

Физика.9 класс

Решения и критерии оценивания

Вариант 1

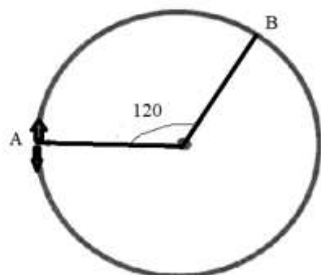


Рис. 1

Задача 1. Два автомобиля одновременно отправились из пункта А в пункт В (см. рис. 1). Первый автомобиль двигался по часовой стрелки, второй – против часовой.

Известно, что первый автомобиль двигался одну треть своего пути со скоростью v_1 , оставшееся время со скоростью в два раза меньшей. Второй автомобиль двигался первую треть пути со скоростью v_2 , оставшийся отрезок со скоростью в два раза большей. Определите скорость второго автомобиля, если $v_1 = 55 \frac{\text{км}}{\text{час}}$. Пункта В они достигли одновременно.

Решение:

Обозначим L_0 – длину окружности,

Путь, пройденный первым автомобилем:

$$L_1 = \frac{1}{3} L_0 \quad (1)$$

Путь, пройденный вторым автомобилем:

$$L_2 = \frac{2}{3} L_0 = 2L_1 \quad (2)$$

Время в пути первого автомобиля:

$$t_1 = \frac{\frac{1}{3}L_1}{v_1} + \frac{\frac{2}{3}L_1}{v_1/2} = \frac{5 L_1}{3 v_1} = \frac{5 L_0}{9 v_1} \quad (3)$$

Время в пути второго автомобиля:

$$t_2 = \frac{\frac{1}{3}L_2}{v_2} + \frac{\frac{2}{3}L_2}{2v_2} = \frac{2 L_2}{3 v_2} = \frac{4 L_0}{9 v_2} \quad (4)$$

Из Соотношений (3) и (4) видно, что

$$v_2 = \frac{4v_1}{5} = 44 \text{ км/час} \quad (5)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Указано соотношение между путями автомобилей с помощью формул и или словами	3
2	Найдено время движения первого автомобиля, через L_1 или L_0	4
3	Найдено время движения второго автомобиля, через L_2 или L_0	4
4	Найдено соотношение между скоростями	3
5	Найдено численное значение скорости v_2	1
	Итого	15

Если перепутали направление, но задача решена правильно в остальном, то 10 баллов.

Задача 2. Специалисты Ленинградского института «Гипрорыбфлот» в конце 80-х годов XX века сконструировали автомобиль подводник.. Машина была способна передвигаться со скоростью $v = 6$ км/час на максимальной глубине 40 м.

Определите объём полостей в автомобиле.

Указание: считать, что все детали автомобиля выполнены из алюминия плотностью $\rho_1 = 2700$ кг/м³ плотность воздуха в полости $\rho_2 = 1,3$ кг/м³, плотность воды $\rho_0 = 1000$ кг/м³. Масса короба и всех устройств автомобиля $m_1=1300$ кг, масса человека $m_3=70$ кг.

Решение:

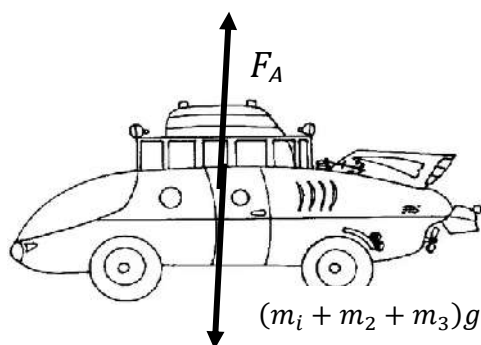


Рис.2

Сила Архимеда, действующая на автомобиль равна:

$$F_A = \rho_0 g V = \rho_0 g (V_1 + V_2), \quad (6)$$

где

$$V_1 = \frac{m_1}{\rho_1} \quad (7)$$

– объём алюминиевых деталей, V_2 - объём полостей автомобиля с воздухом.

Для того чтобы автомобиль не тонул и не всплывал, необходимо равенство сил:

$$F_A = (m_1 + m_2 + m_3)g, \quad (8)$$

где

$$m_2 = \rho_2 V_2 \quad (9)$$

– масса газа в полостях.

Получаем из уравнений

$$\rho_0 g (V_1 + V_2) = (m_1 + \rho_2 V_2 + m_3)g \quad (10)$$

Объём полостей в машине

$$V_2 = \frac{m_1 + m_3 - \frac{\rho_0}{\rho_1} m_1}{\rho_0 - \rho_1} = 0,889 \text{ м}^3. \quad (11)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Записано равенство сил (8)	3
2	Записана формула для расчета массы газа (9)	2
3	Записана формула расчета объёма алюминиевых деталей (7)	2
4.	Получена формула для расчета объёма полости	6
5	Получено значение объёма полости	2
	Итого	15

Задача 3. На рис. представлена система, состоящая из невесомых нитей, блоков, трех грузов массами m_1, m_2, m_3 . Определите массу третьего груза, если угол ABC прямой, $m_1 = 8$ кг, $m_2 = 10$ кг. Трения в блоках нет. Система находится в равновесии. Ускорение свободного падения принять за $g = 10 \text{ м/с}^2$.

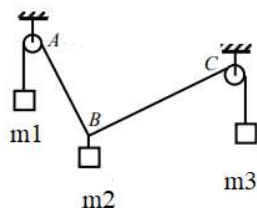


Рис.3

Решение:

Из условий равновесия для каждого из грузов имеем:

$$T_1 = m_1 g \quad (12)$$

$$T_2 = m_2 g \quad (13)$$

$$T_3 = m_3 g \quad (14)$$

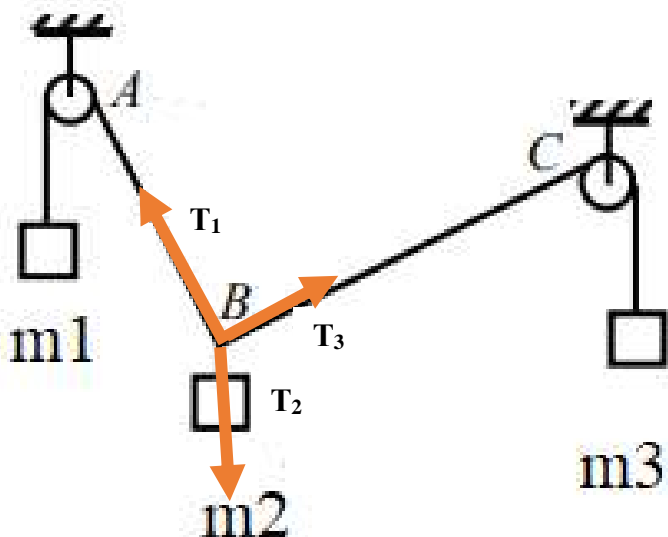


Рис. 4

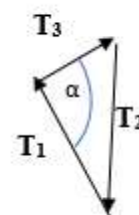


Рис.5

Для точки В запишем равенство сил (рис.)::

