## 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 $v = \dfrac{t_2 + t_1}{t_2 - t_1} u = 5u$.

**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/с$^2$.

**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 $\Delta T_1 = \Delta T_2 = \dfrac{mg}{2} = 75$ 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

$$T_1' + T_2' = (M + m)g = 250 \text{ Н}, \qquad T_2' = 170 \text{ Н}.$$

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/см$^3$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с$^2$.

**а)** Сравните плотность материала $\rho$ стаканчика с плотностью воды $\rho_0$:

**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 см$^2$. 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/см$^3$, 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 $V_{\text{выт}} = \dfrac{m}{\rho_0} = \dfrac{\rho V}{\rho_0}$, 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 $V_{\text{ст}} = S(\Delta h_1 - \Delta h_2) = 15$ 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 | $\Delta h_1$, см | $\Delta h_2$, 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!

