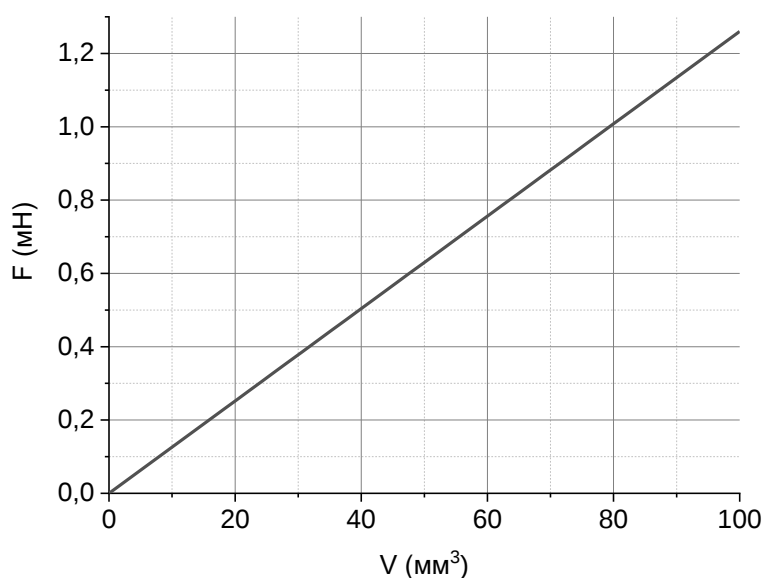


Физика. 8 класс Вариант 1

Во всех задачах необходимо привести полное обоснованное решение.

1. В емкость с глицерином кладут замороженный кристалл глицерина, который плавает, погружаясь на половину, и начинает таять, меняя температуру жидкости на 5°C . Зависимость силы Архимеда от объема, погруженной в жидкость, части кристалла представлена на рисунке. Какова масса жидкости? Известно, что отношение удельной теплоты плавления к удельной теплоемкости равно 85. Объем глицерина после размораживания увеличивается в 1,04 раза. (10 баллов)



Решение:

1. Так как $F = \rho g V$, то из графика плотность жидкости: $\rho \sim 1250 \text{ кг/м}^3$.
2. Из уравнения теплового баланса $\lambda m = c \cdot m_1 \cdot \Delta T$
 $m = \rho V_K$ – масса замороженного кусочка, после размораживания занявшего объем V_K . $V_{\text{ем}}$ – объем глицерина в емкости в начале.
 Или: $\lambda \rho V_K = c \cdot \rho V_{\text{ем}} \cdot \Delta T$, тогда $V_{\text{ем}} = \lambda V_K / c \Delta T$.
3. Весь объем жидкости после таяния кусочка в емкости: $V_{\text{ж}} = V_K + V_{\text{ем}}$
4. Объем жидкости после таяния кусочка:
 $V_K = (2 \cdot 100 \text{ мм}^3) \cdot 1,04 = 208 \text{ мм}^3 = 208 \text{ мм}^3$.
5. Масса жидкости: $M = \rho (V_K + V_{\text{ем}}) = \rho (V_K + \lambda V_K / c \Delta T) = \rho V_K (1 + \lambda / c \Delta T)$
 $= 18 \rho V_K = 18 \cdot 1250 \cdot 208 \text{ мм}^3 = 4,7 \text{ г}$.

Ответ: 4,7 г.

Критерии:

1. Получена плотность - 2 балла
2. Записано уравнение теплового баланса - 3 балла
3. Получен объем после таяние (3 и 4 пункты) - 2+1 баллов
4. Получено конечное выражение и ответ - 2 балла

2. Глазная артерия человека перед входом в глаз имеет диаметр около 2 мм. Внутри глазницы глазная артерия делится на несколько основных веток со средним диаметром около 1,1 мм. Скорости крови и количество крови через артерию и ветки в единицу времени постоянные, скорости равны: в глазной артерии 32 см/с, а в ветках 6 мл/мин. Какова общая масса крови в ветках? Длину веток считать равной 7 мм, а плотность крови 1,060 г/см³. (25 баллов)

Решение:

1. Переведем скорость крови в ветках из мл/мин в м³/с.:

0,33 мл/мин переводим в СИ: $v = 6 \cdot 10^{-6} / 60 = 10^{-7} \text{ м}^3/\text{с}$

Ветка образует форму цилиндра с основанием πr^2 , тогда ее объем $V = vt = \pi r^2 v_B t$,

Где t – время движения крови по ветке со скоростью v_B , r - радиус ветки.

Тогда $v_B = v / \pi r_B^2 = 4 \cdot 10^{-7} / (3,14 \cdot (0,0011)^2) = 0,105 \text{ м/с} = 105 \text{ мм/с}$.

Плотность $1,060 \text{ г/см}^3 = 1060 \text{ кг/м}^3$.

2. Воспользуемся тем, что то через любое сечение трубки в единицу времени протекают одинаковые объемы жидкости, тогда $V/t = S l/t = S v = S_a v_a = n S_B v_B$

Где S_a и v_a площадь артерии и скорость крови в артерии, а S_B и v_B площадь ветки и скорость крови в ветках, n – количество веток.

Найдем $n = S_a v_a / S_B v_B = d_a^2 v_a / d_B^2 v_B = (2 \text{ мм})^2 \cdot 320 \text{ мм/с} / ((1,1 \text{ мм})^2 \cdot 105 \text{ мм/с}) = 10$ штук

3. Найдем общую массу крови $m = \rho V = n \rho (\pi d_B^2 / 4) \cdot l$, где $l = 0,007 \text{ м}$ – длина веток

$m = n \rho (\pi d_B^2 / 4) \cdot l = 10 \cdot 1060 \cdot 3,14 \cdot (1,1 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,007 / 4 = 70 \cdot 10^{-6} \text{ кг} = 70 \text{ мкг}$.

Ответ: 70 мкг.

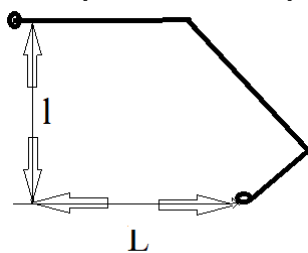
Критерии:

1. Перевод всех величин в СИ - 5 баллов
2. Записана связь скоростей и площадей в артерии и ветках - 5 баллов
3. Найдено число веток - 5 баллов
4. Получено конечное выражение и ответ - 5 баллов

3. Моторная лодка ехала к острову, расположенному, на расстоянии к югу $l = 4$ км и к востоку на $L = 3,5$ км (смотрите рисунок). Маршрут состоял из трёх прямых линий. Сначала на восток, потом на юго-восток, а затем на юго-запад. Скорость и направление ветра измерялись на лодке.

Время, затраченное на проезд первого участка, было $t_1 = 3$ мин, измеренная скорость ветра $v_1 = 15$ м/с. Второй участок был пройден за время $t_2 = 1,5$ мин, а скорость ветра $v_2 = 10$ м/с. Третий участок был пройден за время $t_3 = 1,5$ мин, скорость ветра $v_3 = 5$ м/с. Какова была средняя скорость ветра?

