

**I этап (очный) Всесибирской олимпиады по физике(24 октября 2010 г.)**  
**Решения и критерии оценки**  
**Задачи 9 кл.**

1. Электровоз, движущийся с постоянной скоростью, испустил короткий звуковой сигнал, а проехав расстояние  $L = 75$  м – повторный сигнал. Сигналы услышали на станции с интервалом времени  $\tau = 2$  с. Какова скорость электровоза, если он приближался к станции по прямой, а скорость звука в воздухе  $c = 330$  м/с?

Решение

Второй сигнал прошёл до станции расстояние на  $L$  меньше, чем первый. Поэтому интервал времени при приёме  $\tau$  меньше интервала времени  $t$  между испусканиями сигналов на время прохождения звуком этого расстояния  $L/c$ ; отсюда  $t = \tau + L/c$ . Так как  $t$  это время прохождения расстояния  $L$  электровозом, то его скорость  $v = L/t = cL/(\tau c + L) \approx 33 \div 34$  м/с.

Разбалловка

1. Связь времени перемещения и интервала между приходами сигналов ..... 5б
2. Использование формулы  $v = L/t$  ..... 2б
3. Окончательное выражение для  $v$  и число в указанном диапазоне ..... 3б

2. Мимо пешехода, идущего от одной конечной остановки автобусного маршрута до другой конечной, проехало навстречу 14 автобусов данного маршрута, а 10 его обогнало. Во сколько раз пешеход движется медленнее, чем автобусы?

Решение

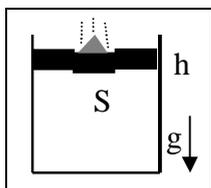
Пусть автобусы и пешеход движутся с постоянными скоростями  $v$  и  $u$ , причем автобусы по маршруту идут равномерно, так что между соседними автобусами сохраняется одинаковая дистанция  $\lambda$ . Тогда за единицу времени пешеход насчитает  $n_1 = (v + u)/\lambda$  встречных и  $n_2 = (v - u)/\lambda$  попутных автобусов.

Понятно, что  $n_1/n_2 = 14/10$ . 
$$\frac{(v + u)}{(v - u)} = \frac{7}{5} \quad \text{или} \quad \frac{(\frac{v}{u} + 1)}{(\frac{v}{u} - 1)} = \frac{7}{5}.$$

Отсюда, выражаем отношение скоростей:  $v/u = 6$ , то есть пешеход движется в 6 раз медленнее.

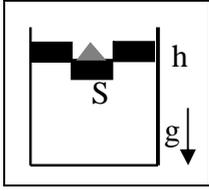
Разбалловка

1. Связь частот встреч со скоростями попутных и встречных автобусов ..... 6б
2. Равенство отношения числа автобусов и частот..... 1б
3. Нахождение отношения скоростей и числовой ответ ..... 3б



3. Цилиндрический сосуд перекрыт поршнем толщины  $h$  с круглым отверстием сечения  $S$ , в которое вставлен диск из того же материала и той же толщины, что и поршень. Выше поршня воздух, ниже вода. На диск начинают медленно насыпать песок. При какой массе песка  $m$  диск вывалится из отверстия? Плотность воды  $\rho$ , трением пренебречь.

### Решение

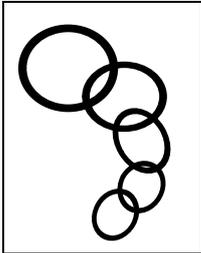


Из равновесия поршня находим давление воды на его нижней грани  $P_1 = P_A + \rho_0 gh$ , где  $P_A$  атмосферное давление, а  $\rho_0$  плотность материала поршня. Давление же воды ниже на  $h$  будет  $P_2 = P_1 + \rho gh$ , как раз на этой глубине и находится нижний торец диска в критическом случае. Равновесие сил, действующих на диск с песком, в этом случае даёт следующее равенство:  $P_A S + mg + \rho_0 gh S = P_2 S$ . Откуда после подстановок и сокращений находим  $m = \rho h S$ .

