

Физика сплошных сред

Баранова Ирина Антоновна

Сплошная среда – физическое тело, свойства которого в соседних точках мало отличаются друг от друга

Теоретическая механика	Механика сплошных сред
Материальная точка	Газообразные среды
Система материальных точек	Жидкие среды
Абсолютно твердые тела	Твердые деформируемые среды

Разделы механики сплошных сред

- Гидродинамика
- Теория упругости

Взаимодействия в сплошной среде

Объемные силы

Поверхностные

Плотность силы

$$\Delta F = \Delta mg = \rho g \Delta V$$

$$\Delta F = p_{ik} \Delta S$$

МЕТОДЫ ОПИСАНИЯ

ЛАГРАНЖА

ЭЙЛЕРА

ИЗУЧЕНИЕ
ДВИЖЕНИЕ В
ТЕЧЕНИИ
НЕБОЛЬШОГО
ВРЕМЕНИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ДВИЖЕНИЯ
КАЖДОЙ ИЗ
ЧАСТИЦ

МЫСЛЕННО
ВЫДЕЛЯЮТСЯ
ОБЪЕМЫ
ПЕРЕМЕННОГО
СОСТАВА

Полевые величины в уравнениях Эйлера

- Поле плотностей:
- Поле скоростей и деформации среды:

Интегральные характеристики поля.

Линия поля

$$\frac{dx}{A_x} = \frac{dy}{A_y} = \frac{dz}{A_z}$$

Линия тока

$$\frac{dx}{V_x} = \frac{dy}{V_y} = \frac{dz}{V_z}$$

Поток

- Поток поля A через элементарную поверхность называется
- Поток скорости V через элементарную поверхность называется



Уравнения движения сплошных сред

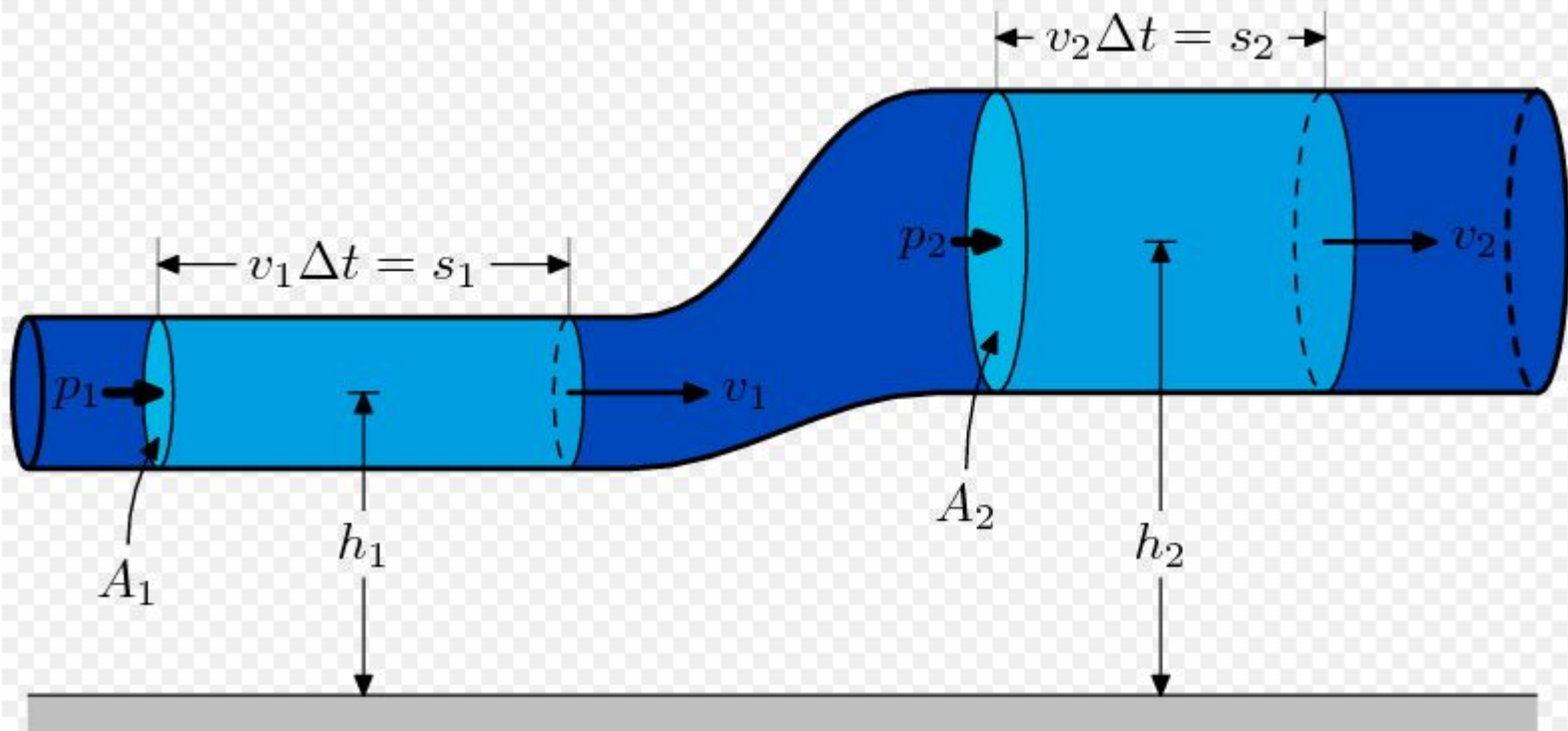
- Масса $M = \int \rho(\mathbf{x}_k, t) dV$
- Поток массы $I = \oint_S \rho v_k ds_k$
- плотность потока массы $\mathbf{j} = \rho \mathbf{v}_k$
- Изменение импульса $dp = dm v_i = \rho v_i dV$
- Уравнение неразрывности в переменных Эйлера

