

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЯЧЕЙКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КИПЕНИЯ He II В НЕВЕСОМОСТИ

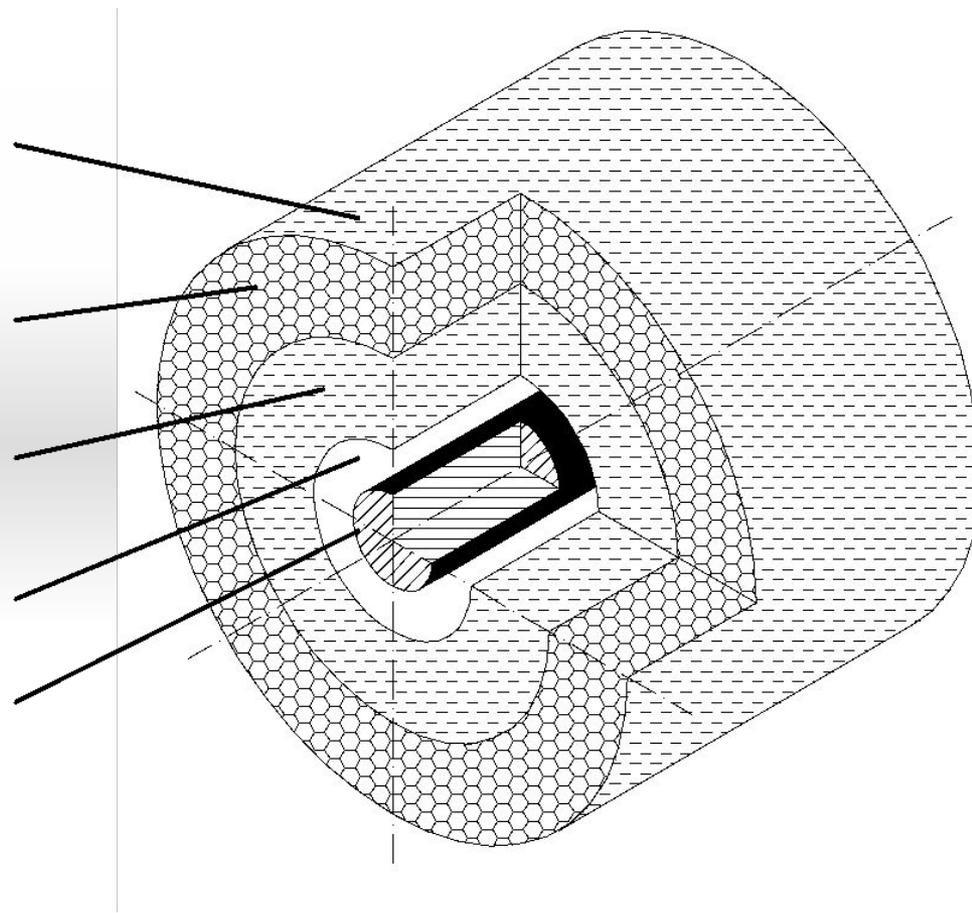
Пленка жидкости на  
поверхности

Пористое тело

Сверхтекучий гелий

Паровая пленка