Возможно решение основанное на следующей идее. Без песка давление воды на нижний торец удерживает диск вровень с поршнем. При наличии песка сила давления воды на этот торец увеличивается на вес «вытесненной» воды (давление воды на поршень остаётся прежним!), а с другой стороны это как раз вес песка.

### Разбалловка

1. Равновесие поршня и следствие для давления (или силы давления) ..... 3б
2. Указание на положение диска в критическом случае (опускание на  $h$ ) ..... 1б
3. Равновесие диска с учётом изменения давления с глубиной ..... 4б
4. Получение ответа для массы песка ..... 2б



4. Цепочка состоит из зацепляющихся друг за друга проволочных колец разных диаметров. Сопротивление отрезка длины  $h = 1$  м проволоки  $r = 1$  Ом. Как по единственному измерению омметром найти общую длину проволоки, пошедшую на изготовление цепочки? (Сопротивлением в контактах звеньев считать пренебрежимо малым.)

### Решение

Сопротивление на единицу длины проволоки  $\rho = r/h$ . Натягиваем цепочку за крайние звенья и измеряем сопротивление  $R$  между крайними точками цепочки.

В натянутом состоянии точки контакта делят каждое кольцо точно пополам. Сопротивление полукольца  $\rho l/2$ , а сопротивление кольца (параллельное соединение полуколец) в два раза меньше и равно  $\rho l/4$ , здесь  $l$  длина этого кольца. Так как кольца соединены последовательно, то  $R$  равно сумме этих сопротивлений и тогда  $R = \rho L/4$ , где  $L$  искомая длина. Откуда  $L = 4R/\rho = 4Rh/r$ . При заданных в условии  $h$  и  $r$  длина проволоки в метрах равна учетверённому значению показания омметра в омах.

### Разбалловка

1. Идея измерения сопротивления натянутой цепочки ..... 2б
2. Указание на диаметрность контактов колец ..... 1б
3. Рассмотрение сопротивления кольца как параллельного соединения полуколец, идея (1б), связь сопротивления кольца с длиной (2б) в сумме ..... 3б
4. Указание, что общее сопротивление это сопротивление последовательно соединённых колец и поэтому складывается из них ..... 2б
5. Выражение длины цепочки через её сопротивление и ответ, что длина в метрах равна учетверённому сопротивлению в омах ..... 2б

5. В осеннем парке с деревьев с постоянной интенсивностью падают листья. В начале каждого часа дворник выходит подметать парковую дорожку. Он проходит с одной и той же скоростью от начала дорожки до её конца, а затем обратно, сметая все листья перед собой. Каждый раз на пути от начала до конца дорожки он сметает 1100 листьев, а на обратном пути всего 100. Сколько листьев падает в одну минуту на всю дорожку? Какое время тратится на подметание дорожки (в одну сторону)? Сколько листьев остается на дорожке сразу после того, как дворник уходит?

### Решение

Каждый час с дорожки сметается  $N_1 + N_2 = 1100 + 100 = 1200$  листьев. Поскольку ситуация повторяется, то столько же листьев падает на неё в час. Отсюда число падающих в минуту листьев  $v = (N_1 + N_2)/T = 20$  лист/мин.

На пути назад дворник сметает листья, которые успели выпасть за ним за время  $t$  пути вперёд (пусть их число  $n_{за}$ ), и те которые падают перед ним за то же время  $t$  пути назад ( $n_{перед}$ ). Так как за дворником и перед дворником листья падают одинаково,  $n_{перед} = n_{за}$ .  $n_{перед} + n_{за} = vt = N_2$ . Отсюда  $t = N_2/v = 5$  мин. Число же оставшихся листьев  $N_0 = n_{за} = N_2/2 = 50$ , к приходу же дворника через 50 минут на дорожке будет 1050 листьев.