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \operatorname{div} \mathbf{v} = 0$$

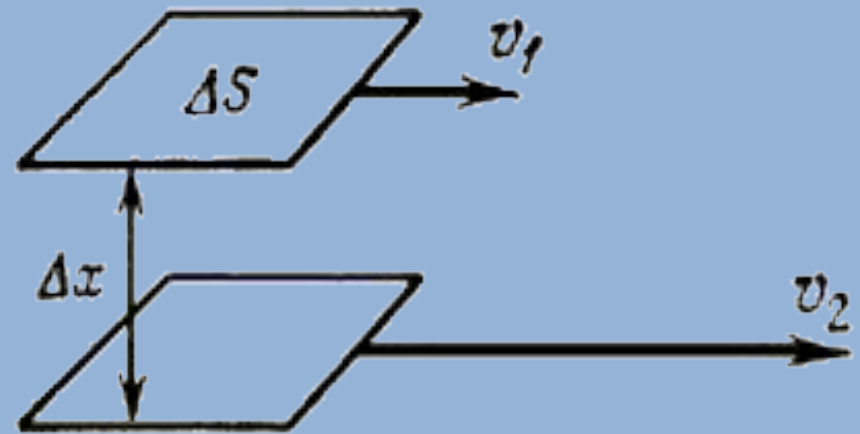
Уравнение неразрывности

Уравнение Бернулли

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho g h + p = \text{const}$$



Вязкость



Вязкость в жидкостях

$$N = \frac{1}{6} n S \langle v \rangle t$$

$$L_1 = N m_0 v_1 = N m_0 \left(v + \frac{d v}{d x} \lambda \right)$$

$$L_2 = N m_0 v_2 = N m_0 \left(v - \frac{d v}{d x} \lambda \right)$$

$$\Delta L = -N m_0 2 \frac{d v}{d x} \lambda$$

$$\Delta L = -\frac{1}{3} \langle v \rangle \lambda \rho \frac{\Delta v}{\Delta x} S t$$