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3 = 0 \quad (15)$$

Из векторной диаграммы (Рис. 5) сил видно, что

$$T_2^2 = T_1^2 + T_3^2 - 2T_1T_3 \cos \alpha \quad (16)$$

. Подставив (12), (13), (14) в (16) и учтя, что в нашем случае $\alpha=90^0$ получим формулу для расчета массы:

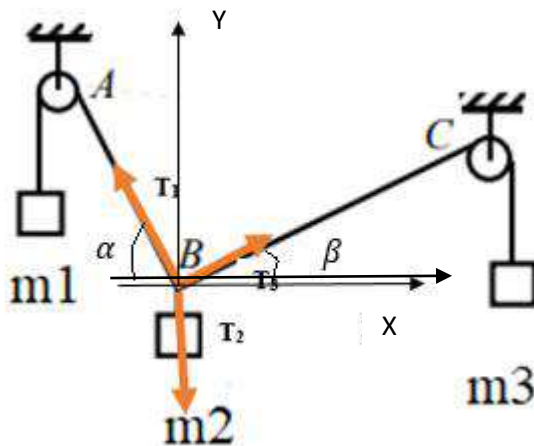
$$m_3 = \sqrt{m_2^2 - m_1^2} = 6 \text{ кг.} \quad (17)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Найдены силы натяжения нитей по 2 балла за каждую	6
2	Записано условие равновесия для точки В	2
4	Составлена векторная диаграмма	5
5	Записана теорем косинусов	5

6		
	Записана формула для расчета m_2	5
7	Получен результат	2
	Итого	25

Второй вариант решения:



$$\alpha + \beta = 90 \quad (18)$$

Из условий равновесия для каждого из грузов имеем:

$$T_1 = m_1 g \quad (19)$$

$$T_2 = m_2 g \quad (20)$$

$$T_3 = m_3 g \quad (21)$$

При условии равновесия для точки В выполняется равенство:

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3 = 0 \quad (22)$$

В проекции на ось У получаем выражение:

$$T_1 \sin \alpha + T_3 \sin \beta = T_2 \quad (23)$$

В проекции на ось Х получаем выражение:

$$T_1 \cos \alpha = T_3 \cos \beta \quad (24)$$

$$\cos \alpha = \sin \beta \quad (25)$$

Решая совместно уравнения (24), (19), (21) получаем:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{m_3}{m_1} = \frac{\sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}} \quad (26)$$

$$\sin \beta = \frac{m_3}{\sqrt{m_3^2 + m_1^2}} \quad (27)$$

$$\cos \beta = \sin \alpha = \frac{m_1}{\sqrt{m_3^2 + m_1^2}} \quad (28)$$

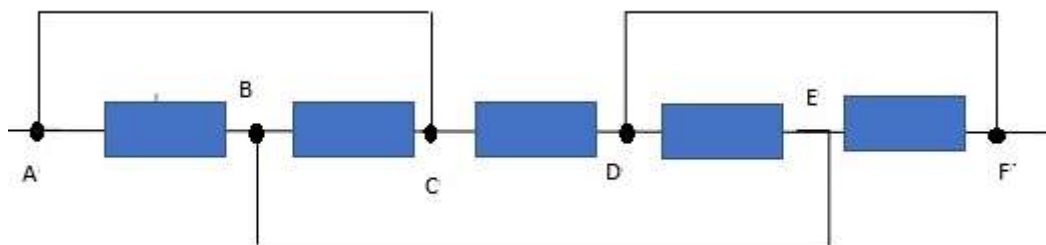
Подставим уравнения (28) и 27 в (23) и выразим m_3 получаем:

$$\sqrt{m_2^2 - m_1^2} = m_3 = 6 \text{ кг} \quad (29)$$

Критерии оценивания:

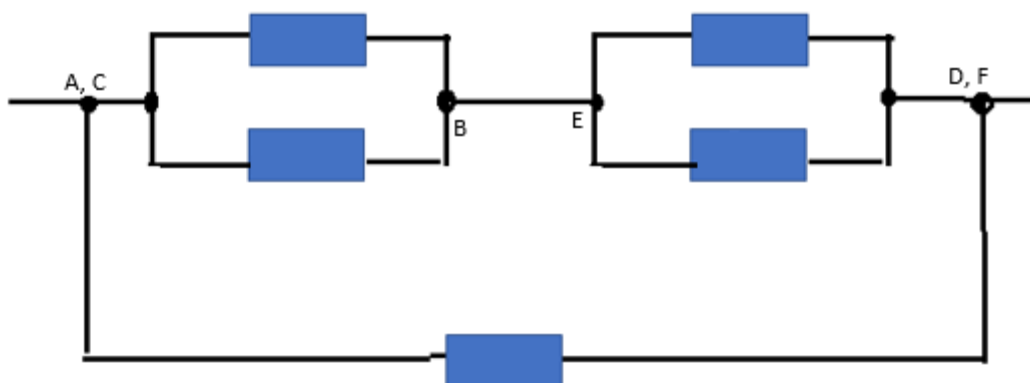
№	Критерий	Баллы
1	Найдены силы натяжения нитей по 2 балла за каждую	6
2	Записано условие равновесия для точки В	2
4	Записано уравнение для сил натяжения в проекции на ось х	2
5	Записано уравнение для сил натяжения в проекции на ось х	2
6	Указано соотношение 18	1
7	Указано соотношение 25	1
8	Получено выражение 26	2
9	Получено выражение 27	1
10	Получено выражение 28	1
11	Записана формула для расчета m_3	5
12	Получен результат	2
	Итого	25

Задача 4. Пять резисторов сопротивлением R каждый соединены переключками, как показано на рисунке. Определите значение сопротивление каждого резистора, а также ток в каждой переключке. Общее сопротивление цепи $R_0 = 10$ Ом. Падение напряжения между точками А и F равно $U_0 = 48$ В.



Решение:

Схему можно преобразовать следующим образом рис.