Примечание. На разных участках скорость лодки могла быть разной, но в течение одного участка скорость постоянная. Время, необходимое для поворота и ускорения, незначительно. Фактическая скорость и направление ветра не изменились. (20 баллов)



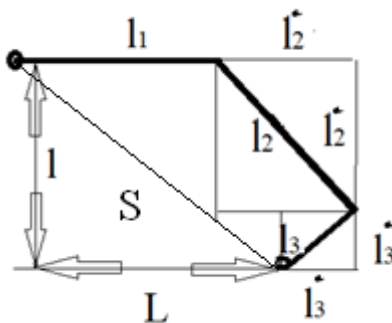
Решение:

1. Наблюдая за движением моторной лодки относительно воздуха (см на рисунке обозначения):

$l_1 = t_1 v_1 = 2700$ м на восток,

затем $l_2 = t_2 v_2 = 900$ м на юго-восток

и, наконец, $l_3 = t_3 v_3 = 450$ м на юго-запад.



2. В целом, по теореме Пифагора, учитывая равенство катетов при углах в 45° , смещение на юг составило $L_{Ю} = l_2' + l_3' = (l_2 + l_3)/\sqrt{2} \approx 955$ м, и в восточном направлении $L_{В} = l_1 + (l_2' - l_3') = l_1 + (l_2 - l_3)/\sqrt{2} \approx 3018$ м.

3. Однако относительно земли смещение лодки произошло к югу на $l = 4$ км, а на восток на $L = 3,5$ км.

Поэтому воздух должен был сместиться относительно земли на $L - L_{В}$ на запад и на $l - L_{Ю}$ на север.

То есть перемещение воздуха относительно земли по теореме Пифагора

$$S = \sqrt{(L - L_{В})^2 + (l - L_{Ю})^2}$$

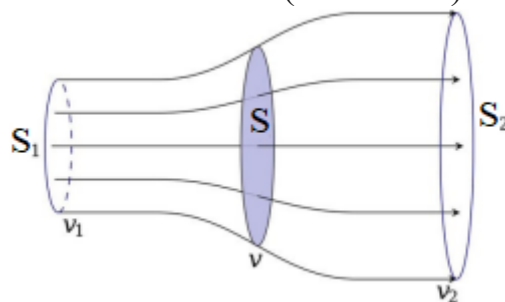
Отсюда мы получаем скорость ветра быть
 $v = S/t = \sqrt{((L - L_B)^2 + (l - L_{Ю})^2) / (t_1 + t_2 + t_3)} = 8,6 \text{ м/с}$

Ответ: 8,6 м/с

Критерии:

1. Рассчитаны смещения моторной лодки относительно воздуха – 6 баллов
2. Рассчитаны смещения относительно воздуха на юг и восток -10 баллов
3. Рассчитано смещение относительно земли - 6 баллов

4. Новейшие морские ветряные турбины в Северном море имеют длину лопастей 107 м, а средняя скорость ветра $v=10 \text{ м/с}$. Предполагая, что направление ветра перпендикулярно плоскости лопаток турбины, определить максимально возможную выходную мощность (P) такой турбины в МВт. Считать, что ветер рассеивается по большей площади, как показано на рисунке, при этом все количество воздуха проходит через изображенный объем без потерь. Скорость ветра позади турбины медленнее, $v_1 - v_2 = 6 \text{ м/с}$. S - площадь потока воздушных масс через турбину. Плотность воздуха $\rho = 1.23 \text{ кг/м}^3$ остается постоянной. (30 баллов)



Решение:

1. Масса потока воздуха, в первой, средней и последней областях остается постоянной:

$$m = \rho V_1 = \rho V = \rho V_2$$

$$\text{Или: } m = \rho S_1 v_1 t = \rho S v t = \rho S_2 v_2 t$$

2. Площадь $S = \pi r^2$.

3. Изменение кинетической энергии (являющейся полезной работой для турбины)

$$\Delta E = m v_1^2 / 2 - m v_2^2 / 2 = m (v_1^2 - v_2^2) / 2$$

4. Тогда максимально возможная выходная мощность турбины равна:

$$P = \Delta E / t = m (v_1^2 - v_2^2) / 2t = \rho S v (v_1^2 - v_2^2) / 2 = \rho S v (v_1 - v_2) (v_1 + v_2) / 2$$

5. Учитывая, что средняя скорость $v = (v_1 + v_2) / 2$

$$6. \text{Получаем: } P = \rho S v^2 (v_1 - v_2) = 26.5 \text{ МВт}$$

Критерии:

1. Получена связь скоростей и площадей - 10 баллов
2. Получена полезная работа для турбины - 5 баллов
3. Записано выражение выходной мощности турбины через скорости – 7 баллов
4. Найдена средняя скорость - 3 балла
5. Получено конечное выражение и ответ - 5 баллов

5. Три жидкости находятся при температурах 5°C , 20°C , и 40°C соответственно. Смешивают равные массы первых двух жидкостей, и устанавливается равновесная температура 18°C . Затем смешивают равные массы второго и третьего веществ и определяют равновесную температуру 32°C . Найдите равновесную температуру при смешивании равных масс первого и третьего веществ. (15 баллов)

Решение:

1. Согласно первому условию, равные массы жидкостей 1 и 2 смешиваются, и устанавливается равновесная температура 18°C . Следовательно, тепло, полученное жидкостью 2, равно теплу, потерянное жидкостью 1. Математически это можно выразить так: $mc_1(20-5)=mc_2(20-18)$. Отсюда $c_2=5 c_1/2=2.5 c_1$

2. Согласно второму условию, равные массы жидкостей 2 и 3 смешиваются, и равновесная температура составляет 32°C . Следовательно, тепло, полученное жидкостью 3, равно теплу, потерянное жидкостью 2. Математически это можно выразить так: $mc_2(32-20)=mc_3(40-32)$. Заменим c_2 выражением из шага 1 и получим $c_3=12c_2/8=1.5 c_2=3.75 c_1$.

3. Теперь, когда равные массы жидкостей 1 и 3 смешиваются, тепло, полученное жидкостью 3, будет равно теплу, потерянное жидкостью 1. Обозначим равновесную температуру как T . Следовательно, $mc_1(T-5)=mc_3(40-T)$. Заменим c_1 и c_3 выражениями из шагов 1 и 2 соответственно, упростим $T=32.6^{\circ}\text{C}$.