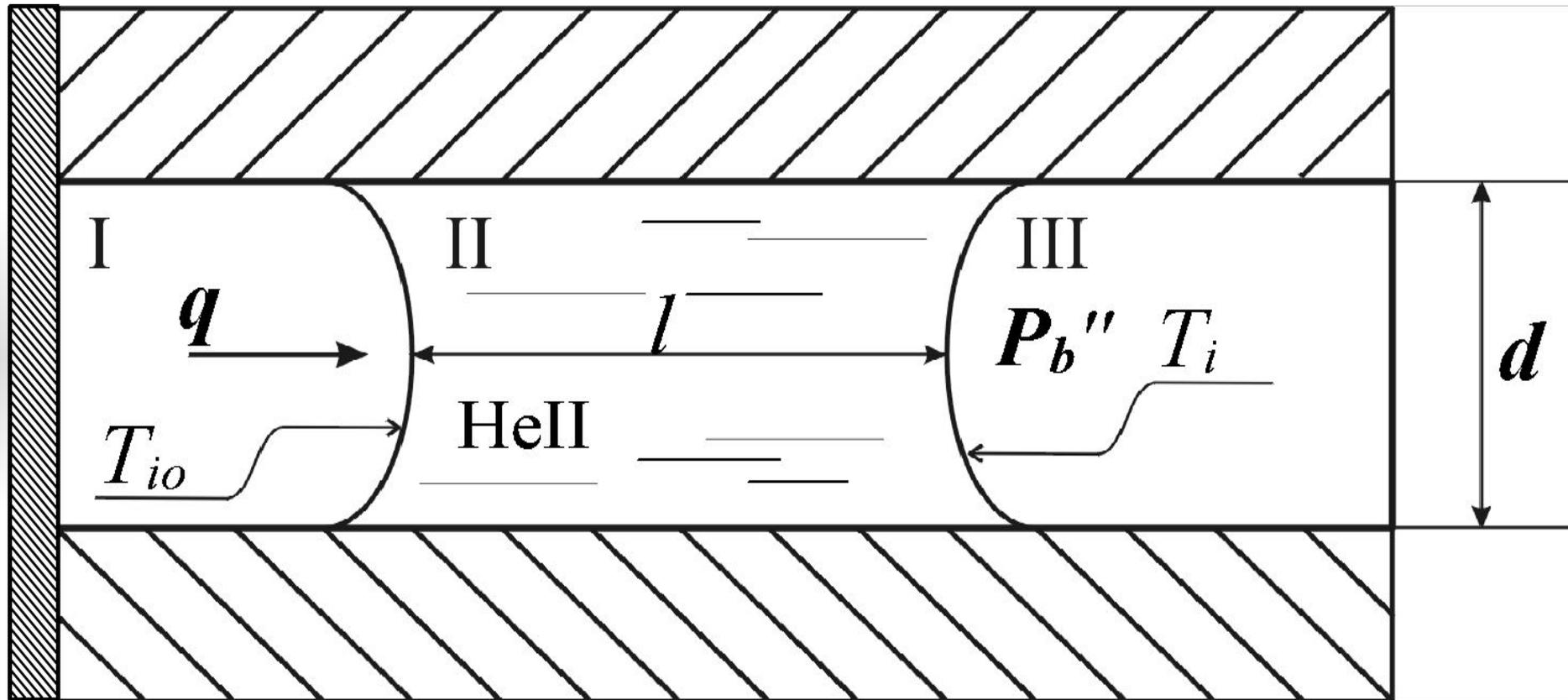
Нагреватель



# СХЕМАТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ МОДЕЛИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯЧЕЙКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КИПЕНИЯ He II В НЕВЕСОМОСТИ

