

Максимальное количество баллов за олимпиаду — 30

Задание 1. Вариант 1. Рыбак возвращался домой с удачной рыбалки на моторной лодке. Через $t_1 = 2$ часа с момента, когда он отплыл от места рыбалки, он был уже около дома и собирался причаливать. В этот момент он внезапно обнаружил, что забыл на месте рыбалки свой любимый топор. Рыбак поплыл назад и вернулся на место рыбалки через $t_2 = 3$ часа после того, как повернул назад. Временем высадки и пребывания на берегу пренебрегите. Мотор лодки всё время работал на полную мощность.

а) Во сколько раз скорость лодки в стоячей воде больше скорости течения реки? Ответ округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [4.9; 5.1]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Забрав топор, он задумался: возможно, есть смысл сэкономить бензин и для этого плыть домой по течению с выключенным двигателем? Сколько времени потребуется рыбаку, чтобы снова доплыть до дома от места рыбалки в этом случае? Ответ выразите в часах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [11.9; 12.1]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) В весеннее время скорость течения реки в $k = 2$ раза больше, чем в ранее описанной ситуации. Сколько времени занимает путь до места рыбалки и назад до дома в этом случае? Ответ выразите в часах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [5.5; 5.9]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Пусть v — скорость лодки в стоячей воде, u — скорость течения. Скорость, с которой лодка движется по течению, равна $v + u$, против — равна $v - u$. Времена движения лодки соотносятся обратно пропорционально скоростям

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{v + u}{v - u}.$$

Подставляя данные из условия, получаем $v = \frac{t_2 + t_1}{t_2 - t_1} u = 5u$.

б) Скорость лодки по течению $v + u = 6u$ в 6 раз больше скорости течения. Следовательно, с выключенным двигателем по течению лодка будет плыть в 6 раз дольше, то есть 12 часов.

в) Скорость лодки против течения в этом случае будет равна $v - 2u$, а время движения против течения составит

$$t'_2 = t_2 \frac{v - u}{v - 2u} = 4 \text{ часа.}$$

Аналогично время по течению будет равно

$$t'_1 = t_1 \frac{v + u}{v + 2u} \approx 1.7 \text{ часа.}$$

Общее время $t'_2 + t'_1 \approx 5.7$ часа.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

№ варианта	t_1 , ч	t_2 , ч	Ответ в диапазоне (пункт а)		Ответ в диапазоне (пункт б)		k , раз(а)	Ответ в диапазоне (пункт в)	
1	2	3	4.9	5.1	11.9	12.1	2	5.5	5.9
2	3	4	6.9	7.1	23.9	24.1	1.5	7.0	7.4
3	2.5	3.5	5.9	6.1	17.4	17.6	1.8	6.2	6.6
4	3	4	6.9	7.1	23.9	24.1	1.3	6.9	7.3
5	1.5	2	6.9	7.1	11.9	12.1	1.4	3.4	3.8
6	1.75	2.5	5.6	5.8	11.6	11.8	1.6	4.3	4.7
7	1.6	2.4	4.9	5.1	9.5	9.7	1.7	4.1	4.5
8	2.25	3.5	4.5	4.7	12.5	12.7	2	6.6	7.0
9	2.75	3.75	6.4	6.6	20.5	20.7	1.5	6.5	6.9
10	2.5	4	4.2	4.4	13.2	13.4	1.8	7.2	7.6
11	2	3.5	3.6	3.8	9.2	9.4	1.3	5.6	6.0
12	2.5	3.5	5.9	6.1	17.4	17.6	1.4	6.0	6.4
13	3	4.5	4.9	5.1	17.9	18.1	1.6	7.8	8.2
14	1.5	3	2.9	3.1	5.9	6.1	1.7	5.7	6.1
15	1.75	3.5	2.9	3.1	6.9	7.1	2	8.2	8.6
16	1.6	2.5	4.5	4.7	8.8	9.0	1.5	4.2	4.6
17	2.25	2.9	7.8	8	20.0	20.2	1.8	5.1	5.5
18	1.6	3	3.2	3.4	6.8	7.0	1.3	4.7	5.1
19	2.25	4	3.5	3.7	10.2	10.4	1.4	6.6	7.0
20	2.75	3.5	8.2	8.4	25.6	25.8	1.6	6.2	6.6

Задание 2. Вариант 1. На двух одинаковых по длине и прочности верёвках подвешен длинный однородный шест массой $M = 10$ кг, длиной $L = 4$ м.