Ответ: 32.6°C

Критерии:

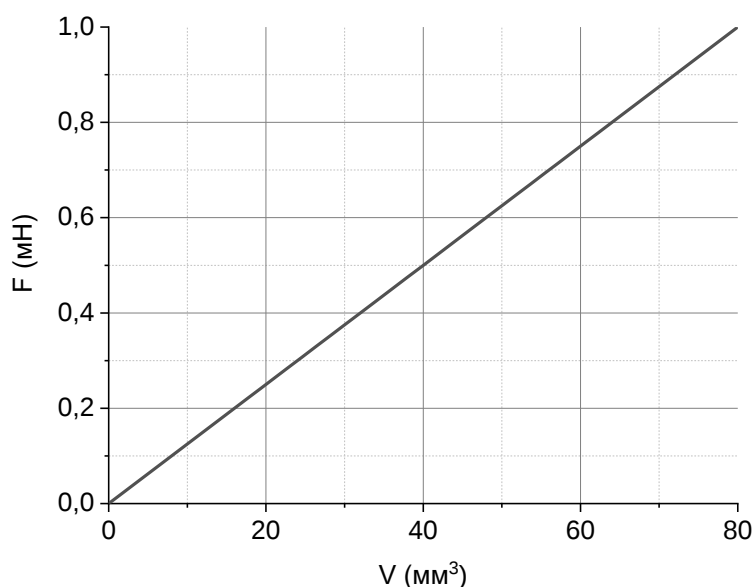
1. Записаны уравнения тепловых балансов - 9 баллов
2. Получено конечное выражение и ответ- 6 баллов

Физика. 8 класс

Вариант 2

Во всех задачах необходимо привести полное обоснованное решение.

1. В емкость с глицерином кладут замороженный кристалл глицерина, который плавает, погружаясь на половину, и начинает таять, меняя температуру жидкости на $2,5^{\circ}\text{C}$. Зависимость силы Архимеда от объема, погруженной в жидкость, части кристалла представлена на рисунке. Какова масса жидкости? Известно, что отношение удельной теплоты плавления к удельной теплоемкости равно 85. Объем глицерина после размораживания увеличивается в 1,04 раза. (10 баллов)



Решение:

1. Так как $F = \rho g V$, то из графика плотность жидкости: $\rho \sim 1250 \text{ кг/м}^3$.
2. Из уравнения теплового баланса $\lambda m = c \cdot m_1 \cdot \Delta T$
 $m = \rho V_K$ – масса замороженного кусочка, после размораживания занявшего объем V_K . $V_{\text{ем}}$ – объем глицерина в емкости в начале.
или $\lambda \rho V_K = c \cdot \rho V_{\text{ем}} \cdot \Delta T$, тогда $V_{\text{ем}} = \lambda V_K / c \Delta T$.
3. Весь объем жидкости после таяния кусочка в емкости: $V_{\text{ж}} = V_K + V_{\text{ем}}$
4. Объем жидкости после таяния кусочка:
 $V_K = (2 \cdot 80 \text{ мм}^3) \cdot 1,04 = 166,4 \text{ мм}^3 = 166,4 \text{ мм}^3$.
5. Масса жидкости: $M = \rho (V_K + V_{\text{ем}}) = \rho (V_K + \lambda V_K / c \Delta T) = \rho V_K (1 + \lambda / c \Delta T)$
 $= 35 \rho V_K = 35 \cdot 1250 \cdot 166,4 \text{ мм}^3 = 7,3 \text{ г}$.

Ответ: 7,3 г.

Критерии:

1. Получена плотность - 2 балла
2. Записано уравнение теплового баланса - 3 балла
3. Получен объем после таяния (3 и 4 пункты) - 2+1 баллов

4. Получено конечное выражение и ответ - 2 балла

2. Глазная артерия человека перед входом в глаз имеет диаметр около 2 мм. Внутри глазницы глазная артерия делится на несколько основных веток со средним диаметром около 1,1 мм. Скорости крови и количество крови через артерию и ветки в единицу времени постоянные, скорости равны: в глазной артерии 32 см/с, а в ветках 6 мл/мин. Какова длина каждой ветки, если общая масса крови 65 мкг, а плотность крови 1,060 г/см³. (25 баллов)

Решение:

1. Переведем скорость крови в ветках из мл/мин в м³/с.:
0,33 мл/мин переводим в СИ: $v = 6 \cdot 10^{-6} / 60 = 10^{-7} \text{ м}^3/\text{с}$
Ветка образует форму цилиндра с основанием πr^2 , тогда ее объем $V = vt = \pi r^2 v_B t$,
Где t – время движения крови по ветке со скоростью v_B , r - радиус ветки.
Тогда $v_B = v / \pi r_B^2 = 4 \cdot 10^{-7} / (3,14 \cdot (0,0011)^2) = 0,105 \text{ м/с} = 105 \text{ мм/с}$.
Плотность $1,060 \text{ г/см}^3 = 1060 \text{ кг/м}^3$.

2. Воспользуемся тем, что то через любое сечение трубки в единицу времени протекают одинаковые объемы жидкости, тогда $V/t = S l/t = S v = S_a v_a = n S_B v_B$

Где S_a и v_a площадь артерии и скорость крови в артерии, а S_B и v_B площадь ветки и скорость крови в ветках, n – количество веток.
Найдем $n = S_a v_a / S_B v_B = d_a^2 v_a / d_B^2 v_B = (2 \text{ мм})^2 \cdot 320 \text{ мм/с} / ((1,1 \text{ мм})^2 \cdot 105 \text{ мм/с}) = 10$ штук

3. Найдем общую массу крови $m = \rho V = n \rho (\pi d_B^2 / 4) \cdot l$, где l – длина веток
Тогда: $l = 4m / (n \rho \pi d_B^2) = 4 \cdot 65 \cdot 10^{-6} / ((10 \cdot 1060 \cdot 3,14 \cdot (0,0011)^2)) = 0,0065 \text{ м} = 6,5 \text{ мм}$.

Ответ: 6,5 мм

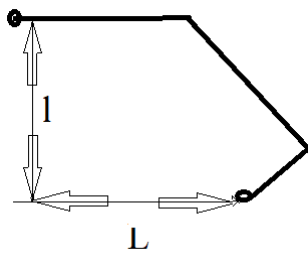
Критерии:

1. Перевод всех величин в СИ - 5 баллов
2. Записана связь скоростей и площадей в артерии и ветках - 5 баллов
3. Найдено число веток - 5 баллов
4. Получено конечное выражение и ответ - 5 баллов

3. Моторная лодка ехала к острову, расположенному, на расстоянии к югу $l = 5 \text{ км}$ и к востоку на $L = 4 \text{ км}$ (смотрите рисунок). Маршрут состоял из трёх прямых линий. Сначала на восток, потом на юго-восток, а затем на юго-запад. Скорость и направление ветра измерялись на лодке.

Время, затраченное на проезд первого участка, было $t_1 = 3 \text{ мин}$, измеренная скорость ветра $v_1 = 20 \text{ м/с}$. Второй участок был пройден за время $t_2 = 1,5 \text{ мин}$, а скорость ветра $v_2 = 15 \text{ м/с}$. Третий участок был пройден за время $t_3 = 1,5 \text{ мин}$, скорость ветра $v_3 = 10 \text{ м/с}$. Какова была средняя скорость ветра?