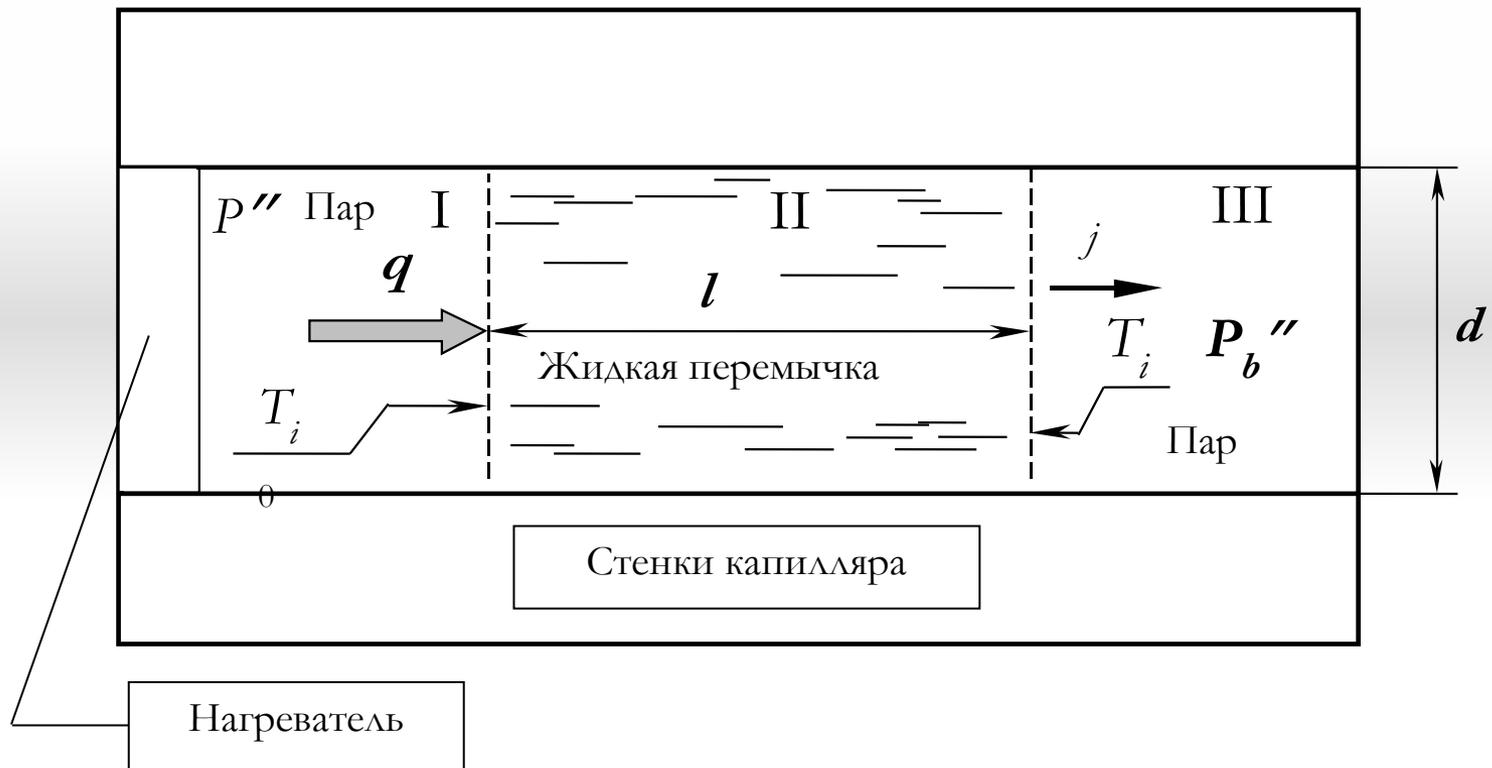


# Движение перемычки гелия III в капилляре



# Движение перемычки гелия III в капилляре

## Постановка задачи



# Движение перемычки гелия II в капилляре

---

## Уравнения сохранения массы

$$\rho' \cdot (V' - V_{io}) = 0 \quad \text{или} \quad V' = V_{io}, \quad j = \rho' \cdot (V' - V_i),$$

## Уравнения сохранения импульса

$$P'_{io} + \frac{4\sigma}{d} = P'', \quad P'_i + \frac{4\sigma}{d} = P''_b + \frac{j^2}{\rho''_b},$$

## Вывод уравнения сохранения энергии для правой границы

$$j \cdot \left( h'' + \frac{u''^2}{2} \right) + q'' = E'$$

---

# Движение перемычки гелия II в капилляре

---

$$j \cdot h'' = E'$$

**Плотность потока энергии в гелии II:**

$$E' = \left( \mu + \frac{V_s^2}{2} \right) \cdot j + \rho' ST V_n + \rho' V_n \cdot (V_n, V_n - V_s)$$

