

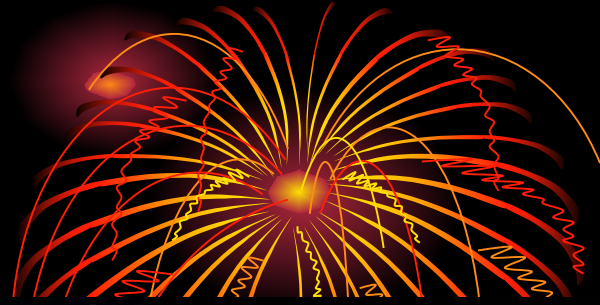
磁场参与原恒星形成过程的研究



理学院3班 郑振亚

pb02203161

M42星云



1. 带电粒子的运动



- 漂移运动
- 仅考虑垂直磁场方向的力 $\mathbf{F}$ 和速度 $\mathbf{V}$:

$$m \frac{d\mathbf{V}}{dt} = q(\mathbf{V} \times \mathbf{B}) + \mathbf{F}_1$$

线性化:

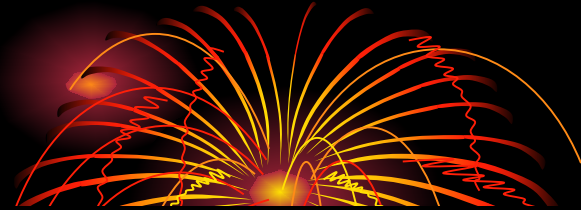
$$\mathbf{V} = \mathbf{V}_0 + \mathbf{V}_1$$

- 得到

$$q(\mathbf{V}_0 \times \mathbf{B}) + \mathbf{F}_1 = 0 \Rightarrow \mathbf{V}_0 = (\mathbf{F}_1 \times \mathbf{B}) / B^2 q$$

漂移出现

$$m \frac{d\mathbf{V}_1}{dt} = q(\mathbf{V}_1 \times \mathbf{B})$$

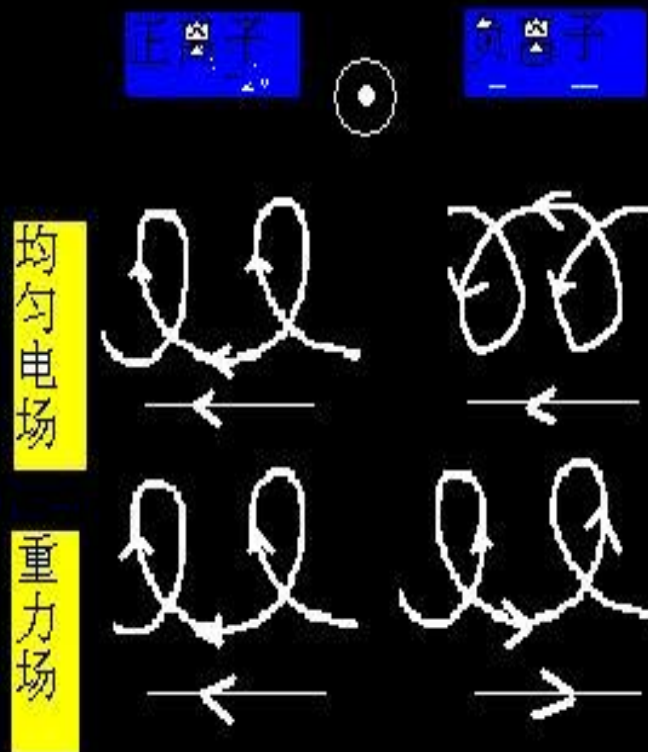


- $\mathbf{F}_1$ 是电场力:

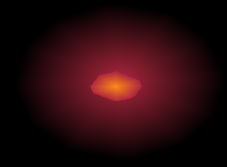
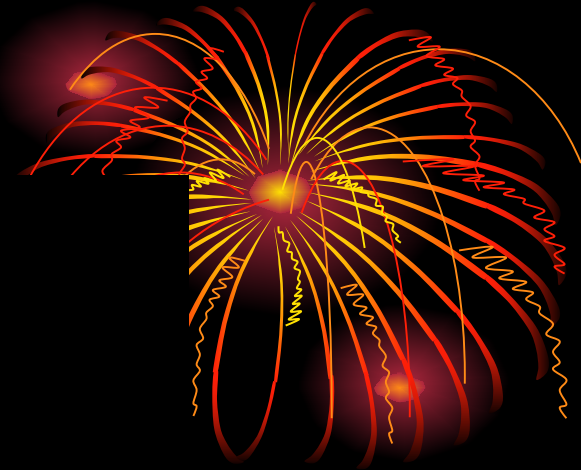
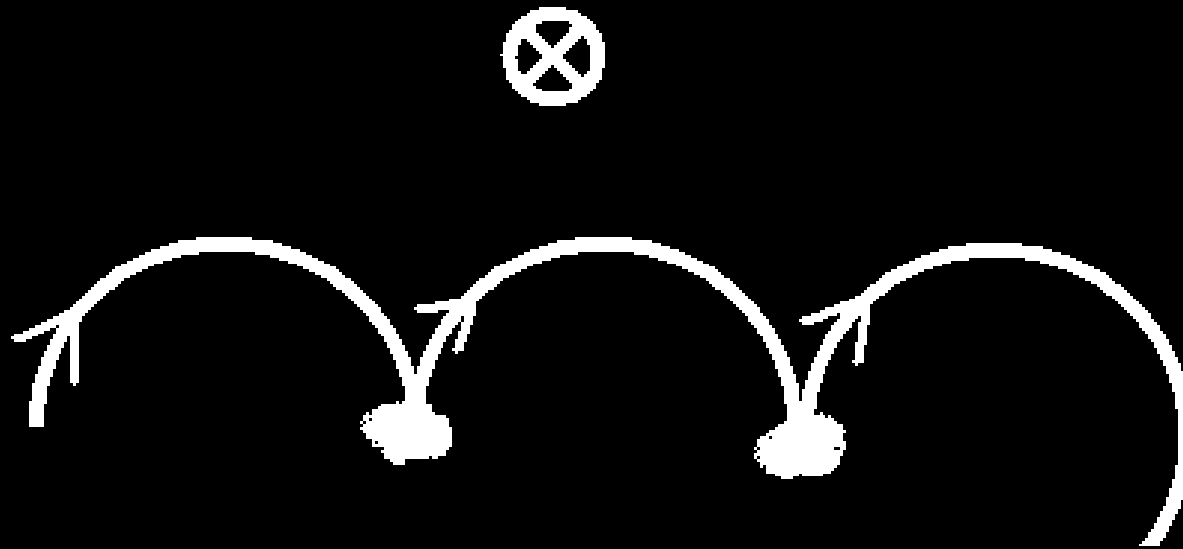
$$\mathbf{V}_0 = (\mathbf{E} \times \mathbf{B}) / B^2$$

- $\mathbf{F}$ 是重力:

$$\mathbf{V}_0 = m(\mathbf{g} \times \mathbf{B}) / B^2 q$$



碰撞的作用：（电子）



粒子可以在垂直**B**方向运动

平均自由程 λ 换成粒子回转半径**r**

收缩是可行的

2. 一般的观点

- 均匀 **B** 下

$$\omega = \frac{\mu}{2} \mathbf{B}^2$$

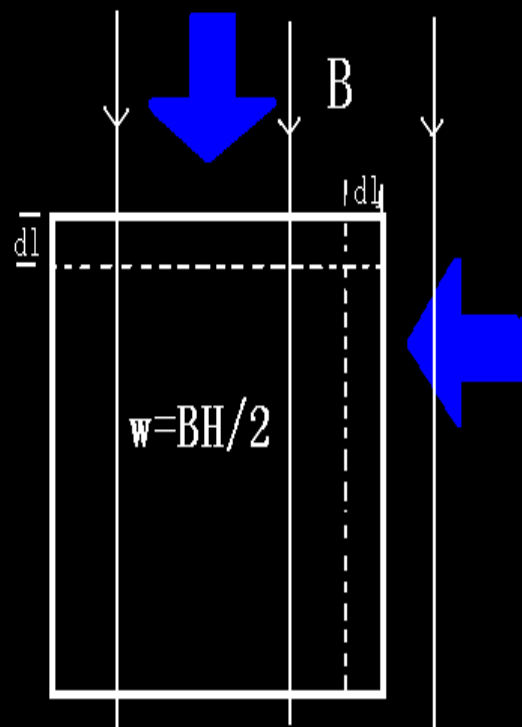
- 沿磁力线
压缩 **dl**

$$\Delta\omega = -\frac{\mu}{2} \mathbf{B}^2 dl$$

- 垂直磁力线方
向压缩 **dl**

$$\Delta\omega = \frac{\mu}{2} \mathbf{B}^2 dl$$

- 磁压的各向异性
- 怎么收缩?



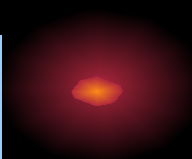
3. 磁冻结在原恒星形成阶段的不成立

- 由Maxwell方程（不考虑其他非电磁场情况）

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$
$$\mathbf{j} = \frac{\nabla \times \mathbf{B}}{\mu}$$

广义欧姆定律：

$$\mathbf{j} = \sigma(\mathbf{E} + \mathbf{V} \times \mathbf{B})$$



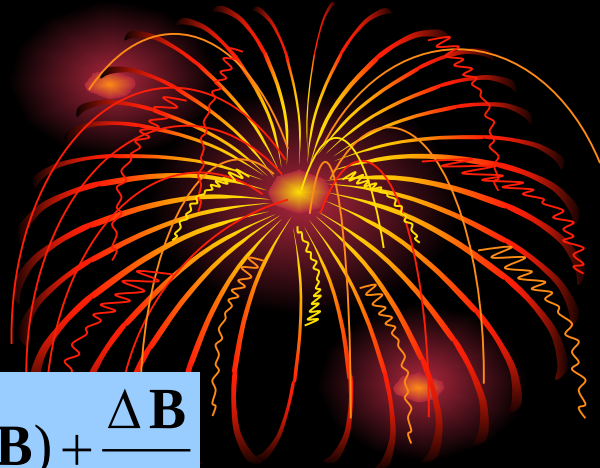
磁场方程式:

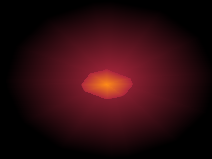
当 $\sigma=\infty$ 时，等离子体电阻可忽略不计

不可压缩流体旋涡方程

磁冻结的方程

相同的拓扑结构


$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{V} \times \mathbf{B}) + \frac{\Delta \mathbf{B}}{\sigma}$$


$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{V} \times \mathbf{B})$$

$$\frac{\partial \boldsymbol{\omega}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{V} \times \boldsymbol{\omega})$$

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{V} \times \mathbf{B})$$



- 冻结方程的意义:

1. 场随粒子一起运动 (流体的连续性方程)

2. 磁通量守恒

- 方程的关键 $\sigma = \infty$

所以, 前面所给出的解释是完全建立在冻结方程上的



- 原恒星发源处-----氢分子云

电中性 $T=10^2 \text{ K}$

弱磁场 $B=10^{-10} \text{ T}$

- **Jeans**引力不稳定性不考虑磁场
要用磁通量守恒来估计呢

?

为什么

- 压缩放热， T 上升，电离度增加 磁场作用又逐步明显
起来

?

仅考虑引力场可行吗



现实理论的缺陷

- 不能都冻结流的模型来考虑

- 原因：

主要矛盾不是这里

理论上的困难：



- 磁场如何起源？
- 如何很好的描述等离子体的运动和性质？
（现有的单粒子，双粒子，电磁流体力学方法（流体力学+电磁学）都是借来的，有其局限性，期待象 **$E=mc^2$** 这样的，能表达其本质而又简单的理论来描述等离子体）
- 我们连地球的磁场起源都没有搞清楚！！



Thanks!

