Інститут ядерних досліджень НАНУ

ФІЗИКА НЕІДЕАЛЬНОЇ ПЛАЗМИ

Лекція #2

Модуль #1

Класична неідеальна плазма

.1. Основи класичної статитистичної механіки

1.1. Рівняння Гамільтона

$$\frac{d\boldsymbol{r}_i}{dt} = \frac{\partial H_{(N)}}{\partial \boldsymbol{r}_i}, \qquad \frac{d\boldsymbol{p}_i}{dt} = -\frac{\partial H_{(N)}}{\partial \boldsymbol{r}_i}, \qquad i = 1,\ 2,\ \ldots,\ N,$$

$$H_N = K_{(N)} + U_{(N)},$$

.1. Основи класичної статитистичної механіки

1.2. Потенціали взаємодії

$$K_{(N)} = \sum_{i=1}^{N} \frac{p_i^2}{2m},$$

$$U_{(N)} = \sum_{i=1}^{N} \Phi_i + \sum_{1 \le i, j \le N} \Phi_{ij},$$

$$\Phi_i = \Phi_{(1)}(r_i);$$

$$\Phi_{ij} = \Phi_{(2)}(r_{ij})$$

$$r_{ij} = |r_i - r_j|$$

$$\Phi^{(r)} \sim \frac{1}{r^n}$$

$$\Phi^{(r)} = +\infty \quad r < \sigma$$

$$\Phi^{(r)} = 0 \quad r > \sigma$$

$$\Phi^{(i-i)} \sim \frac{e^2}{r}$$

.1. Основи класичної статитистичної механіки

1.3. Функції Маєра

$$f = \exp\left(\frac{\Phi}{\theta}\right) - 1,$$

$$\theta = k_Б T.$$

1.4.Потенціал Ленарда-Джонса

$$\Phi_2^{(ЛД)} = 4\varepsilon\left[\left(\frac{\sigma}{r}\right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r}\right)^{6}\right].$$

.2. Закони збереження

2.1 Енергія системи

$$\delta_t H_{(N)} = \frac{dH_{(N)}}{dt}\delta t_0 = \left[\frac{\partial H_{(N)}}{\partial t} + \sum_{k=1}^{N}\left(\frac{\partial H_{(N)}}{\partial \mathbf{r}_k}\frac{d\mathbf{r}_k}{dt} + \frac{\partial H_{(N)}}{\partial \mathbf{p}_k}\frac{d\mathbf{p}_k}{dt}\right)\right]\delta t_0 = 0.$$

$$t' = t + \delta t_0$$

$$\frac{dH_{(N)}}{dt} = 0,$$

$$H_{(N)}(\mathbf{r}_1, \ldots, \mathbf{r}_N; \mathbf{p}_1, \ldots, \mathbf{p}_N) = E_{(N)} = \mathrm{const},$$

2.Закони збереження

2.2. Імпульс

$$\boldsymbol{P}^{(\text{int})}(t) \neq \text{const.}$$

2.3 Момент імпульса

$$\boldsymbol{M}_{(N)}^{(\text{int})}(t) = \sum_{k=1}^{N} \left[\boldsymbol{r}_k \boldsymbol{p}_k \right] = \boldsymbol{M}_{(N)} - \boldsymbol{M}_{(N)}^{(\text{ext})}(t) \neq \text{const.}$$

2.4. Висновок. В процесі еволюції замкненої ізольованої системи залишаються сталими тільки повне (загальне) число частинок

$$N$$

і повна (загальна) енергія

$$E_{(N)} = H_{(N)}(\boldsymbol{r}_1, \ldots, \boldsymbol{r}_N; \boldsymbol{p}_1, \ldots, \boldsymbol{p}_N)$$

3. Перетворення Галілея

3.1. Рівняння, що описують фізичну систему, не повинні змінювати вигляд при переході від однієї інерціальної системи до другої.

$$\mathbf{r}' = \mathbf{r} + \frac{\mathbf{p}_0}{m} t; \quad \mathbf{p}' = \mathbf{p} + \mathbf{p}_0 .$$

$$H_{(N)} = K_{(N)} + U_{(N)}$$

3. Перетворення Галілея

3.2. Кінетична енергія

$$K_{(N)} = \sum_{i=1}^{N} \frac{p_i^2}{2m}$$

$$K_{(N)}\left(p_1,\ \ldots,\ p_N\right) = K_{(N)}\left(p'_N,\ \ldots,\ p'_N\right) + \text{const}$$