### Разбалловка

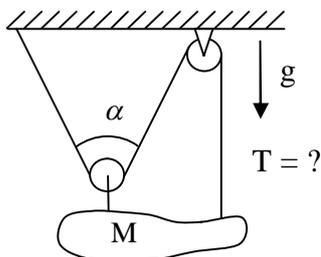
1. Установление частоты падения листьев и числовой ответ ..... 3б
2. Указание и обоснование равенства  $n_{перед} = n_{за}$  за время прохода ..... 2б
3. Нахождение времени прохода и числовой ответ ..... 3б
4. Нахождение числа оставшихся листьев (вывод и число) ..... 2б

*Разбалловка носит ориентировочный характер. За этап решения в зависимости от недочётов могут сниматься баллы. Максимальный балл за каждую задачу 10.*

**I этап (очный) Всесибирской олимпиады по физике(24 октября 2010 г.)**

**Решения и критерии оценки**

**Задачи 10 кл.**



1. Каменную глыбу массы  $M$  подвесили на легкой веревке через блоки (см. рис.). Правая часть веревки вертикальна, а между наклонными ее частями – угол  $\alpha$ . Определите натяжение  $T$  веревки. Ускорение свободного падения  $g$ . Блоки невесомы, трения нет.

**Решение**

В равновесии сумма сил, действующих со стороны веревки должна быть направлена вертикально вверх, против направления силы тяжести. Поскольку один участок веревки вертикален, то сумма равных по модулю натяжений наклонных участков тоже вертикальна, а тогда вертикальная линия биссектриса  $\alpha$ . В этом случае условие равновесия даёт

$$Mg = T + 2T \cos \frac{\alpha}{2}$$

Откуда находим:  $T = \frac{Mg}{1 + 2\cos(\alpha/2)}$ .

**Разбалловка**

1. Вывод о направлении наклонных участков ..... 4б
2. Условие равновесия ..... 4б
3. Получение ответа ..... 2б.

2. Камешек, вылетевший из под колеса автомобиля, через время  $t_1 = 1$  с пролетел почти задев фуражку дяди Стёпы, а затем через время  $t_2 = 0,5$  с упал на дорогу. Каков рост дяди Стёпы?

**Решение**

Время от момента достижения вершины траектории камня до момента его падения  $t_t = \frac{t_1 + t_2}{2}$ , а от вершины до момента пролета фуражки  $t = t_t - t_2 = \frac{t_1 - t_2}{2}$ . Высота траектории  $H_t = \frac{gt_t^2}{2}$ , за время  $t$  камень опустится на  $\Delta h = \frac{gt^2}{2}$ . Тогда:  $H = H_t - \Delta h = gt_1 t_2 / 2 = 2,45$  м. Возможно иное решение. Если ввести начальную скорость  $v$  по вертикали, то имеем для перемещения по вертикали от дороги до фуражки  $H = vt_1 - gt_1^2 / 2$ . Используя обратимость движения, получим  $H = vt_2 - gt_2^2 / 2$ . Исключая из этих двух уравнений  $v$ , получим  $H = gt_1 t_2 / 2 = 2,45$  м.

**Разбалловка**

1. Указание на достаточность рассмотрения движения по вертикали ..... 2б
2. Использование кинематики равноускоренного движения для связи перемещения со временем ..... 5б
3. Полученные выражения для  $H$  и числовой ответ ..... 3б

3. Грузовик с зерном начинает разгоняться с постоянным ускорением, а затем движется с постоянной скоростью. С момента начала движения через щель в кузове равномерно высыпается зерно. На первых 500 метрах пути высыпалось 12 кг зерна, а на следующих 500 метрах ещё 8 кг. Найдите протяжённость участка разгона.

**Решение**

Количество высыпанного зерна пропорционально времени.  
Средняя скорость на участке разгона  $v/2$ , а на остальном участке  $v$ .