Сопротивление между точками A,C и E,D равны между собой:

$$R_{A,B} = R_{E,D} = \frac{R}{2}. \quad (30)$$

Сопротивление между точками A ,D по верхней ветке схемы равно:

$$R_{A,D} = R_{E,D} + R_{A,B} = R. \quad (31)$$

Полное сопротивление цепи между точками A,F равно:

$$R_0 = \frac{R}{2}. \quad (32)$$

Сопротивление каждого резистора равно:

$$R = 2R_0 = 20 \text{ Ом.} \quad (33)$$

Полная сила тока протекающая по цепи:

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = 4,8 \text{ A} \quad (34)$$

В каждой из перемычек бежит ток равный:

$$I = \frac{I_0}{2} = 2,4 \text{ A}, \quad (35)$$

т.к. сопротивления верхней и нижней веток схемы одинаковые, значит и токи в них бегут одинаковые, равные половине полного тока.

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Представлена эквивалентная схема	10
2	Найдено полное сопротивление схемы	4
	Найдено сопротивление одного резистора	2

3	Указано, что в каждой перемычке бежит одинаковый ток	2
4	Найдено значение тока через перемычки	2
	Итого:	20

Задача 5. В середине 20 века СССР и США проводили испытания атомных бомб. Первая атомная бомба США имела заряд был приблизительно эквивалентный 20 килотоннам в тротиловом эквиваленте. Оцените заряд первой атомной бомбы испытанной СССР тоже в тротиловом эквиваленте, если отношение радиусов распространения ударных волн в один момент времени от момента взрыва составляло $\frac{R_2}{R_1} = 1,02$, где R_2 -радиус ударной волны в момент времени t с от бомбы, произведенной СССР, R_1 -от бомбы, произведенной США. Указания: считать взрыв атомной бомбы точечным, то есть вся энергия E взрыва выделяется мгновенно, радиус R распространения ударной волны зависит от времени t , энергии взрыва E , плотности ρ атмосферы.

Решение:

Решаем методом размерностей. Радиус вектор зависит от энергии, плотности атмосферы, времени распространения:

$$R = \varphi(E, \rho, t) \quad (36)$$

$$R = const E^\alpha \rho^\beta t^\gamma \quad (37)$$

Запишем размерности каждой из величин, входящих в формулу:

$$[E] = \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}; \quad [\rho] = \text{кг} \cdot \text{м}^{-3}; \quad [t] = \text{с}; \quad [R] = \text{м} \quad (38)$$

Из уравнений (37), (38)) получаем систему уравнений:

$$1 = 2\alpha - 3\beta \quad (39)$$

$$0 = \alpha + \beta \quad (40)$$

$$0 = -2\alpha + \gamma \quad (41)$$

Получаем

$$\beta = -\frac{1}{5}; \quad \alpha = \frac{1}{5}; \quad \gamma = \frac{2}{5} \quad (42)$$

Радиус зависимости распространения ударной волны от атомной бомбы равен:

$$R = const \left(\frac{E}{\rho}\right)^{1/5} t^{2/5} \quad (43)$$

Отношение радиусов за одинаковый отрезок времени от момента взрыва равно:

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{E_2}{E_1}\right)^{1/5} \quad (44)$$

Заряд первой атомной бомбы испытанной СССР равен

$$E_2 = E_1 \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^5 \quad (45)$$

$$E_2 = 58 \text{ Мегатонны в тротиловом эквиваленте.} \quad (46)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Записана формула 37	4
2	<i>Записаны размерности каждой из величин, входящих в формулу (37) – по 1 баллу за каждую величину</i>	4
4	Составлены уравнения (39), (40),(41)- по 2 балла за каждое	6
5	Получены соотношения (42)- по 1 баллу за каждое	3
6	Получены соотношения (43)	2
	Записано соотношение 44	2
	Записана формула для расчета заряда	2
	Получено значение энергии	2
	Итого	25

Физика.9 класс

Решения и критерии оценивания

Вариант 2

Задача 1. Два автомобиля одновременно отправились из пункта А в пункт В (см. рис. 1). Первый автомобиль двигался по часовой стрелке, второй – против часовой.

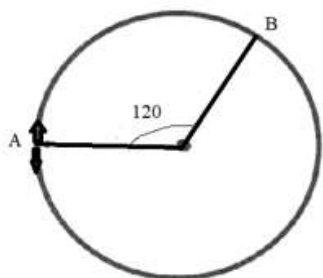


Рис. 1

Известно, что первый автомобиль двигался одну четверть своего пути со скоростью v_1 , оставшееся время со скоростью в три раза меньшей. Второй автомобиль двигался первую четверть пути со скоростью v_2 , оставшийся отрезок со скоростью в 3 раза большей. Определите скорость первого автомобиля, если $v_2 = 45 \frac{\text{км}}{\text{час}}$. Пункта В они достигли одновременно.

Решение:

Обозначим L_0 – длину окружности,

Путь, пройденный первым автомобилем:

$$L_1 = \frac{1}{3} L_0 \quad (1)$$

Путь, пройденный вторым автомобилем:

$$L_2 = \frac{2}{3} L_0 = 2L_1 \quad (2)$$

Время в пути первого автомобиля:

$$t_1 = \frac{\frac{1}{3}L_1}{v_1} + \frac{\frac{2}{3}L_1}{v_1/3} = \frac{7 L_1}{3 v_1} = \frac{7 L_0}{9 v_1} \quad (3)$$

Время в пути второго автомобиля:

$$t_2 = \frac{\frac{1}{4}L_2}{v_2} + \frac{\frac{3}{4}L_2}{2v_2} = \frac{5 L_2}{8 v_2} = \frac{10 L_0}{24 v_2} \quad (4)$$

Из Соотношений (3) и (4) видно, что

$$v_1 = \frac{28v_2}{15} = 84 \text{ км/час} \quad (5)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Указано соотношение между путями автомобилей с помощью формул и или словами	3
2	Найдено время движения первого автомобиля, через L_1 или L_0	4
3	Найдено время движения второго автомобиля, через L_2 или L_0	4
4	Найдено соотношение между скоростями	3
5	Найдено численное значение скорости v_2	1
	Итого	15

Если перепутали направление, но задача решена правильно в остальном, то 10 баллов

Задача 2. Японские специалисты сконструировали автомобиль подводник.. Машина была способна передвигаться со скоростью $v = 10$ км/час на максимальной глубине 30 м.

Определите объём полостей в автомобиле.

Автомобиль полностью выполнен из современного высокопрочного материала плотностью $\rho_1 = 1400$ кг/м³, плотность воздуха в полости $\rho_2 = 1,3$ кг/м³, плотность воды $\rho_0 = 1000$ кг/м³. Масса короба и всех устройств автомобиля $m_1=800$ кг, масса человека $m_3= 70$ кг.