Одна из верёвок прикреплена непосредственно к правому концу шеста («правая» верёвка), вторая («левая») — на расстоянии $l = 2.5$ м от правого конца. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

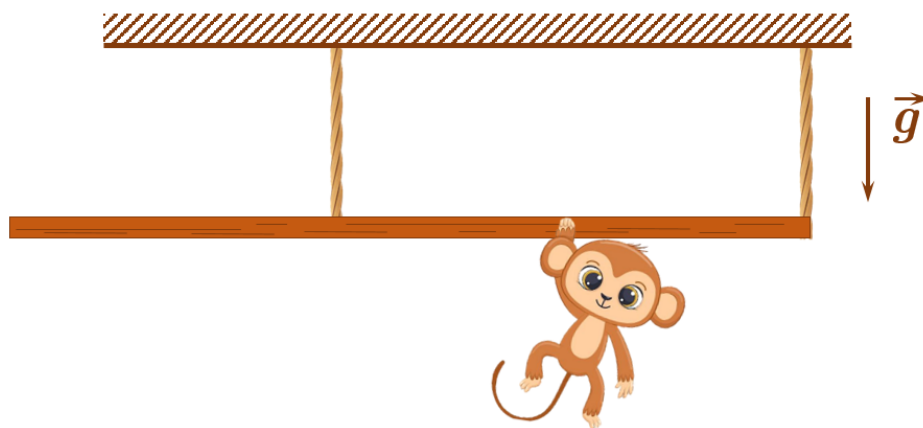
а) Какая из верёвок натянута сильнее?

Ответ:

- Правая
- ✓ Левая
- Натянуты одинаково

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

- б) Обезьяна массы $m = 15$ кг повисла на одной руке, держась ей за шест точно посередине между верёвками.



На сколько увеличилась из-за этого сила натяжения той верёвки, которая была натянута сильнее в отсутствие обезьяны? Ответ выразите в ньютонах, округлите до целых.

Ответ: 75

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Чему должна быть равна минимальная прочность (предельная сила натяжения) верёвок, чтобы обезьяна могла висеть на шесте, держась за его правый конец? Ответ выразите в ньютонах, округлите до целых.

Ответ: 170

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Чему равна длина участка шеста, за который обезьяна может держаться, при этом не перевернув шест? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [281; 285]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

- а) Запишем правило моментов для тела, висящего на двух верёвках, относительно центра масс этого тела.

$$T_1 d_1 = T_2 d_2.$$

Здесь T_1, T_2 — натяжения верёвок, d_1, d_2 — расстояние от точки прикрепления соответствующей верёвки до центра масс. Из формулы следует, что сильнее натянута та верёвка, расстояние от которой до центра масс меньше. В нашем случае сильнее натянута левая верёвка.

б) Запишем правило моментов для «добавочных» сил натяжения верёвок, приложенных относительно точки, за которую ухватилась обезьяна.

$$\Delta T_1 \frac{l}{2} = \Delta T_2 \frac{l}{2}.$$

Очевидно, что «добавочная» сила тяжести обезьяны распределена между верёвками поровну и $\Delta T_1 = \Delta T_2 = \frac{mg}{2} = 75$ Н.

- в) Запишем для этого случая правило моментов относительно точки прикрепления правой верёвки.

$$T'_1 l = Mg \frac{L}{2}.$$

Подставляя данные из условия, получаем $T'_1 = 80$ Н. Сумма сил натяжения верёвок равна сумме действующих на систему сил тяжести

$$T'_1 + T'_2 = (M + m)g = 250 \text{ Н}, \quad T'_2 = 170 \text{ Н}.$$

Минимальная прочность верёвок определяется силой натяжения правой верёвки и равна 170 Н.

г) Схватившись за какую-то точку левее точки крепления левой верёвки, обезьяна может перевернуть шест в том случае, если правая верёвка не будет натянута, а шест с обезьяной начнёт поворачиваться относительно точки крепления левой верёвки. Для этой ситуации правило моментов, записанное для точки крепления левой верёвки, выглядит так

$$mg \cdot x = Mg \left(l - \frac{L}{2} \right),$$

где x — расстояние от точки, за которую держится обезьяна, до точки крепления левой верёвки. Подставляя данные из условия, получаем $x \approx 0.33$ м. Длина участка шеста, за который может держаться обезьяна, равна $l + x \approx 283$ см.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2.

Пункты б-г

№ варианта	M , кг	L , м	l , м	m , кг	Ответ (пункт б)	Ответ (пункт в)	Ответ в диапазоне (пункт г)	
1	10	4	2.5	15	75	170	281	285
2	12	4.5	3	18	90	210	348	352
3	8	4.2	2.8	12	60	140	325	329
4	9	3.6	2.4	15	75	173	274	278
5	10	3.8	2.5	16	80	184	286	290
6	11	4.4	3	16	80	189	353	357
7	8	4.6	3.2	15	75	173	366	370
8	9	4.8	3.6	12	60	150	448	452
9	10	3.5	2	14	70	153	216	220
10	11	4	2.8	15	75	181	337	341
11	12	4.2	3	20	100	236	352	356
12	13	3.7	2.5	18	90	214	295	299
13	8	3.9	2.7	14	70	162	311	315
14	9	4.1	3.2	16	80	192	383	387
15	10	4.3	3.2	18	90	213	376	380
16	11	4	3	18	90	217	359	363
17	12	4.5	3.3	17	85	208	402	406
18	13	3.8	2.5	20	100	231	287	291
19	9	4.8	3	18	90	198	328	332
20	10	4.6	3.4	17	85	202	403	407