Примечание. На разных участках скорость лодки могла быть разной, но в течение одного участка скорость постоянная. Время, необходимое для поворота и ускорения, незначительно. Фактическая скорость и направление ветра не изменились. (20 баллов)



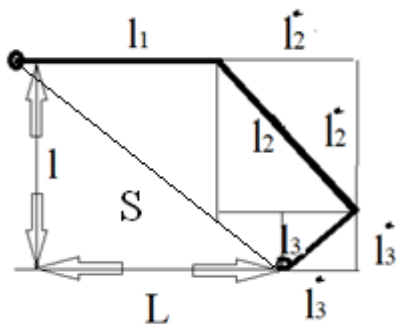
Решение:

1. Наблюдая за движением моторной лодки относительно воздуха (см на рисунке обозначения):

$l_1 = t_1 v_1 = 3600$ м на восток,

затем $l_2 = t_2 v_2 = 1350$ м на юго-восток

и, наконец, $l_3 = t_3 v_3 = 900$ м на юго-запад.



2. В целом, по теореме Пифагора, учитывая равенство катетов при углах в 45° ,

смещение на юг составило $L_{Ю} = l_2' + l_3' = (l_2 + l_3)/\sqrt{2} \approx 1607$ м,

и в восточном направлении $L_B = l_1 + (l_2' - l_3') = l_1 + (l_2 - l_3)/\sqrt{2} \approx 3921$ м,

3. Однако относительно земли смещение лодки произошло к югу на $l=5$ км а на восток на $L=4$ км.

Поэтому воздух должен был сместиться относительно земли на $L - L_B$ на запад и на $l - L_{Ю}$ на север.

То есть перемещение воздуха относительно земли по теореме Пифагора

$$S = \sqrt{(L - L_B)^2 + (l - L_{Ю})^2}$$

Отсюда мы получаем скорость ветра быть

$$v = S/t = \sqrt{(L - L_B)^2 + (l - L_{Ю})^2} / (t_1 + t_2 + t_3) = 9,4 \text{ м/с}$$

Ответ: 9,4 м/с

Критерии:

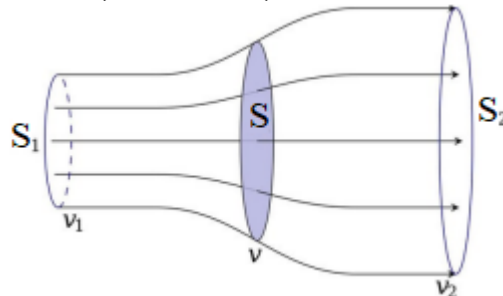
1. Рассчитаны смещения моторной лодки относительно воздуха – 6 баллов

2. Рассчитаны смещения относительно воздуха на юг и восток – 10 баллов

3. Рассчитано смещение относительно земли - 6 баллов

4. Получена скорость ветра - 3 балла

4. Новейшие морские ветряные турбины в Северном море имеют длину лопастей 110 м, а средняя скорость ветра $v=10$ м/с. Направление ветра перпендикулярно плоскости лопаток турбины. Максимально возможная выходная мощность такой турбины $P=20$ МВт. Считать, что ветер рассеивается по большей площади, как показано на рисунке, при этом все количество воздуха проходит через изображенный объем без потерь. Скорость ветра позади турбины медленнее. S - площадь потока воздушных масс через турбину. Плотность воздуха $\rho=1.23$ кг/м³ остается постоянной. Определить разницу скоростей: $v_1 - v_2$. (30 баллов)



Решение:

1. Масса потока воздуха, в первой, средней и последней областях остается постоянной:

$$m = \rho V_1 = \rho V = \rho V_2$$

$$\text{Или: } m = \rho S_1 v_1 t = \rho S v t = \rho S_2 v_2 t$$

2. Площадь $S = \pi r^2$.

3. Изменение кинетической энергии (являющейся полезной работой для турбины)

$$\Delta E = m v_1^2 / 2 - m v_2^2 / 2 = m (v_1^2 - v_2^2) / 2$$

4. Тогда максимально возможная выходная мощность турбины равна:
 $P = \Delta E / t = m (v_1^2 - v_2^2) / 2t = \rho S v (v_1^2 - v_2^2) / 2 = \rho S v (v_1 - v_2) (v_1 + v_2) / 2$

5. Учитывая, что средняя скорость $v = (v_1 + v_2) / 2$

6. Получаем: $P = \rho S v^2 (v_1 - v_2) = 20$ МВт, тогда $v_1 - v_2 = 20 \text{ МВт} / \rho \pi r^2 v^2 = 4,3 \text{ м/с}$

Ответ: 4,3 м/с

Критерии:

1. Получена связь скоростей и площадей - 10 баллов

2. Получена полезная работа для турбины - 5 баллов

3. Записано выражение выходной мощности турбины через скорости - 7 баллов

4. Найдена средняя скорость - 3 балла

5. Получено конечное выражение и ответ - 5 баллов

5. Три жидкости находятся при температурах 20°C , 30°C , и 40°C соответственно. Смешивают равные массы первых двух жидкостей, и устанавливается равновесная температура 24°C . Затем смешивают равные массы второго и третьего веществ и определяют равновесную температуру 31°C . Найдите равновесную температуру при смешивании равных масс первого и третьего веществ. (15 баллов)

Решение:

1. Согласно первому условию, равные массы жидкостей 1 и 2 смешиваются, и устанавливается равновесная температура 24°C . Следовательно, тепло, полученное жидкостью 2, равно теплу, потерянное жидкостью 1. Математически это можно выразить так: $m c_1 (24 - 20) = m c_2 (30 - 24)$.

Отсюда $c_2 = 4 c_1 / 6$.

2. Согласно второму условию, равные массы жидкостей 2 и 3 смешиваются, и равновесная температура составляет 31°C . Следовательно, тепло, полученное жидкостью 3, равно теплу, потерянное жидкостью 2. Математически это можно выразить так: $m c_2 (31 - 30) = m c_3 (40 - 31)$. Заменим c_2 выражением из шага 1 и получим $c_3 = c_2 / 9 = 2 c_1 / 27$.

3. Теперь, когда равные массы жидкостей 1 и 3 смешиваются, тепло, полученное жидкостью 3, будет равно теплу, потерянное жидкостью 1. Обозначим равновесную температуру как T . Следовательно, $m c_1 (T - 20) = m c_3 (40 - T)$. Заменим c_1 и c_3 выражениями из шагов 1 и 2 соответственно, упростим $T = 21.4^{\circ}\text{C}$.

Ответ: 21.4°C .