Решение:

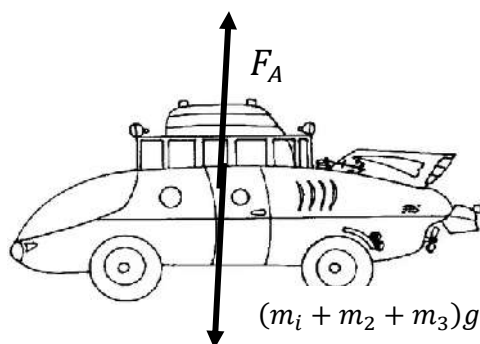


Рис.2

Сила Архимеда, действующая на автомобиль равна:

$$F_A = \rho_0 g V = \rho_0 g (V_1 + V_2), \quad (6)$$

где

$$V_1 = \frac{m_1}{\rho_1} \quad (7)$$

– объём алюминиевых деталей, V_2 - объём полостей автомобиля с воздухом.

Для того чтобы автомобиль не тонул и не всплывал, необходимо равенство сил:

$$F_A = (m_1 + m_2 + m_3)g, \quad (8)$$

где

$$m_2 = \rho_2 V_2 \quad (9)$$

– масса газа в полостях.

Получаем из уравнений

$$\rho_0 g (V_1 + V_2) = (m_1 + \rho_2 V_2 + m_3)g \quad (10)$$

Объём полостей в машине

$$V_2 = \frac{m_1 + m_3 - \frac{\rho_0}{\rho_1} m_1}{\rho_0 - \rho_1} = 0,814 \text{ м}^3. \quad (11)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Записано равенство сил (8)	3
2	Записана формула для расчета массы газа (9)	2
3	Записана формула расчета объёма алюминиевых деталей (7)	2
4.	Получена формула для расчета объёма полости	6
5	Получено значение объёма полости	2
	Итого	15

Задача 3. На рис. представлена система, состоящая из невесомых нитей, блоков, трех грузов массами m_1, m_2, m_3 . Определите массу второго груза, если угол ABC прямой, $m_1 = 12$ кг, $m_3 = 9$ кг. Трения в блоках нет. Система находится в равновесии. Ускорение свободного падения принять за $g = 10 \text{ м/с}^2$.

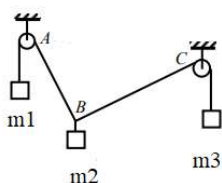


Рис.3

Решение:

Из условий равновесия для каждого из грузов имеем:

$$T_1 = m_1 g \quad (12)$$

$$T_2 = m_2 g \quad (13)$$

$$T_3 = m_3 g \quad (14)$$

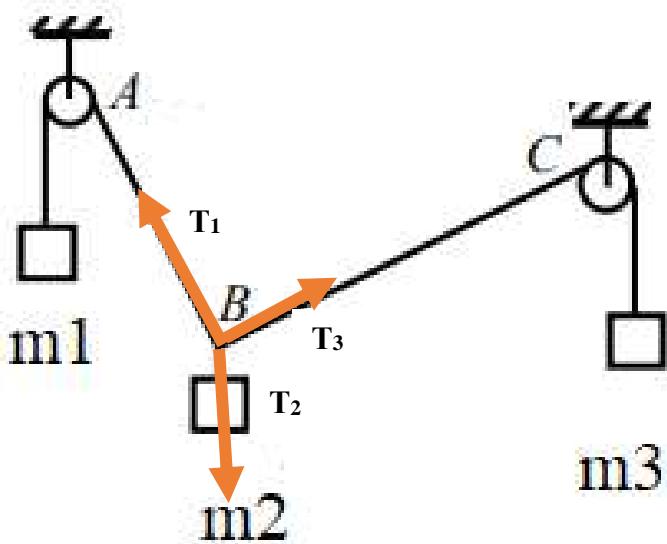


Рис. 4

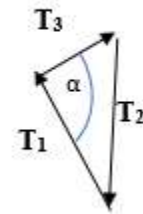


Рис.5

Для точки В запишем равенство сил (рис.)::

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3 = 0 \quad (15)$$

Из векторной диаграммы (Рис. 5) сил видно, что

$$T_2^2 = T_1^2 + T_3^2 - 2T_1T_3 \cos \alpha \quad (16)$$

. Подставив (12), (13), (14) в (16) и учтя, что в нашем случае $\alpha=90^0$ получим формулу для расчета массы:

$$m_2 = \sqrt{m_3^2 + m_1^2} = 15 \text{ кг.} \quad (17)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Найдены силы натяжения нитей по 2 балла за каждую	6
2	Записано условие равновесия для точки В	2
4	Составлена векторная диаграмма	5
5	Записана теорем косинусов	5
6	Записана формула для расчета	5

	m_2	
7	Получен результат	2
	Итого	25

Второй вариант решения:

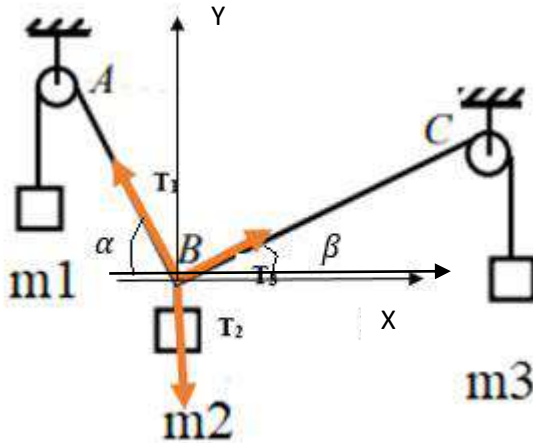


Рис.7

$$\alpha + \beta = 90 \quad (18)$$

Из условий равновесия для каждого из грузов имеем:

$$T_1 = m_1 g \quad (19)$$

$$T_2 = m_2 g \quad (20)$$

$$T_3 = m_3 g \quad (21)$$

При условии равновесия для точки В выполняется равенство:

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3 = 0 \quad (22)$$

В проекции на ось Y получаем выражение:

$$T_1 \sin \alpha + T_3 \sin \beta = T_2 \quad (23)$$

В проекции на ось X получаем выражение:

$$T_1 \cos \alpha = T_3 \cos \beta \quad (24)$$

$$\cos \alpha = \sin \beta \quad (25)$$

Решая совместно уравнения (24), (19), (21) получаем:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{m_3}{m_1} = \frac{\sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}} \quad (26)$$

$$\sin \beta = \frac{m_3}{\sqrt{m_3^2 + m_1^2}} \quad (27)$$

$$\cos \beta = \sin \alpha = \frac{m_1}{\sqrt{m_3^2 + m_1^2}} \quad (28)$$

Подставим уравнения (28) и 27 в (23) получаем:

$$\sqrt{m_1^2 + m_3^2} = m_2 = 15 \text{ кг} \quad (29)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Найдены силы натяжения нитей по 2 балла за каждую	6
2	Записано условие равновесия для точки В	2
4	Записано уравнение для сил натяжения в проекции на ось х	2
5	Записано уравнение для сил натяжения в проекции на ось х	2
6	Указано соотношение 18	1
7	Указано соотношение 25	1
8	Получено выражение 26	2
9	Получено выражение 27	1
10	Получено выражение 28	1
11	Записана формула для расчета m_3	5
12	Получен результат	2
	Итого	25

Задача 4. Пять резисторов сопротивлением R каждый соединены переключками, как показано на рисунке. Определите значение сопротивление каждого резистора, а также ток в каждой переключке. Общее сопротивление цепи $R_0=20$ Ом. Падение напряжения между точками А и F равно $U_0 = 100$ В.