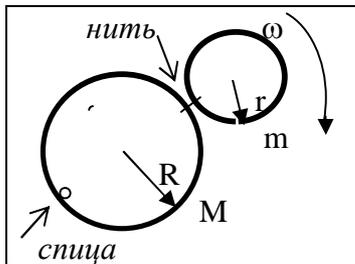
Если  $x$  – протяженность участка разгона, то время прохождения первой половины пути  $L = 500$  м:  $t_1 = 2x/v + (L - x)/v$ .

Время прохождения второй половины  $t_2 = L/v$ .

Отсюда  $\frac{t_1}{t_2} = 1 + \frac{x}{L} = \frac{m_1}{m_2}$ , откуда  $x = ((m_1/m_2) - 1)L = 250$  м.

#### Разбалловка

1. Указание, на то, что отношение времён равно отношению масс ..... 1б
2. Выражение для времени прохождения второй половины пути ..... 1б
3. Выражение для времени прохождения первой половины пути через протяжённость участка разгона  $x$ .....5б
4. Получение выражения для отношения времён через  $x$  и нахождение  $x$  .....3б



4. Большое кольцо радиуса  $R$  соединили короткой нитью с малым кольцом радиуса  $r$  и их оба положили на гладкий стол. Внутри большого кольца поставили спицу, и всю систему медленно раскручивают на столе вокруг спицы, так что спица и нить находятся на диаметре большого кольца. При каком отношении масс первой лопнет нить, если кольцо соскакивает со спицы при нагрузке в три раза большей, чем нагрузка, которую выдерживает нить? Трения нет.

#### Решение

Ускорение центра кольца  $M$   $a = \omega^2 R$ , а ускорение центра второго кольца (в пренебрежении длиной нити)  $a = \omega^2(2R + r)$ ; здесь  $\omega$  угловая скорость.

Из 2 закона Ньютона в применении к кольцам тогда имеем:

$$T = m\omega^2(2R + r); N - T = M\omega^2 R.$$

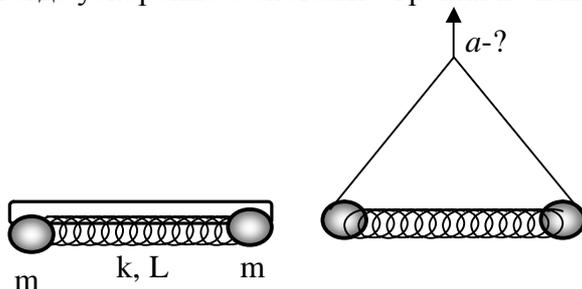
Здесь  $T$  натяжение нити (нагрузка нити), а  $N$  сила нормального давления со стороны спицы (ей и равна нагрузка спицы). Тогда  $N/T = 1 + MR/m(2R + r)$ .

Так как  $N > 3T$ , то для отношения масс имеем  $M/m > 2(2R + r)/R$ .

#### Разбалловка

1. Вывод о пропорциональности ускорений центров колец расстоянию до оси ... 2б
2. Применение 2 закона Ньютона к движению центров колец ..... 4б
3. Нахождение отношений нагрузок через массы и радиусы колец ..... 2б
4. Получение неравенства для отношения масс ..... 2б

5. Легкую пружину жесткости  $k$  и длины  $L$  в недеформированном состоянии и две бусинки массы  $m$  каждая нанизали на нить как показано на рис. ниже слева. Нить завязали петлёй длины  $2L$ . За узел нити начинают тянуть систему с медленно нарастающей силой пока петля не примет форму равностороннего треугольника (рис. ниже справа). Каково тогда ускорение  $a$  системы? Трения и силы тяжести нет, нить нерастяжима.