Задание 3. Вариант 1. На экспериментальном туре олимпиады по физике школьникам 8 класса было выдано следующее оборудование: небольшой стаканчик с толстыми стенками из неизвестного материала, линейка, цилиндрический сосуд с водой. Ваня определил, что если пустить стаканчик плавать в сосуд с водой, уровень воды в сосуде повысится на $\Delta h_1 = 1.35$ см. Если утопить стаканчик, то уровень воды в сосуде опустится на $\Delta h_2 = 0.85$ см по сравнению с моментом, когда стаканчик плавал. Плотность воды равна $\rho_0 = 1$ г/см³. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

а) Сравните плотность материала ρ стаканчика с плотностью воды ρ_0 :

Ответ:

- ✓ $\rho > \rho_0$
- $\rho = \rho_0$
- $\rho < \rho_0$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Площадь внутреннего сечения сосуда с водой S равна 30 см². Чему равен объём материала, из которого изготовлен стаканчик? Ответ выразите в кубических сантиметрах, округлите до десятых.

Ответ: 15.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Чему равна сила Архимеда, действующая на стаканчик, когда он плавает? Ответ выразите в миллиньютонах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [400; 410]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Чему равна плотность материала стаканчика? Ответ выразите в г/см³, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [2.65; 2.75]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) При плавании стаканчик вытесняет массу воды, равную массе самого стаканчика. Объём вытесненной воды при этом равен $V_{\text{выт}} = \frac{m}{\rho_0} = \frac{\rho V}{\rho_0}$, где V — объём материала стаканчика. Если стаканчик утопить, то объём вытесненной воды будет равен объёму материала стаканчика. Поскольку после погружения жидкости вытесняется меньше (уровень понизился!), можно сделать вывод, что $\rho > \rho_0$.

б) После того как стаканчик утопили, уровень жидкости в сосуде оказался на $\Delta h_1 - \Delta h_2 = 0.5$ см выше уровня воды в отсутствие стаканчика. Следовательно, объём материала стаканчика равен $V_{\text{ст}} = S(\Delta h_1 - \Delta h_2) = 15 \text{ см}^3$.

в) Сила Архимеда при плавании определяется объёмом вытесненной жидкости:

$$F_A = \rho_0 V_{\text{выт}} g = \rho_0 S \Delta h_1 g = 405 \text{ мН}.$$

г) Массу стаканчика определим из условия плавания

$$mg = F_A = \rho_0 V_{\text{выт}} g, \quad m = \rho_0 V_{\text{выт}} = 40.5 \text{ г}.$$

Плотность вещества, из которого изготовлен стаканчик,

$$\rho = \frac{m}{V_{\text{ст}}} = 2.7 \text{ г/см}^3.$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.**Пункты б-г)**

№ варианта	Δh_1 , см	Δh_2 , см	S , см ²	Ответ (пункт б)	Ответ в диапазоне (пункт в)		Ответ в диапазоне (пункт г)	
1	1.35	0.85	30	15.0	400	410	2.65	2.75
2	0.9	0.5	35	14.0	310	320	2.20	2.30
3	1	0.6	40	16.0	395	405	2.45	2.55
4	1.1	0.7	45	18.0	490	500	2.70	2.80
5	1.2	0.8	50	20.0	595	605	2.95	3.05
6	1.3	0.9	25	10.0	320	330	3.20	3.30
7	1.25	0.9	30	10.5	370	380	3.52	3.62
8	1.35	0.95	35	14.0	468	478	3.33	3.43
9	1.4	0.95	40	18.0	555	565	3.06	3.16
10	1.5	1	45	22.5	670	680	2.95	3.05
11	1.25	1.05	35	7.0	433	443	6.20	6.30
12	0.95	0.45	26	13.0	242	252	1.85	1.95
13	1.05	0.65	32	12.8	331	341	2.58	2.68
14	1.15	0.75	28	11.2	317	327	2.83	2.93
15	1.6	1	32	19.2	507	517	2.62	2.72
16	1.8	1.1	34	23.8	607	617	2.52	2.62
17	1.7	1.25	36	16.2	607	617	3.73	3.83
18	1.75	1.15	38	22.8	660	670	2.87	2.97
19	1.55	1.25	42	12.6	646	656	5.12	5.22
20	1.4	1.05	44	15.4	611	621	3.95	4.05

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!