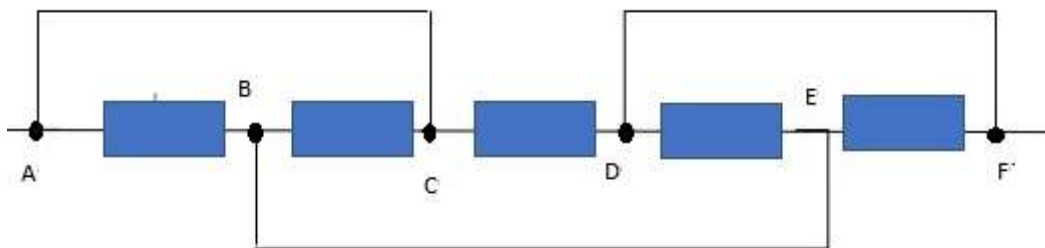


Рис. 8

Решение:

Схему можно преобразовать следующим образом рис.

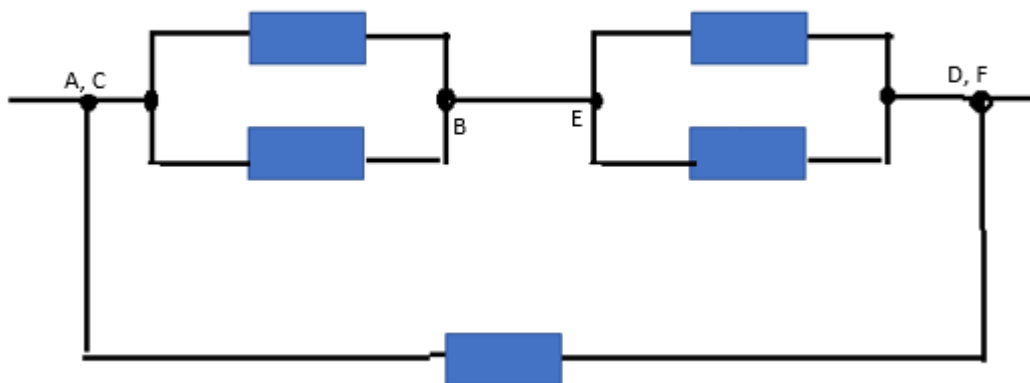


Рис. 9

Сопротивление между точками А,С и Е,Д равны между собой:

$$R_{A,B} = R_{E,D} = \frac{R}{2}. \quad (30)$$

Сопротивление между точками А ,D по верхней ветке схемы равно:

$$R_{A,D} = R_{E,D} + R_{A,B} = R. \quad (31)$$

Полное сопротивление цепи между точками А,Ф равно:

$$R_0 = \frac{R}{2}. \quad (32)$$

Сопротивление каждого резистора равно:

$$R = 2R_0 = 40 \text{ Ом.} \quad (33)$$

Полная сила тока протекающая по цепи:

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = 5A \quad (34)$$

В каждой из перемычек бежит ток равный:

$$I = \frac{I_0}{2} = 2,5 A, \quad (35)$$

т.к. сопротивления верхней и нижней веток схемы одинаковые, значит и токи в них бегут одинаковые, равные половине полного тока.

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Представлена эквивалентная схема	10
2	Найдено полное сопротивление	4

	схемы	
3	Найдено сопротивление одного резистора	2
4	Указано, что в каждой перемычке бежит одинаковый ток	2
5	Найдено значение тока	2
	Итого:	20

Задача 5. В середине 20 века СССР и США проводили испытания атомных бомб. Атомная бомба США В-41 (Мк-41) имела заряд был приблизительно эквивалентный 25 мегатоннам в тротиловом эквиваленте. Оцените в тротиловом эквиваленте самую мощную атомную бомбу (Царь-бомба (АН602)), испытанную в СССР. Известно, что отношение радиусов распространения ударных волн в один момент времени от момента взрыва составляло $\frac{R_2}{R_1} = 1,18$, где R_2 -радиус ударной волны в момент времени t с от бомбы, произведенной СССР, R_1 -от бомбы, произведенной США.

Указания: считать взрыв атомной бомбы точечным, то есть вся энергия E взрыва выделяется мгновенно, радиус R распространения ударной волны зависит от времени t , энергии взрыва E , плотности ρ атмосферы.

Решение:

Решаем методом размерностей. Радиус вектор зависит от энергии, плотности атмосферы, времени распространения:

$$R = \varphi(E, \rho, t) \quad (36)$$

$$R = \text{const } E^\alpha \rho^\beta t^\gamma \quad (37)$$

Запишем размерности каждой из величин, входящих в формулу (37):

$$[E] = \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}; \quad [\rho] = \text{кг} \cdot \text{м}^{-3}; \quad [t] = \text{с}; \quad [R] = \text{м} \quad (38)$$

Из уравнений (36) и (37) получаем систему уравнений:

$$1 = 2\alpha - 3\beta \quad (39)$$

$$0 = \alpha + \beta \quad (40)$$

$$0 = -2\alpha + \gamma \quad (41)$$

Получаем

$$\beta = -\frac{1}{5}; \quad \alpha = \frac{1}{5}; \quad \gamma = \frac{2}{5} \quad (42)$$

Радиус зависимости распространения ударной волны от атомной бомбы равен:

$$R = \text{const} \left(\frac{E}{\rho} \right)^{1/5} t^{2/5} \quad (43)$$

Отношение радиусов за одинаковый отрезок времени от момента взрыва равно:

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{E_2}{E_1} \right)^{1/5} \quad (44)$$

Заряд первой атомной бомбы испытанной СССР равен

$$E_2 = E_1 \left(\frac{R_2}{R} \right)^5 \quad (45)$$

$$E_2 = 57,2 \text{ Мегатонны в тротиловом эквиваленте.} \quad (46)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Записана формула 37	4
2	Записаны размерности каждой из величин, входящих в формулу (37) – по 1 баллу за каждую величину	4
4	Составлены уравнения (39), (40),(41)- по 2 балла за каждое	6
5	Получены соотношения (42)- по 1 баллу за каждое	3
6	Получены соотношения (43)	2
7	Записано соотношение 44	2
8	Записана формула для расчета заряда	2
9	Получено значение энергии	2
	Итого	25

Физика.9 класс

Решения и критерии оценивания

Вариант 3

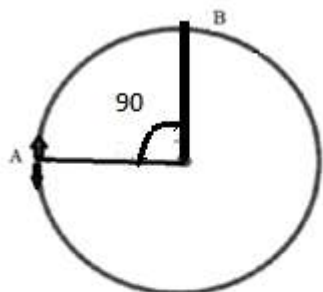


Рис. 1

Задача 1. Два автомобиля одновременно отправились из пункта А в пункт В (см. рис. 1). Первый автомобиль двигался по часовой стрелке, второй – против часовой.