Критерии:

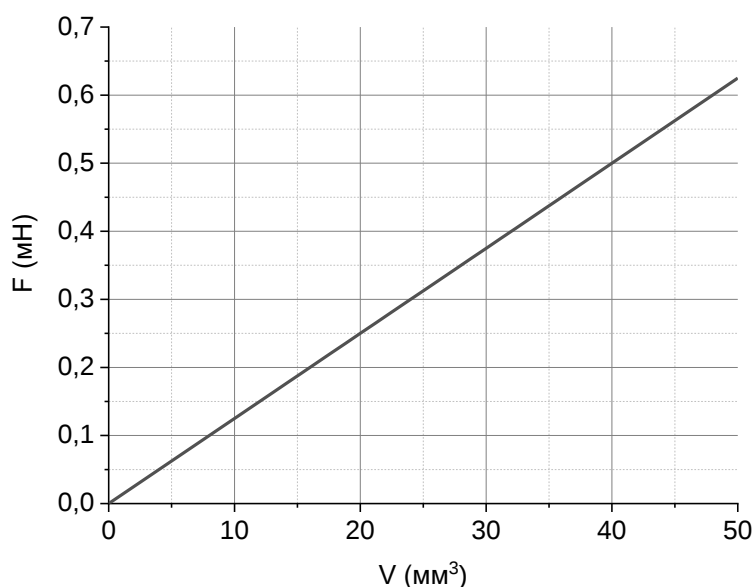
1. Записаны уравнения тепловых балансов - 9 баллов
2. Получено конечное выражение и ответ - 6 баллов

Физика. 8 класс

Вариант 3

Во всех задачах необходимо привести полное обоснованное решение.

1. В емкость с глицерином кладут замороженный кристалл глицерина, который плавает, погружаясь на половину, и начинает таять, меняя температуру жидкости на 1°C . Зависимость силы Архимеда от объема, погруженной в жидкость, части кристалла представлена на рисунке. Какова масса жидкости? Известно, что отношение удельной теплоты плавления к удельной теплоемкости равно 85. Объем глицерина после размораживания увеличивается в 1,04 раза. (10 баллов)



Решение:

1. Так как $F = \rho g V$, то из графика плотность жидкости: $\rho \sim 1250 \text{ кг/м}^3$.
2. Из уравнения теплового баланса $\lambda m = c \cdot m_1 \cdot \Delta T$
 $m = \rho V_K$ – масса замороженного кусочка, после размораживания занявшего объем V_K . $V_{\text{ем}}$ – объем глицерина в емкости в начале.
или $\lambda \rho V_K = c \cdot \rho V_{\text{ем}} \cdot \Delta T$, тогда $V_{\text{ем}} = \lambda V_K / c \Delta T$.
3. Весь объем жидкости после таяния кусочка в емкости: $V_{\text{ж}} = V_K + V_{\text{ем}}$
4. Объем жидкости после таяния кусочка:
 $V_K = (2 \cdot 50 \text{ мм}^3) \cdot 1,04 = 104 \text{ мм}^3 = 104 \text{ мм}^3$.
5. Масса жидкости: $M = \rho (V_K + V_{\text{ем}}) = \rho (V_K + \lambda V_K / c \Delta T) = \rho V_K (1 + \lambda / c \Delta T)$
 $= 35 \rho V_K = 86 \cdot 1250 \cdot 104 \text{ мм}^3 = 11 \text{ г}$.

Ответ: 11 г.

Критерии:

1. Получена плотность - 2 балла
2. Записано уравнение теплового баланса - 3 балла
3. Получен объем после таяния (3 и 4 пункты) - 2+1 баллов

4. Получено конечное выражение и ответ - 2 балла

2. Глазная артерия человека перед входом в глаз имеет диаметр около 2 мм. Внутри глазницы глазная артерия делится на несколько основных веток со средним диаметром около 1,1 мм. Скорости крови и количество крови через артерию и ветки в единицу времени постоянные, скорости равны: в глазной артерии 32 см/с, а в ветках 6 мл/мин. Какова плотность крови (г/см^3), если длина каждой ветки 7,4 мм, а общая масса крови в ветках 75 мкг. Дать ответ до тысячных значений. (25 баллов)

Решение:

1. Переведем скорость крови в ветках из мл/мин в $\text{м}^3/\text{с}$:

0,33 мл/мин переводим в СИ: $v = 6 \cdot 10^{-6}/60 = 10^{-7} \text{ м}^3/\text{с}$

Ветка образует форму цилиндра с основанием πr^2 , тогда ее объем $V = vt = \pi r^2 v_B t$,
Где t – время движения крови по ветке со скоростью v_B , r - радиус ветки.

Тогда $v_B = v / \pi r_B^2 = 4 \cdot 10^{-7} / (3,14 \cdot (0,0011)^2) = 0,105 \text{ м/с} = 105 \text{ мм/с}$.

2. Воспользуемся тем, что то через любое сечение трубки в единицу времени протекают одинаковые объемы жидкости, тогда $V/t = S l/t = S v = S_a v_a = n S_B v_B$

Где S_a и v_a площадь артерии и скорость крови в артерии, а S_B и v_B площадь ветки и скорость крови в ветках, n – количество веток.

Найдем $n = S_a v_a / S_B v_B = d_a^2 v_a / d_B^2 v_B = (2 \text{ мм})^2 \cdot 320 \text{ мм/с} / ((1,1 \text{ мм})^2 \cdot 105 \text{ мм/с}) = 10$ штук

3. Найдем общую массу крови $m = \rho V = n \rho (\pi d_B^2 / 4) \cdot l$, где l – длина веток

Тогда: $l = 4m / (n \rho \pi d_B^2)$

$\rho = 4m / (n l \pi d_B^2) = 4 \cdot 75 \cdot 10^{-6} / ((10 \cdot 0,0074 \cdot 3,14 \cdot (0,0011)^2)) = 1,067 \text{ г/см}^3$

Ответ: 1,067 г/см^3

Критерии:

1. Перевод всех величин в СИ - 5 баллов

2. Записана связь скоростей и площадей в артерии и ветках - 5 баллов

3. Найдено число веток - 5 баллов

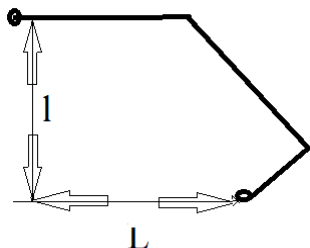
4. Получено конечное выражение и ответ - 5 баллов

3. Моторная лодка ехала к острову, расположенному, на расстоянии к югу $l = 1 \text{ км}$ и к востоку на $L = 3 \text{ км}$ (смотрите рисунок). Маршрут состоял из трёх прямых линий. Сначала на восток, потом на юго-восток, а затем на юго-запад. Скорость и направление ветра измерялись на лодке.

Время, затраченное на проезд первого участка, было $t_1 = 3 \text{ мин}$, измеренная скорость ветра $v_1 = 10 \text{ м/с}$. Второй участок был пройден за время $t_2 = 1,5 \text{ мин}$, а скорость ветра $v_2 = 7 \text{ м/с}$. Третий участок был пройден

за время $t_3 = 1,5$ мин, скорость ветра $v_3 = 3$ м/с. Какова была средняя скорость ветра?