**Плотность потока энергии в He II в собственной системе координат:**

$$E' = \mu j + \rho' ST \hat{V}_n \quad \hat{V}_n = V_n - V_i$$

**Уравнения сохранения энергии**

$$q = \rho' ST (V_n - V_i) \quad jr = \rho' ST (V_n - V_i) \quad q = jr$$

# Движение перемычки гелия II в капилляре

## Специальные условия совместности для правой границы

$$\frac{j}{\rho_s(T_i) \cdot \sqrt{2RT_i}} \ll 1$$
$$P_s(T_i) - P_b'' = \frac{3}{5} j \cdot \sqrt{2\pi RT_i}$$
$$\frac{T_i - T_b''}{T_i} = 0.45 \frac{j}{\rho_s(T_i) \sqrt{2RT_i}}$$

$$P_b'' = \rho_b'' RT_b''$$

**Тепловой поток через  
левую границу:**

$$q = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \cdot (P'' - P_s(T_{i0})) \sqrt{2RT_{i0}}$$

**Термомеханическое  
соотношение:**

$$P'_{i0} - P'_i = \rho' S (T_{i0} - T_i)$$

# Движение перемычки гелия II в капилляре

---

**Неизвестные переменные:**

$$j, P'_i, P'_{i0}, T_{i0}, T_i, T''_b, \rho''_b, P''$$

**Перепад давлений по длине жидкой перемычки:**

$$\Delta P = P'_{i0} - P'_i \quad \Delta P = P'' - P''_b - \frac{j^2}{\rho''_b}$$

$$\Delta P = \frac{r \cdot \rho' \cdot \rho''}{T(\rho' - \rho'')} (T_{i0} - T_i) + 0.6 j \sqrt{2\pi \cdot RT_i} + \frac{\sqrt{\pi} \cdot q}{4\sqrt{2RT_{i0}}} - \frac{j^2}{\rho''_b}$$

**Формула Пуазейля:**  $\bar{V}_n = \frac{\Delta P \cdot d^2}{32\eta l},$

---

# Движение перемычки гелия II в капилляре

---

**Окончательное выражение для перепада давлений:**

$$\Delta P = \frac{1}{\left(1 - \frac{\rho''}{\rho' - \rho''} \cdot \frac{r}{ST}\right)} \cdot \left(0.6 \frac{q}{r} \sqrt{2\pi RT_i} + \frac{q \cdot \sqrt{\pi}}{4\sqrt{2RT_{io}}} + \frac{(q/r)^2}{\rho_b''}\right) =$$
$$= \frac{j \cdot \sqrt{2\pi RT_i}}{\left(1 - \frac{\rho''}{\rho' - \rho''} \cdot \frac{r}{ST}\right)} \cdot \left(0.6 + \frac{r}{8RT} - \frac{j}{\rho_b'' \sqrt{2\pi RT_i}}\right) \approx \frac{j \cdot \sqrt{2\pi RT_i}}{\left(1 - \frac{\rho''}{\rho' - \rho''} \cdot \frac{r}{ST}\right)} \cdot \left(0.6 + \frac{r}{8RT}\right)$$

---

# Движение перемычки гелия II в капилляре

---

**Скорость движения перемычки гелия II:**

$$\bar{V}' = \bar{V}_n - \frac{q}{\rho' ST}$$

$$\bar{V}' = \frac{1}{\left(1 - \frac{\rho''}{\rho' - \rho''} \cdot \frac{r}{ST}\right)} \frac{d^2 (q/r) \sqrt{2\pi RT_i}}{32\eta l} \cdot \left(0.6 + \frac{r}{8RT}\right) - \frac{q}{\rho' ST}$$

$$\bar{V}' = \frac{q}{\rho' ST} \left(\frac{L_0}{l} - 1\right) \quad L_0 = \frac{\left(0.6 + \frac{r}{8RT}\right) \cdot \frac{ST}{r} \cdot \frac{d^2 \rho \sqrt{2\pi RT_i}}{32\eta}}{\left(1 - \frac{\rho''}{\rho' - \rho''} \cdot \frac{r}{ST}\right)}$$