Известно, что первый автомобиль двигался две трети времени со скоростью v_1 , оставшееся время со скоростью в два раза меньшей. Второй автомобиль двигался первую треть времени со скоростью v_2 , оставшийся отрезок со скоростью в два раза большей. Определите скорость второго автомобиля, если $v_1 = 56 \frac{\text{км}}{\text{час}}$, пункта В они достигли одновременно

Решение:

Обозначим L_0 – длину окружности,

Путь, пройденный первым автомобилем:

$$L_1 = \frac{1}{4} L_0 \quad (1)$$

Путь, пройденный вторым автомобилем:

$$L_2 = \frac{3}{4} L_0 = 3L_1 \quad (2)$$

Время в пути первого автомобиля:

$$t_1 = \frac{\frac{1}{3}L_1}{v_1} + \frac{\frac{2}{3}L_1}{v_1/3} = \frac{7 L_1}{3 v_1} = \frac{7 L_0}{12 v_1} \quad (3)$$

Время в пути второго автомобиля:

$$t_2 = \frac{\frac{1}{3}L_2}{v_2} + \frac{\frac{2}{3}L_2}{2v_2} = \frac{2 L_2}{3 v_2} = \frac{1 L_0}{2 v_2} \quad (4)$$

Из Соотношений (3) и (4) видно, что

$$v_1 = \frac{12v_2}{14} = 48 \text{ км/час} \quad (5)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Указано соотношение между путями автомобилей с помощью	3

	формулы и/или словами	
2	Найдено время движения первого автомобиля, через L_1 или L_0	4
3	Найдено время движения второго автомобиля, через L_2 или L_0	4
4	Найдено соотношение между скоростями	3
5	Найдено численное значение скорости v_2	1
	Итого	15

Если перепутали направление, но задача решена правильно в остальном, то 10 баллов

Задача 2. Японские специалисты сконструировали автомобиль подводник.. Машина была способна передвигаться со скоростью $v = 7,2$ км/час на максимальной глубине 30 м.

Оцените мощность аккумуляторов, используемых на этом автомобиле, развиваемую двигателями, против силы сопротивления воды. Коэффициент полезного действия советских аккумуляторов, используемых на данном автомобиле, был 80%. Плотность воды $\rho_0 = 1000$ кг/м³. Площадь поперечного сечения автомобиля $S=0,8$ м².

Указание: считать, что сила сопротивления образуется за счет неупругого соударения молекул воды об автомобиль.

Решение:

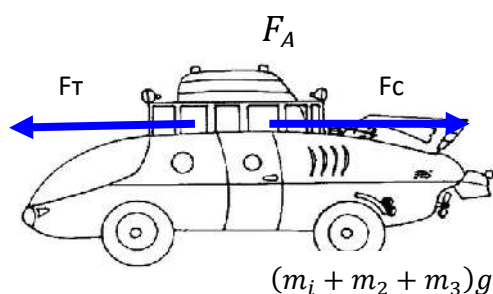


Рис.2

Сила сопротивления образуется за счет импульса, передаваемого водой поперечному сечению автомобиля при лобовом соударении

Число молекул воды, налетающих на поперечное сечение, n - концентрация молекул:

$$N = vnS\Delta t \quad (6)$$

Импульс всех этих молекул равен:

$$P = Nm_0v = nSm_0v^2\Delta t = \rho Sv^2\Delta t, \quad (7)$$

Импульс молекул воды передается автомобилю:

$$\begin{aligned} \Delta P_a &= P \\ F_c &= \frac{\Delta P_a}{\Delta t} = \rho Sv^2, \end{aligned} \quad (8)$$

Сила сопротивления остается величиной постоянной, тогда работа против силы сопротивления равна:

$$A_{c=F_c\Delta x} = \rho Sv^3\Delta t, \quad (9)$$

где

$$\Delta x = v\Delta t \quad \text{путь}$$

С другой стороны эта же работа равна, энергии получаемой от аккумулятора на преодоление силы сопротивления:

$$A_{c=\eta P_3\Delta t} \quad (10)$$

Из (9) и (11) получаем:

$$P_3 = \frac{\rho Sv^3}{\eta} = 8000 \text{ Вт} \quad (11)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Указано, что сила сопротивления образуется за счет импульса, передаваемого водой поперечному сечению автомобиля	2
2	Найдена сила сопротивления: 1. Число молекул, ударяющихся об автомобиль – 1 балл 2. Записан Импульс молекул воды – 1 балл 3. Записан импульс получаемый автомобилем -2 балла 4. Получена формула(9) – 1 балл	5
3	Записана формула (9)	2
4.	Записана формула (10)	2
5	Записана формула (11)	3
	Получен результат для P_3	1
	Итого	15

Задача 3. На рис. представлена система, состоящая из невесомых нитей, блоков, трех грузов массами m_1, m_2, m_3 . Определите массу первого груза, если угол ABC прямой, $m_2 = 15$ кг, $m_3 = 9$ кг. Трения в блоках нет. Система находится в равновесии. Ускорение свободного падения принять за $g = 10$ м/с².

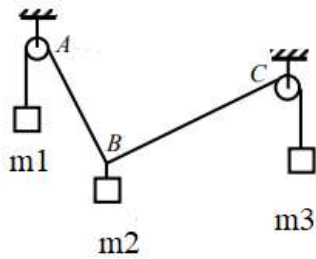


Рис.3

Решение:

Из условий равновесия для каждого из грузов имеем:

$$T_1 = m_1 g \quad (12)$$

$$T_2 = m_2 g \quad (13)$$

$$T_3 = m_3 g \quad (14)$$

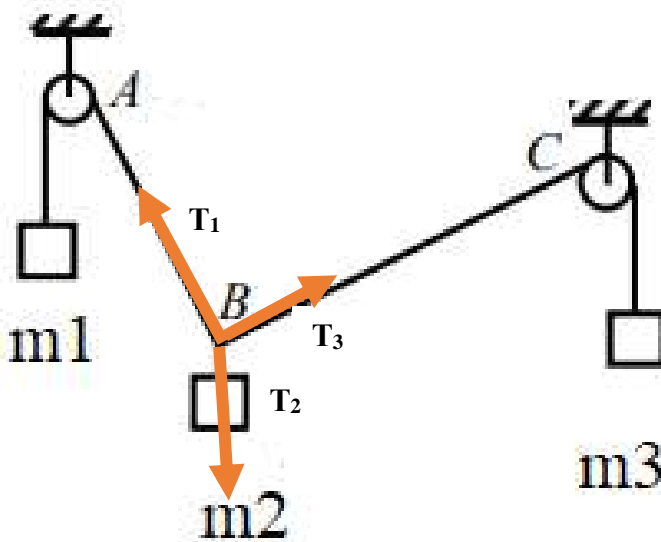


Рис. 4

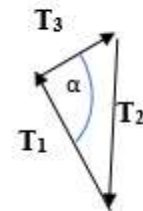


Рис.5

Для точки В запишем равенство сил (рис. 5):

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3 = 0 \quad (15)$$

Из векторной диаграммы (Рис. 5) сил видно, что

$$T_2^2 = T_1^2 + T_3^2 - 2T_1 T_3 \cos \alpha \quad (16)$$

. Подставив (12), (13), (14) в (16) и учтя, что в нашем случае $\alpha=90^\circ$ получим формулу для расчета массы:

$$m_1 = \sqrt{m_2^2 - m_3^2} = 12 \text{ кг.} \quad (17)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Найдены силы натяжения нитей по 2 балла за каждую	6
2	Записано условие равновесия для точки В	2
4	Составлена векторная диаграмма	5
5	Записана теорем косинусов	5
6		
	Записана формула для расчета m_2	5
7	Получен результат	2
	Итого	25

Второй вариант решения:

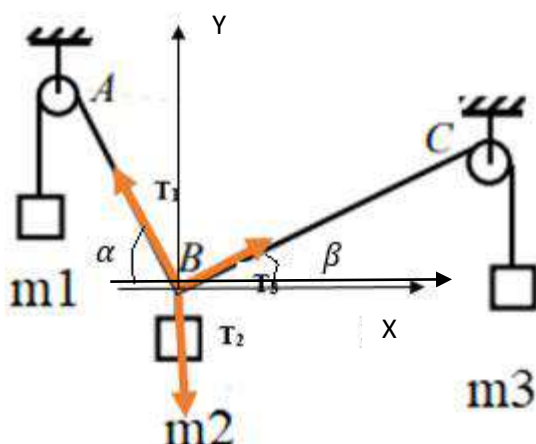


Рис. 6

$$\alpha + \beta = 90 \quad (18)$$

Из условий равновесия для каждого из грузов имеем:

$$T_1 = m_1 g \quad (19)$$

$$T_2 = m_2 g \quad (20)$$

$$T_3 = m_3 g \quad (21)$$

При условии равновесия для точки В выполняется равенство:

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3 = 0 \quad (22)$$

В проекции на ось Y получаем выражение:

$$T_1 \sin \alpha + T_3 \sin \beta = T_2 \quad (23)$$

В проекции на ось X получаем выражение:

$$T_1 \cos \alpha = T_3 \cos \beta \quad (24)$$

$$\cos \alpha = \sin \beta \quad (25)$$

Решая совместно уравнения (24), (19), (21) получаем:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{m_3}{m_1} = \frac{\sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}} \quad (26)$$

$$\sin \beta = \frac{m_3}{\sqrt{m_3^2 + m_1^2}} \quad (27)$$

$$\cos \beta = \sin \alpha = \frac{m_1}{\sqrt{m_3^2 + m_1^2}} \quad (28)$$

Подставим уравнения (28) и 27 в (23) получаем:

$$m_1 = \sqrt{m_2^2 - m_3^2} = 12 \text{ кг} \quad (29)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Найдены силы натяжения нитей по 2 балла за каждую	6
2	Записано условие равновесия для точки B	2
4	Записано уравнение для сил натяжения в проекции на ось x	2
5	Записано уравнение для сил натяжения в проекции на ось x	2
6	Указано соотношение 18	1
7	Указано соотношение 25	1
8	Получено выражение 26	2
9	Получено выражение 27	1
10	Получено выражение 28	1
11	Записана формула для расчета m_3	5
12	Получен результат	2
	Итого	25

Задача 4. Восемь резисторов сопротивлением R соединены, как показано на рисунке. Определите значение сопротивления каждого резистора, а также ток в каждом сопротивлении. Общее сопротивление цепи $R_0 = 30 \text{ Ом}$. Падение напряжения между точками A и F равно $U_0 = 60 \text{ В}$.

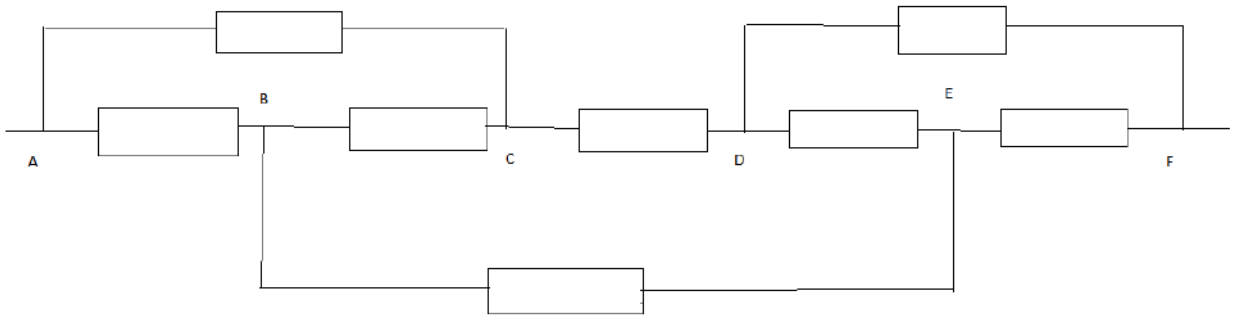


Рис. 7

Решение:

Схему можно преобразовать следующим образом рис.