Примечание. На разных участках скорость лодки могла быть разной, но в течение одного участка скорость постоянная. Время, необходимое для поворота и ускорения, незначительно. Фактическая скорость и направление ветра не изменились. (20 баллов)



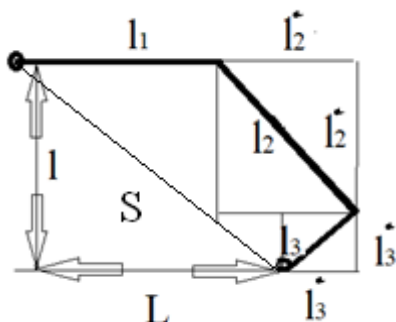
Решение:

1. Наблюдая за движением моторной лодки относительно воздуха (см на рисунке обозначения):

$l_1 = t_1 v_1 = 1800$ м на восток,

затем $l_2 = t_2 v_2 = 630$ м на юго-восток

и, наконец, $l_3 = t_3 v_3 = 270$ м на юго-запад.



2. В целом, по теореме Пифагора, учитывая равенство катетов при углах в 45° ,

смещение на юг составило $L_{\text{Ю}} = l_2' + l_3' = (l_2 + l_3)/\sqrt{2} \approx 643$ м,

и в восточном направлении $L_{\text{В}} = l_1 + (l_2' - l_3') = l_1 + (l_2 - l_3)/\sqrt{2} \approx 2057$ м,

3. Однако относительно земли смещение лодки произошло к югу на $l = 1$ км а на восток на $L = 3$ км.

Поэтому воздух должен был сместиться относительно земли на $L - L_{\text{В}}$ на запад и на $l - L_{\text{Ю}}$ на север.

То есть перемещение воздуха относительно земли по теореме Пифагора $S = \sqrt{(L - L_{\text{В}})^2 + (l - L_{\text{Ю}})^2}$

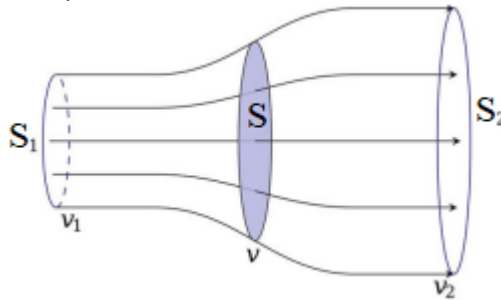
Отсюда мы получаем скорость ветра быть

$v = S/t = \sqrt{(L - L_{\text{В}})^2 + (l - L_{\text{Ю}})^2} / (t_1 + t_2 + t_3) = 2,8$ м/с

Ответ: 2,8 м/с

Критерии:

1. Рассчитаны смещения моторной лодки относительно воздуха – 6 баллов
2. Рассчитаны смещения относительно воздуха на юг и восток – 10 баллов
3. Рассчитано смещение относительно земли - 6 баллов
4. Получена скорость ветра - 3 балла
4. Новейшие морские ветряные турбины в Северном море имеют длину лопастей 114 м. Направление ветра перпендикулярно плоскости лопаток турбины. Максимально возможная выходная мощность такой турбины $P=25$ МВт. Считать, что ветер рассеивается по большей площади, как показано на рисунке, при этом все количество воздуха проходит через изображенный объем без потерь. Скорость ветра позади турбины медленнее, $v_1 - v_2 = 5$ м/с. S - площадь потока воздушных масс через турбину. Плотность воздуха $\rho=1.23$ кг/м³ остается постоянной. Какова средняя скорость ветра? (30 баллов)



Решение:

1. Масса потока воздуха, в первой, средней и последней областях остается постоянной:

$$m = \rho V_1 = \rho V = \rho V_2$$

$$\text{Или: } m = \rho S_1 v_1 t = \rho S v t = \rho S_2 v_2 t$$

2. Площадь $S = \pi r^2$.

3. Изменение кинетической энергии (являющейся полезной работой для турбины)

$$\Delta E = m v_1^2 / 2 - m v_2^2 / 2 = m (v_1^2 - v_2^2) / 2$$

4. Тогда максимально возможная выходная мощность турбины равна:

$$P = \Delta E / t = m (v_1^2 - v_2^2) / 2t = \rho S v (v_1^2 - v_2^2) / 2 = \rho S v (v_1 - v_2) (v_1 + v_2) / 2$$

5. Учитывая, что средняя скорость $v = (v_1 + v_2) / 2$

6. Получаем: $P = \rho \pi r^2 v^2 (v_1 - v_2) = 25$ МВт

Отсюда $v^2 = 25 \text{ МВт} / \rho \pi r^2 (v_1 - v_2) = 100$, Тогда $v = 10$ м/с.

Ответ: 10 м/с

Критерии:

1. Получена связь скоростей и площадей - 10 баллов
2. Получена полезная работа для турбины - 5 баллов

3. Записано выражение выходной мощности турбины через скорости - 7 баллов

4. Найдена средняя скорость - 3 балла

5. Получено конечное выражение и ответ - 5 баллов

5. Три жидкости находятся при температурах 10°C , 20°C , и 30°C соответственно. Смешивают равные массы первых двух жидкостей, и устанавливается равновесная температура 14°C . Затем смешивают равные массы второго и третьего веществ и определяют равновесную температуру 24°C . Найдите равновесную температуру при смешивании равных масс первого и третьего веществ. (15 баллов)

Решение:

1. Согласно первому условию, равные массы жидкостей 1 и 2 смешиваются, и устанавливается равновесная температура 14°C . Следовательно, тепло, полученное жидкостью 2, равно теплу, потерянное жидкостью 1. Математически это можно выразить так: $m c_1(14-10)=m c_2(20-14)$.

Отсюда $c_2=2 c_1/3$

2. Согласно второму условию, равные массы жидкостей 2 и 3 смешиваются, и равновесная температура составляет 24°C . Следовательно, тепло, полученное жидкостью 3, равно теплу, потерянное жидкостью 2. Математически это можно выразить так: $m c_2(24-20)=m c_3(30-24)$. Заменим c_2 выражением из шага 1 и получим $c_3=2 c_2/3=4 c_1/9$.

3. Теперь, когда равные массы жидкостей 1 и 3 смешиваются, тепло, полученное жидкостью 3, будет равно теплу, потерянное жидкостью 1. Обозначим равновесную температуру как T . Следовательно, $m c_1(T-10)=m c_3(30-T)$. Заменим c_1 и c_3 выражениями из шагов 1 и 2 соответственно, упростим $T=16^{\circ}\text{C}$.