# Движение перемычки гелия II в капилляре

---

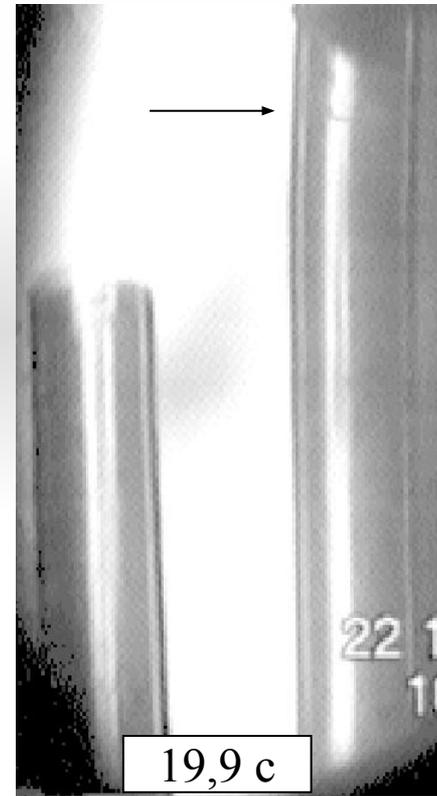
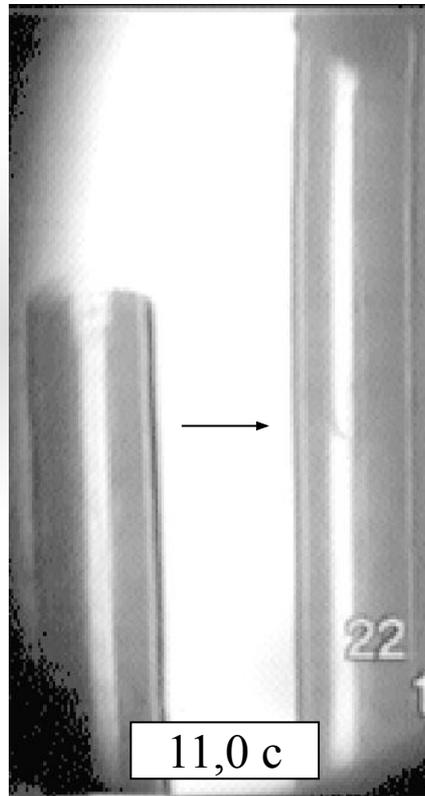
**Разность уровней гелия II в коленах  
U-образного капилляра**

$$\Delta h = \frac{q}{\rho' g} \left[ \left( 1 - \frac{\rho''}{\rho' - \rho''} \frac{\Lambda}{ST} \right) \frac{32\eta l}{\rho' ST d^2} - 0.6 \frac{\sqrt{2\pi RT_i}}{\Lambda} - \frac{\sqrt{\pi}}{4 \cdot \sqrt{2RT_{i0}}} \right]$$