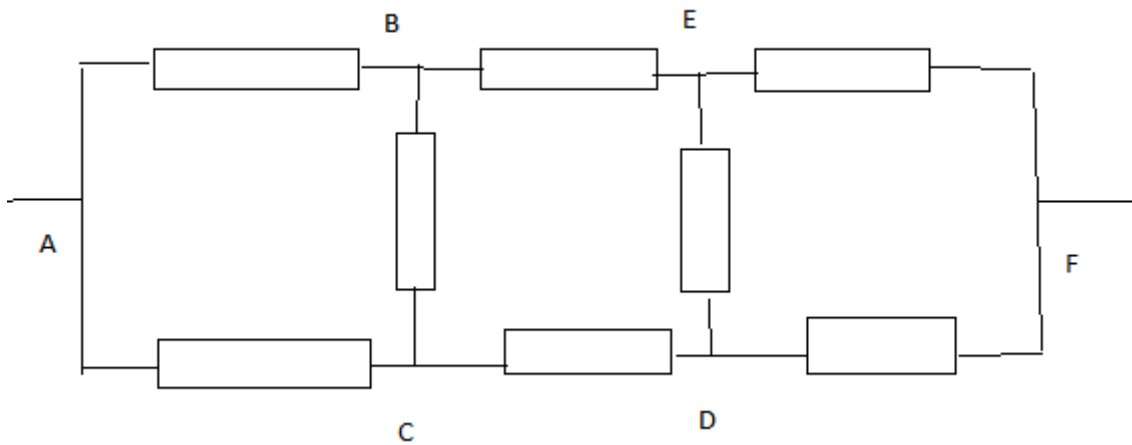


Рис. 8

Сопротивление между точками с одинаковыми потенциалами можно убрать. Получим ещё одну эквивалентную схему.

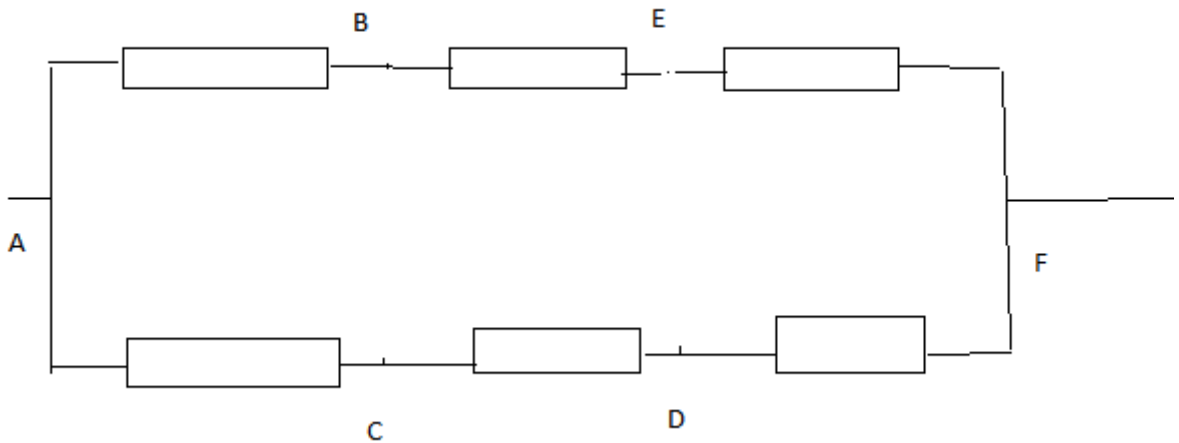


Рис. 9

Сопротивление между точками ABEF и ACDF равны между собой:

$$R_{ABEF} = R_{ACDF} = 3R. \quad (30)$$

Полное сопротивление цепи между точками AF равно:

$$R_0 = 3 \frac{R}{2}. \quad (31)$$

Сопротивление каждого резистора равно:

$$R = \frac{2R_0}{3} = 10 \text{ Ом.} \quad (32)$$

Полная сила тока протекающая по цепи:

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = 2A \quad (33)$$

Через сопротивления R_{BC} , R_{ED} - ток не бежит:

$$I_{BC} = I_{ED} = 0 \quad (34)$$

Через остальные сопротивления сопротивления бегут одинаковые токи, равные половине полного тока.

$$I = \frac{I_0}{2} = 1A, \quad (35)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Представлена эквивалентная схема За каждую схему по 5 баллов.	10
2	Найдено полное сопротивление схемы	4
	Найдено сопротивление одного резистора	2
3	Указано, что $I_{BC} = I_{ED} = 0$	2
4	Найдено значение тока через остальные сопротивления	2
	Итого:	20

Задача 5. В середине 20 века СССР и США проводили испытания атомных бомб. Атомная бомба США В-41 (Мк-41) имела заряд был приблизительно эквивалентный 25 мегатоннам в тротиловом эквиваленте. самая мощная атомная бомба (Царь-бомба (АН602), испытанная в СССР, имела энергию взрыва $E_2 = 58$ Мегатонны в тротиловом эквиваленте.

Определите отношение $\frac{R_2}{R_1}$, где R_2 -радиус ударной волны в момент времени t с от бомбы, произведенной СССР, R_1 -от бомбы, произведенной США.

Указания: считать взрыв атомной бомбы точечным, то есть вся энергия E взрыва выделяется мгновенно, радиус R распространения ударной волны зависит от времени t , энергии взрыва E , плотности ρ атмосферы.

Решение:

Решаем методом размерностей. Радиус вектор зависит от энергии, плотности атмосферы, времени распространения:

$$R = \varphi(E, \rho, t) \quad (36)$$

$$R = \text{const } E^\alpha \rho^\beta t^\gamma \quad (37)$$

Запишем размерности каждой из величин, входящих в формулу (37) :

$$[E] = \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}; \quad [\rho] = \text{кг} \cdot \text{м}^{-3}; \quad [t] = \text{с}; \quad [R] = \text{м} \quad (38)$$

Из уравнений () и () получаем систему уравнений:

$$1 = 2\alpha - 3\beta \quad (39)$$

$$0 = \alpha + \beta \quad (40)$$

$$0 = -2\alpha + \gamma \quad (41)$$

Получаем

$$\beta = -\frac{1}{5}; \quad \alpha = \frac{1}{5}; \quad \gamma = \frac{2}{5} \quad (42)$$

Радиус зависимости распространения ударной волны от атомной бомбы равен:

$$R = \text{const} \left(\frac{E}{\rho}\right)^{1/5} t^{2/5} \quad (43)$$

Отношение радиусов за одинаковый отрезок времени от момента взрыва равно:

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{E_2}{E_1}\right)^{1/5} \quad (44)$$

Заряд первой атомной бомбы испытанной СССР равен

$$E_2 = E_1 \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^5 \quad (45)$$

$$E_2 = 58 \text{ Мегатонны в тротиловом эквиваленте.} \quad (46)$$

Критерии оценивания:

№	Критерий	Баллы
1	Записана формула 37	4
2	<i>Записаны размерности каждой из величин, входящих в формулу (37) – по 1 баллу за каждую величину</i>	4
4	Составлены уравнения (39), (40),(41)- по 2 балла за каждое	6
5	Получены соотношения (42)- по 1 баллу за каждое	3
6	Получены соотношения (43)	2
	Записано соотношение 44	2
	Записана формула для расчета заряда	2
	Получено значение энергии	2
	Итого	25