Ответ: 16°C

Критерии:

1. Записаны уравнения тепловых балансов - 9 баллов

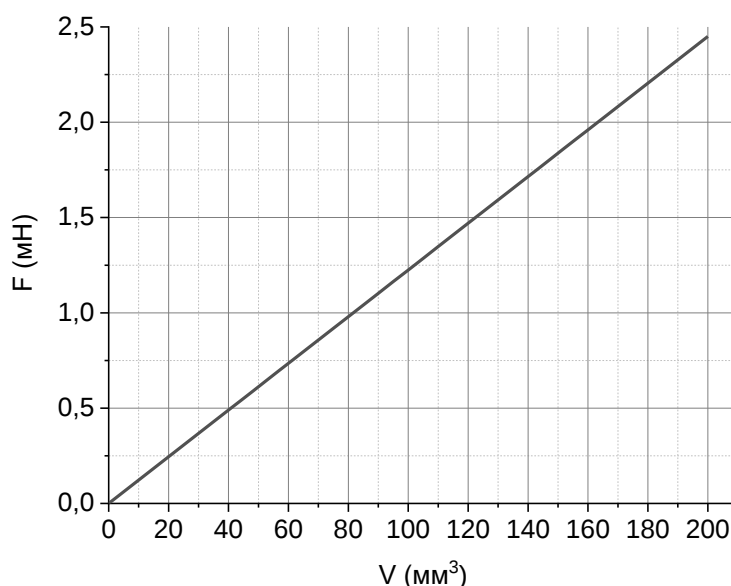
2. Получено конечное выражение и ответ - 6 баллов

Физика. 8 класс

Вариант 4

Во всех задачах необходимо привести полное обоснованное решение.

1. В емкость с глицерином кладут замороженный кристалл глицерина, который плавает, погружаясь на половину, и начинает таять, меняя температуру жидкости на ΔT . Зависимость силы Архимеда от объема, погруженной в жидкость, части кристалла представлена на рисунке. Масса всей жидкости после таяния $M=5$ г. Известно, что отношение удельной теплоты плавления к удельной теплоемкости равно 85. Объем глицерина после размораживания увеличивается в 1,04 раза. Каково изменение температуры ΔT ? (10 баллов)



Решение:

1. Так как $F = \rho g V$, то из графика плотность жидкости: $\rho \sim 1250 \text{ кг/м}^3$.

2. Из уравнения теплового баланса $\lambda m = c \cdot m_1 \cdot \Delta T$

$m = \rho V_K$ – масса замороженного кусочка, после размораживания занявшего объем V_K . $V_{\text{ем}}$ – объем глицерина в емкости в начале.

Или: $\lambda \rho V_K = c \cdot \rho V_{\text{ем}} \cdot \Delta T$, тогда $V_{\text{ем}} = \lambda V_K / c \Delta T$.

3. Весь объем жидкости после таяния кусочка в емкости: $V_{\text{ж}} = V_K + V_{\text{ем}}$

4. Объем жидкости после таяния кусочка:

$$V_K = (2 \cdot 200 \text{ мм}^3) \cdot 1,04 = 416 \text{ мм}^3 = 416 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3.$$

5. Масса жидкости: $M = \rho (V_K + V_{\text{ем}}) = \rho (V_K + \lambda V_K / c \Delta T) = \rho V_K (1 + \lambda / c \Delta T)$
 $= 5 \text{ г}$

$$\text{Тогда } \Delta T = \lambda / (c ((5 \text{ г} / \rho V_K) - 1)) = 85 / (0,005 / 1250 \cdot 416 \cdot 10^{-9} - 1) = 9,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ответ: 9,9 $^\circ\text{C}$

Критерии:

1. Получена плотность - 2 балла
2. Записано уравнение теплового баланса - 3 балла
3. Получен объем после таяние (3 и 4 пункты) - 2+1 баллов
4. Получено конечное выражение и ответ - 2 балла

2. Глазная артерия человека перед входом в глаз имеет диаметр около 2 мм. Внутри глазницы глазная артерия делится на несколько основных веток со средним диаметром около 1,1 мм. Скорости крови и количество крови через артерию и ветки в единицу времени постоянные, скорости в ветках равны 6 мл/мин. Общая масса крови в ветках равна 65 мкг. Длину веток считать равной 7 мм, а плотность крови 1,060 г/см³. Какова скорость (см/с) крови в глазной артерии? (25 баллов)

Решение:

1. Переведем скорость крови в ветках из мл/мин в м³/с.:
0,33 мл/мин переводим в СИ: $v = 6 \cdot 10^{-6} / 60 = 10^{-7} \text{ м}^3/\text{с}$
Ветка образует форму цилиндра с основанием πr^2 , тогда ее объем $V = vt = \pi r^2 v_B t$,
Где t – время движения крови по ветке со скоростью v_B , r - радиус ветки.
Тогда $v_B = v / \pi r_B^2 = 4 \cdot 10^{-7} / (3,14 \cdot (0,0011)^2) = 0,105 \text{ м/с} = 105 \text{ мм/с}$.
Плотность $1,060 \text{ г/см}^3 = 1060 \text{ кг/м}^3$.

2. Воспользуемся тем, что то через любое сечение трубки в единицу времени протекают одинаковые объемы жидкости, тогда $V/t = S l/t = S v = S_a v_a = n S_B v_B$

Где S_a и v_a площадь артерии и скорость крови в артерии, а S_B и v_B площадь ветки и скорость крови в ветках, n – количество веток.

Найдем $n = S_a v_a / S_B v_B = d_a^2 v_a / d_B^2 v_B$,

3. Найдем общую массу крови $m = \rho V = n \rho (\pi d_B^2 / 4) l$, где $l = 0,007 \text{ м}$ – длина веток,

Тогда $n = 4m / \rho \pi d_B^2 l = d_a^2 v_a / d_B^2 v_B$,

Тогда $v_a = 4m v_B / \rho \pi l d_a^2 = 4 \cdot 65 \cdot 10^{-6} \cdot 0,105 / 1060 \cdot 3,14 \cdot 0,007 \cdot 0,002^2 = 0,29 \text{ м/с} = 29 \text{ см/с}$

Ответ: 29 см/с

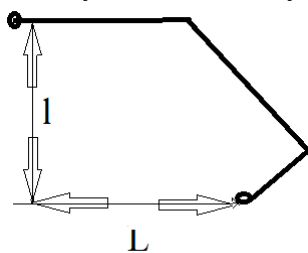
Критерии:

1. Перевод всех величин в СИ - 5 баллов
2. Записана связь скоростей и площадей в артерии и ветках - 5 баллов
3. Найдено число веток - 5 баллов
4. Получено конечное выражение и ответ - 5 баллов

3. Моторная лодка ехала к острову, расположенному, на расстоянии к югу $l = 5$ км и к востоку на $L = 6$ км. (смотрите рисунок). Маршрут состоял из трёх прямых линий. Сначала на восток, потом на юго-восток, а затем на юго-запад. Скорость и направление ветра измерялись на лодке.

Время, затраченное на проезд первого участка, было $t_1 = 4$ мин, измеренная скорость ветра $v_1 = 20$ м/с. Второй участок был пройден за время $t_2 = 2$ мин, а скорость ветра $v_2 = 15$ м/с. Третий участок был пройден за время $t_3 = 2$ мин, скорость ветра $v_3 = 10$ м/с. Какова была средняя скорость ветра?

