

## Олимпиада «Высшая проба» по физике

10 класс, 2022 год

1. Большой по площади водоём с плоским дном заполнен водой глубины  $d$ . Далеко от его краёв находится вертикально расположенная труба, выходящая из дна. Верхний конец трубы запаян и находится вровень с водной поверхностью. Диаметр трубы мал по сравнению с её длиной. Через нижний конец трубы в неё подаётся насосом вода, которая вытекает из отверстий, проделанных на её боковой поверхности. Отверстия распределены таким образом, что вода из трубы вытекает во все стороны и по всей её длине с одинаковой интенсивностью. Полный расход жидкости (объём в единицу времени) равен  $Q$ .

1. На поверхность жидкости на расстоянии  $r$  от оси трубы упало лёгкое семечко тополя, после чего оно стало, оставаясь на поверхности, переноситься жидкостью вдоль прямой, проходящей через ось трубы. Найдите зависимость координаты этого семечка от времени.
2. Найдите слабое отклонение формы поверхности жидкости от горизонтальной плоскости.

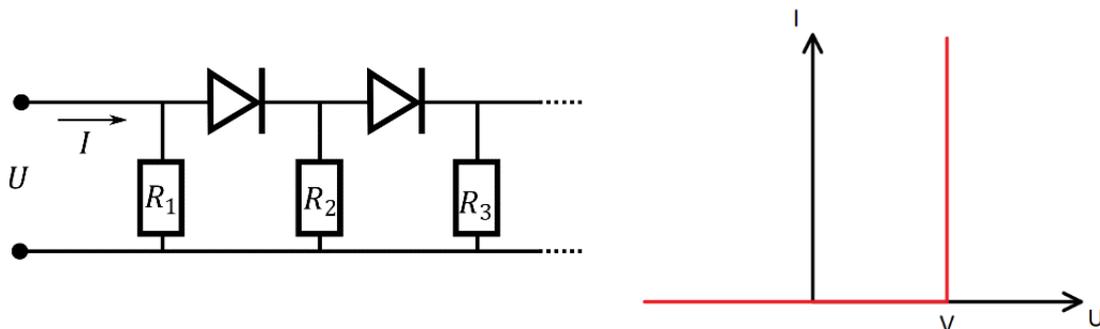
Считайте, что течение жидкости постоянно во времени, влияние вязкости на распределение течения в пространстве пренебрежимо мало. Число Фруда, определяемое как максимальный угол наклона поверхности в радианах, мало, так что пункт 1) следует решать, приняв поверхность жидкости идеально плоской. Ускорение свободного падения равно  $g$ .

$$\frac{\tau^2}{r} \cdot \frac{\partial p}{\partial r} = p - \rho \left( \tau \frac{\partial y}{\partial t} + \frac{p y}{\partial t} \right) \Lambda = (1) \quad (1)$$

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из двух изобар и двух изохор. Определите какой максимальный КПД возможен у данной машины, если отношение максимальной к минимальной температуре равно 4. В качестве рабочего газа используется гелий.

$$\eta_{\text{max}} = \frac{1}{4}$$

3. Бесконечная линия состоит из идеальных диодов с напряжением открытия, равным  $V$  (вольт-амперная характеристика диода представлена на рисунке), а также резисторов с сопротивлением  $R_n = R/n$ , где  $n$  — номер звена линии, смотри рисунок. Найдите вольт-амперную характеристику всей цепи. Какой приближённой формулой её можно описать при больших напряжениях  $U \gg V$ ?



$$\frac{\partial I}{\partial U} = I \cdot \Lambda \ll \Lambda \text{ иди } \left( \left\lfloor \frac{U}{V} \right\rfloor \tau - \frac{U}{V\tau} \right) \left( \left\lfloor \frac{U}{V} \right\rfloor + \tau \right) \left( \left\lfloor \frac{U}{V} \right\rfloor + 1 \right) \frac{U}{V} = I$$

4. В далеком 1958 году маленький воробей пролетал над военной базой в Китае. Местные жители решили избавиться от «вредителя» с помощью старинной пушки. Воробей увидел, как из пушки вылетело ядро. Направление скорости ядра к горизонту в момент выстрела он определил равным  $\alpha = 45^\circ$ . Ровно через  $t_1 = 2$  с он услышал оглушающий хлопок. Если бы он не сменил вовремя траекторию, то через  $t_2 = 10$  с снаряд поразил бы его. Определите, с какой скоростью вылетел снаряд из пушки, и на каком расстоянии он приземлился. Считать, что воробей летел строго параллельно горизонту по направлению к пушке с постоянной скоростью  $V = 46$  км/ч. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, скорость распространения звука в воздухе  $c = 330$  м/с. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

$$\frac{v}{c} \approx \frac{g t_1^2}{c^2 t_2^2} \approx 0.1$$

5. Для определения значения ускорения свободного падения  $g$  проводилось измерение параметров траектории движения круглого шара диаметром  $R = 10$  см, который подбрасывался вертикально вверх на высоту около  $H_0 = 6$  метров. Измерялось время  $T$  пролёта шара вверх до точки остановки и высота  $H$ , на которую шар поднялся за время  $T$ ; измерение величин  $H$  и  $T$  можно считать абсолютно точным.

Однако оказалось, что эксперименты с железным шаром и с резиновым мячиком в качестве шара того же размера дают немного отличающиеся значения константы  $g$ . Оцените погрешность измерения  $g$  для обоих экспериментов, возникающую вследствие сопротивления воздуха.

**Указание:** на релевантных скоростях движения следует считать, что сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости шара. Для справки, динамическая вязкость воздуха  $\eta = 2 \cdot 10^{-5}$  Па · с.

$$\frac{\Delta g}{g} \approx \frac{6 \eta}{\rho R^2} \approx 0.1$$