3. Перетворення Галілея

3.3. Потенціальна енергія є функція тільки різниці координат

$$U_{(N)}(\mathbf{r}_1, \ldots, \mathbf{r}_N) = U(\mathbf{r}'_1, \ldots, \mathbf{r}'_N),$$

$$U_{(N)} = U_{(N)}(\mathbf{r}_1, \ldots, \mathbf{r}_N) \equiv U_{(N)}(\mathbf{r}_{12}, \mathbf{r}_{13}, \ldots, \mathbf{r}_{N-1,\,N}).$$

$$U_{(N)} = \sum_{i=1}^{N} \Phi_i + \sum_{1 \le i,\, j \le N} \Phi_{ij},$$

$$\Phi_{ij} = \Phi_{(2)}(\mathbf{r}_{ij}).$$

$$\Phi_i = \Phi_{(1)}(\mathbf{r}_i - \mathbf{R}_0).$$

$$\mathbf{r}_{ij} = \mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j$$

4. Хаос в динамічних системах

4.1. Необерненість процесів в гамільтонових системах

4.2. Кореляційна сфера

$$\delta \boldsymbol{r}(t) = \delta \boldsymbol{r}_0 \exp\left(\frac{t}{\tau}\right)$$

$$\Delta t < \tau \approx 10^{-12}\ \text{с}$$

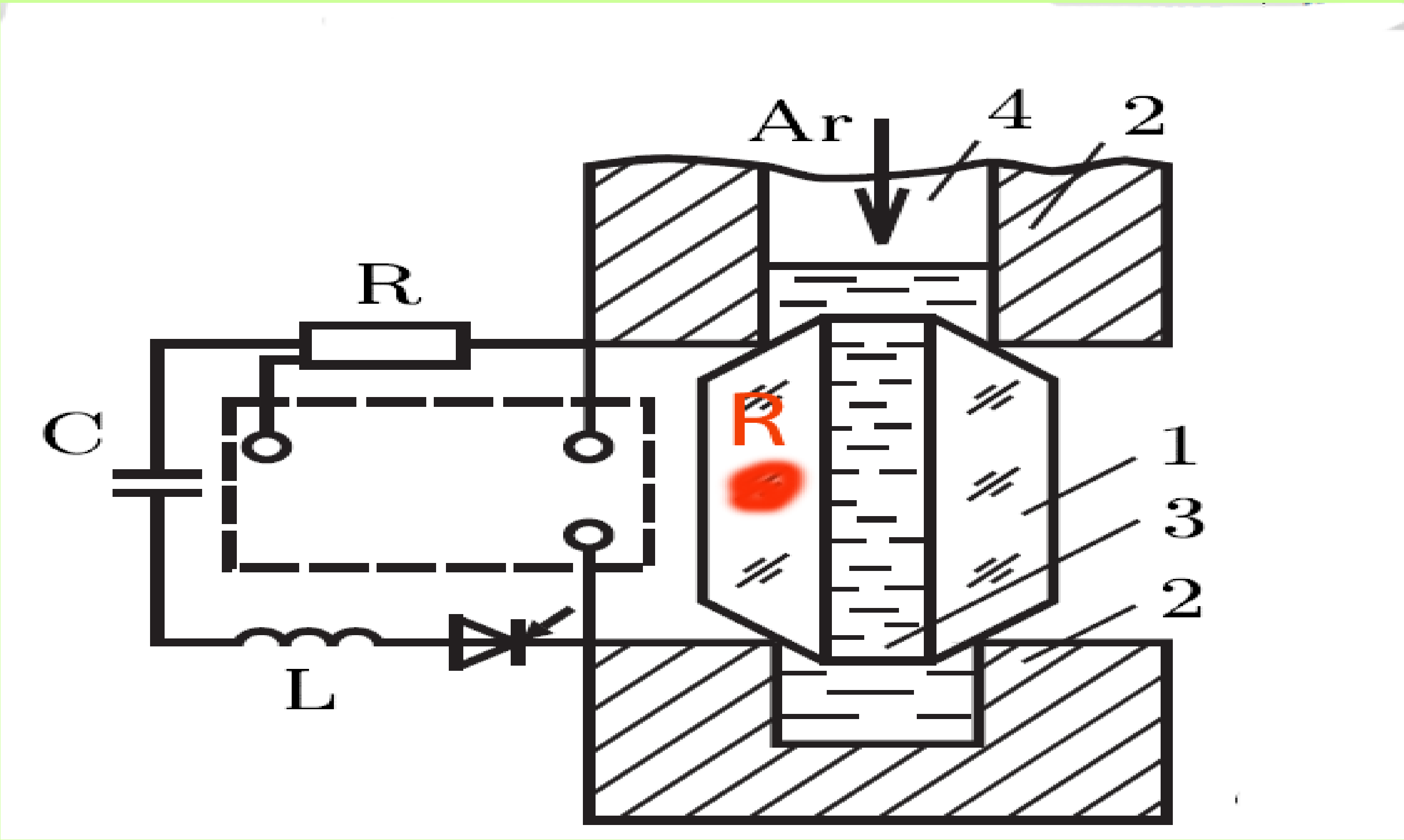
$$0 \le t < \tau$$

$$0 < r < R \approx c\tau$$

$$c \approx 10^{5}\ \text{см/с}$$

$$R \approx 10^{-7}\ \text{см}$$

4.Хаос в динамічних системах



Ієрархія статистичної теорії. Два рівня. Кореляційна сфера і термостат.