$$\Delta L = -\frac{1}{3} \langle v \rangle \lambda \rho \frac{\Delta v}{\Delta x} S t$$

$$F = \frac{\Delta L}{t} == -\eta \frac{\Delta v}{\Delta x} S$$

$$\eta = \frac{1}{3} \langle v \rangle \lambda \rho = D \rho$$

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Вязкость газа

Вязкость - явление переноса молекулами импульса
направленного движения

Сила внутреннего трения



$$F = \eta \left| \frac{dU}{dx} \right| S$$

$$j = -\eta \frac{dU}{dx}$$

$\frac{dU}{dx}$ - градиент скорости
направленного движения
молекул

$j = \frac{F}{S}$ - плотность потока
импульса

η - коэффициент
вязкости газа

$$\eta = \frac{1}{3} \rho \langle v \rangle \langle \lambda \rangle$$

$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}}$ - средняя скорость теплового
движения молекулы

$\langle \lambda \rangle = \frac{1}{\sqrt{2} \pi d^2 n}$ - средняя длина свободного
пробега молекулы

Задание

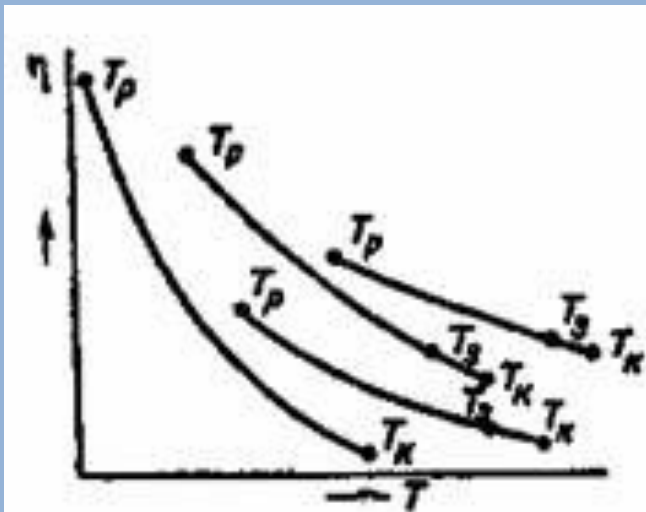
Докажите, что коэффициент вязкости газа η
не зависит от давления P

Вязкость

Вязкость жидкостей

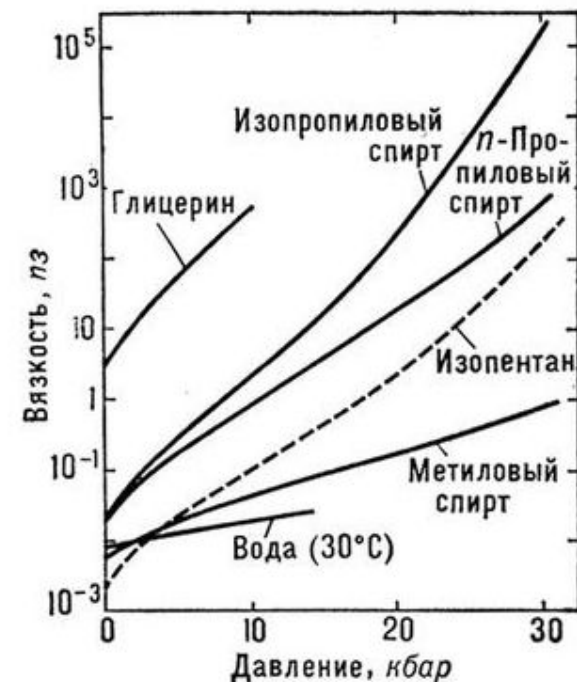
$$\eta = A e^{\left(\frac{U_a}{kT} \right)}$$

$$\eta = \frac{c}{V_M - b},$$



Фиг. 59. Вязкость и температурный интервал существования жидкостей.