Примечание. На разных участках скорость лодки могла быть разной, но в течение одного участка скорость постоянная. Время, необходимое для поворота и ускорения, незначительно. Фактическая скорость и направление ветра не изменились. (20 баллов)



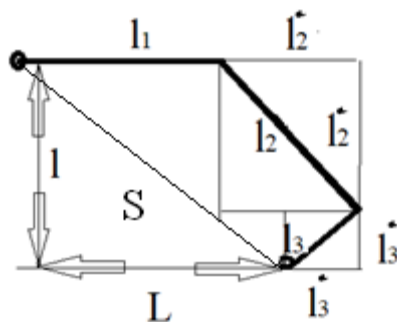
Решение:

1. Наблюдая за движением моторной лодки относительно воздуха (см на рисунке обозначения):

$l_1 = t_1 v_1 = 4800$ м на восток,

затем $l_2 = t_2 v_2 = 1800$ м на юго-восток

и, наконец, $l_3 = t_3 v_3 = 1200$ м на юго-запад.



2. В целом, по теореме Пифагора, учитывая равенство катетов при углах в 45° ,

смещение на юг составило $L_{\text{Ю}} = l_2' + l_3' = (l_2 + l_3)/\sqrt{2} \approx 2143$ м,

и в восточном направлении $L_{\text{В}} = l_1 + (l_2' - l_3') = l_1 + (l_2 - l_3)/\sqrt{2} \approx 5228$ м,

3. Однако относительно земли смещение лодки произошло к югу на $l = 5$ км а на восток на $L = 6$ км.

Поэтому воздух должен был сместиться относительно земли на $L - L_{\text{В}}$ на запад и на $l - L_{\text{Ю}}$ на север.

То есть перемещение воздуха относительно земли по теореме Пифагора

$$S = \sqrt{((L - L_B)^2 + (1 - L_{Ю})^2)}$$

Отсюда мы получаем скорость ветра быть

$$v = S/t = \sqrt{((L - L_B)^2 + (1 - L_{Ю})^2)} / (t_1 + t_2 + t_3) = 6,2 \text{ м/с}$$

Ответ: 6,2 м/с

Критерии:

1. Рассчитаны смещения моторной лодки относительно воздуха – 6 баллов

2. Рассчитаны смещения относительно воздуха на юг и восток – 10 баллов

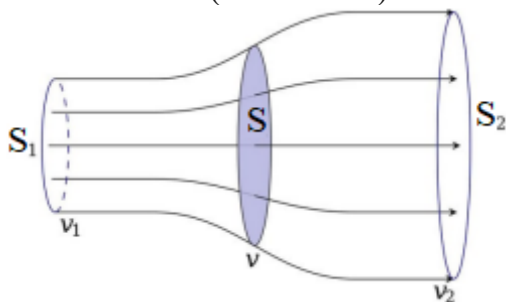
3. Рассчитано смещение относительно земли - 6 баллов

4. Получена скорость ветра - 3 балла

4. Новейшие морские ветряные турбины в Северном море имеют длину лопастей r , а средняя скорость ветра $v = 10 \text{ м/с}$. Предполагая, что направление ветра перпендикулярно плоскости лопаток турбины, определить длину лопастей r .

Максимально возможная выходная мощность (P) такой турбины 19,3 МВт. Считать, что ветер рассеивается по большей площади, как показано на рисунке, при этом все количество воздуха проходит через изображенный объем без потерь.

Скорость ветра позади турбины медленнее, $v_1 - v_2 = 5 \text{ м/с}$. S - площадь потока воздушных масс через турбину. Плотность воздуха $\rho = 1.23 \text{ кг/м}^3$ остается постоянной. (30 баллов)



Решение:

1. Масса потока воздуха, в первой, средней и последней областях остается постоянной:

$$m = \rho V_1 = \rho V = \rho V_2$$

$$\text{Или: } m = \rho S_1 v_1 t = \rho S v t = \rho S_2 v_2 t$$

2. Площадь $S = \pi r^2$.

3. Изменение кинетической энергии (являющейся полезной работой для турбины)

$$\Delta E = m v_1^2 / 2 - m v_2^2 / 2 = m (v_1^2 - v_2^2) / 2$$

4. Тогда максимально возможная выходная мощность турбины равна:

$$P = \Delta E / t = m (v_1^2 - v_2^2) / 2t = \rho \pi r^2 v (v_1^2 - v_2^2) / 2 = \rho \pi r^2 v (v_1 - v_2) (v_1 + v_2) / 2$$

5. Учитывая, что средняя скорость $v = (v_1 + v_2) / 2$

6. Получаем: $P = \rho \pi r^2 v^2 (v_1 - v_2)$

Отсюда: $r^2 = P v^2 (v_1 - v_2) / \rho \pi = 19,3 \cdot 10^6 / 10^2 \cdot 5 \cdot 1,23 \cdot 3,14 = 9994$
 $r = 100 \text{ м}$

Ответ: 100 м.

Критерии:

1. Получена связь скоростей и площадей - 10 баллов
2. Получена полезная работа для турбины - 5 баллов
3. Записано выражение выходной мощности турбины через скорости – 7 баллов
4. Найдена средняя скорость - 3 балла
5. Получено конечное выражение и ответ - 5 баллов

5. Три жидкости находятся при температурах 1°C , 4°C , и 9°C соответственно. Смешивают равные массы первых двух жидкостей, и устанавливается равновесная температура 2°C . Затем смешивают равные массы второго и третьего веществ и определяют равновесную температуру 7°C . Найдите равновесную температуру при смешивании равных масс первого и третьего веществ. (15 баллов)

Решение:

1. Согласно первому условию, равные массы жидкостей 1 и 2 смешиваются, и устанавливается равновесная температура 2°C . Следовательно, тепло, полученное жидкостью 2, равно теплу, потерянное жидкостью 1. Математически это можно выразить так: $m c_1 (2-1) = m c_2 (4-2)$.

Отсюда $c_2 = c_1 / 2$

2. Согласно второму условию, равные массы жидкостей 2 и 3 смешиваются, и равновесная температура составляет 7°C . Следовательно, тепло, полученное жидкостью 3, равно теплу, потерянное жидкостью 2. Математически это можно выразить так: $m c_2 (7-4) = m c_3 (9-7)$. Заменим c_2 выражением из шага 1 и получим $c_3 = 3 c_2 / 2 = 1,5 c_2 = 0,75 c_1$.

3. Теперь, когда равные массы жидкостей 1 и 3 смешиваются, тепло, полученное жидкостью 3, будет равно теплу, потерянное жидкостью 1. Обозначим равновесную температуру как T . Следовательно, $m c_1 (T-1) = m c_3 (9-T)$. Заменим c_1 и c_3 выражениями из шагов 1 и 2 соответственно, упростим $T = 4,4^\circ\text{C}$.

Ответ: $4,4^\circ\text{C}$

Критерии:

1. Записаны уравнения тепловых балансов - 9 баллов
2. Получено конечное выражение и ответ - 6 баллов