicsAndcompressed.pdf)
- [2] 宮本健郎, プラズマ物理の基礎, 朝倉書店, 2014  
[https://op.lib.kobe-u.ac.jp/opac/opac\\_details/?reqCode=fromlist&lang=0&amode=11&bibid=2002133568&opkey=B175679900718865&start=1&totalnum=4&listnum=1&place=&list\\_disp=20&list\\_sort=0&cmode=0&chk\\_st=0&check=0000](https://op.lib.kobe-u.ac.jp/opac/opac_details/?reqCode=fromlist&lang=0&amode=11&bibid=2002133568&opkey=B175679900718865&start=1&totalnum=4&listnum=1&place=&list_disp=20&list_sort=0&cmode=0&chk_st=0&check=0000)
- [3] EMAN の物理学  
<https://eman-physics.net/electromag/plasma.html>