T_p — температура плавления; T_k — критическая температура; T_s — соответственная температура.



$$\nu = \frac{\eta}{\rho},$$

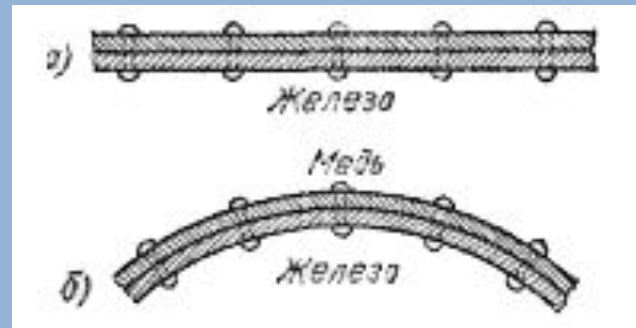
Тепловое расширение твердых

ТОП

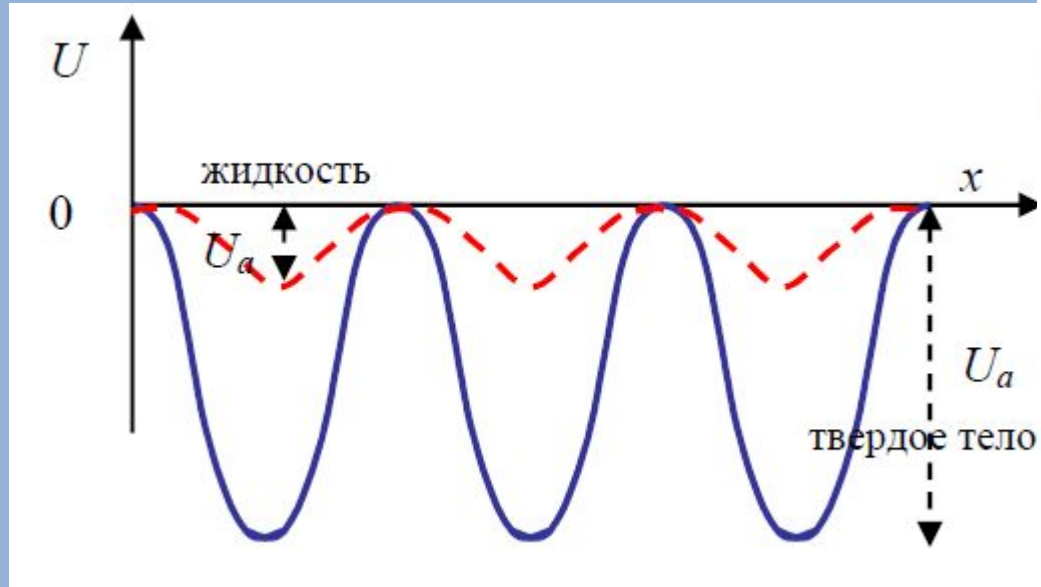
Тип Симметрия	Примитивные (P)	Базоцентрированные (C)	Гранецентрированные (F)	Объемно- центрированные (Y) Дважды центрированная (R)
Триклинная				
Моноклинная				
Ромбическая				
Тетрагональная				
Гексагональная и тригональная подсистемы				
Кубическая				

- Низшая категория (все трансляции не равны друг другу)
 - Триклинная: $a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
 - Моноклинная: $a \neq b \neq c, \alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$
 - Ромбическая (или орторомбическая): $a \neq b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
- Средняя категория (две трансляции из трёх равны между собой)
 - Тетрагональная: $a = b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
 - Тригональная: $a = b = c, \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$
 - Гексагональная: $a = b \neq c, \alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$
- Высшая категория (все трансляции равны между собой)
 - Кубическая: $a = b = c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$



Энергия активации



$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{U_a}{kT_k}\right)$$

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

- Деформация (продольная и поперечная)
-
- Напряжение
- Деформация сдвига