---

# Движение перемычки гелия II в капилляре

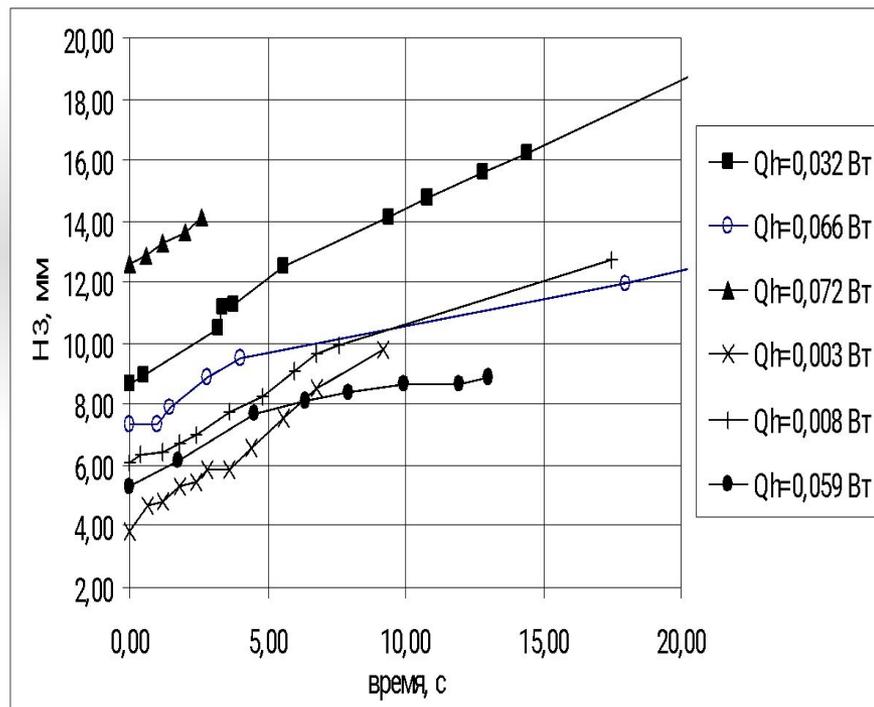
*Движение гелия II в U-образном капилляре.  $L=8$  м,  $T=1,6$  К*



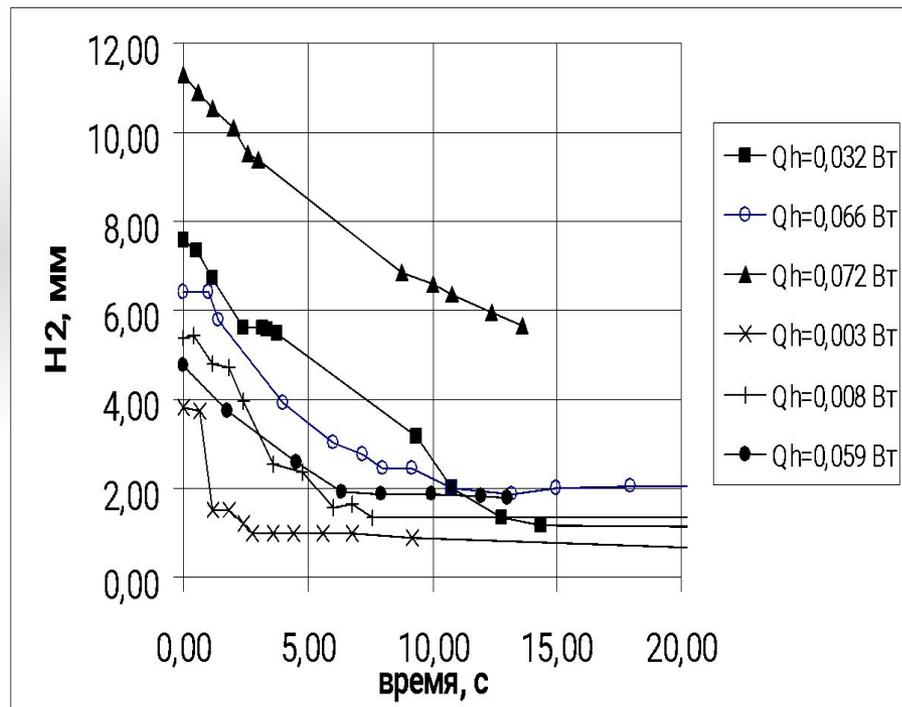
# Движение перемычки гелия II в капилляре

## Движение гелия II в U-образном капилляре. $L=8$ м

Положение мениска в открытом колене



Положение мениска в закрытом колене



# Движение перемычки гелия II в капилляре

*Движение гелия II в U-образном капилляре.  $L = 8$  см,  $Q = 1,54$  мВт*

