

Время выполнения заданий – 240 минут

Максимальное количество баллов – 100

Задание 1 (20 баллов)

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.

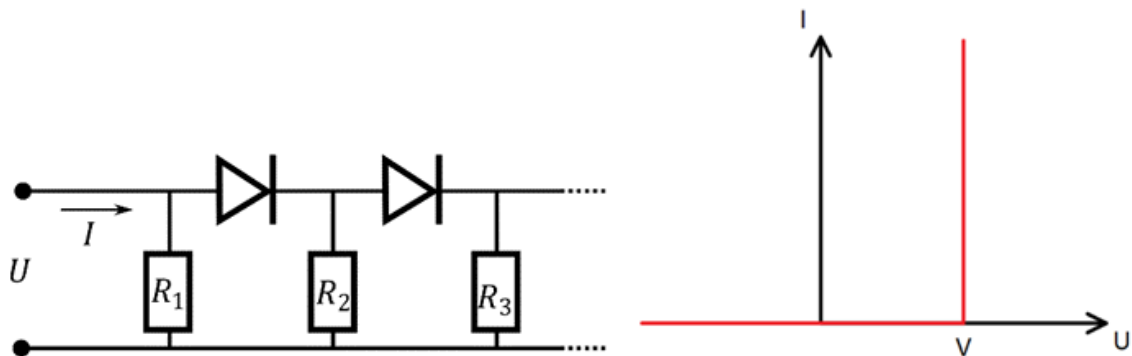
Считайте, что течение жидкости постоянно во времени, влияние вязкости на распределение течения в пространстве пренебрежимо мало. Число Фруда, определяемое как максимальный угол наклона поверхности в радианах, мало, так что пункт 1) следует решать, приняв поверхность жидкости идеально плоской. Ускорение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

Задание 2 (20 баллов)

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.

Задание 3 (20 баллов)

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 $U \gg V$?



Задание 4 (20 баллов)

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 после выстрела 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/с², скорость распространения звука в воздухе 330 м/с. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Задание 5 (20 баллов)

Для определения значения ускорения свободного падения g проводилось измерение параметров траектории движения круглого шара диаметром 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 T и H 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.