### Решение

Из нерастяжимости нити сторона равностороннего треугольника имеет длину  $2L/3$ . Такова и длина сжатой пружины. Тогда упругая сила, найденная по закону Гука, уравновешивается натяжением  $T$  участка нити «в пружине» и составляющей натяжения одного наклонного участка, то есть  $F = \frac{kL}{3} = T(1 + \sin 30^\circ) = \frac{3}{2}T$ . Ускорение бусинок найдём из 2 закона

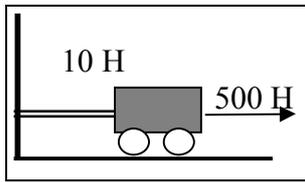
Ньютона в применении к проекции на направление ускорения  $ma = T \cos 60^\circ$ . Откуда окончательный ответ  $a = \frac{kL}{3\sqrt{3}m}$ .

### Разбалловка

1. Нахождение длины сжатой пружины и её сжатия .....2б
2. Нахождение упругой силы ..... 1б
3. Равновесие проекций сил в направлении поперечном ускорению ..... 3б
4. Применение 2 закона Ньютона ..... 2б
5. Ответ для ускорения ..... 2б

*Разбалловка носит ориентировочный характер. За этап решения в зависимости от недочётов могут сниматься баллы. Максимальный балл за каждую задачу 10.*

**I этап (очный) Всесибирской олимпиады по физике**  
**Задачи 11 кл. (24 октября 2010 г.)**



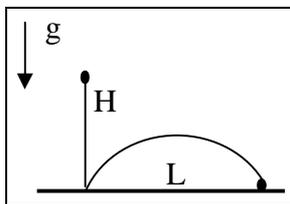
1. Тележка привязана к стене невесомым резиновым шнуром, который исходно не натянут и не провисает. Её начинают тянуть с другой стороны за нерастяжимую нить с силой  $F = 500$  Н. В момент когда натяжение шнура достигло значения  $T = 10$  Н нить отпускают. Какого наибольшего значения достигнет натяжение шнура при дальнейшем движении тележки? Трением пренебречь.

Решение

Работа силы  $F$  перейдёт в упругую потенциальную энергию:  $FT/k = (T_{\max})^2/2k$ , где  $k$  жёсткость. Отсюда  $T_{\max} = \sqrt{2FT} = 100$  Н.

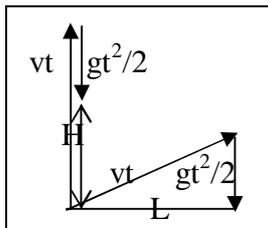
Разбалловка

1. Связь перемещения тележки и натяжения шнура через закон Гука ..... 2б
2. Нахождение работы силы  $F$  ..... 1б
3. Идея, что при наибольшем натяжении шнура скорость ноль ..... 1б
4. Применение сохранения энергии ..... 4б
5. Окончательное выражения  $T_{\max}$  и числовой ответ ..... 2б



2. От горизонтального пола одновременно отскочили с равными начальными скоростями два мяча, один наклонно, а другой вертикально вверх. В момент, когда первый мяч упал на пол на расстоянии  $L$ , второй мяч оказался на высоте  $H$  над полом. Найдите, через какое время от момента отскока это произошло.

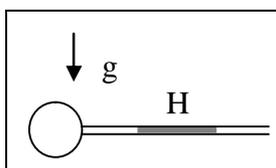
Решение



Вектор перемещения  $\mathbf{r}$  за время  $t$  равен  $\mathbf{vt} + \mathbf{gt}^2/2$ . Применяя это соотношение к вертикально летящему мячу имеем  $vt = H + gt^2/2$ , а к наклонно летящему ( $vt$  – гипотенуза в прямоугольном треугольнике) имеем  $(vt)^2 = L^2 + (gt^2/2)^2$ . Тогда  $(H + gt^2/2)^2 = L^2 + (gt^2/2)^2$ ; откуда находим  $t^2 = (L^2 - H^2)/gH$ . Возможно решение с рассмотрением движения по горизонтали и вертикали с последующим исключением из уравнений начальной скорости.

Разбалловка

1. Выражение через  $t$  для перемещения вертикально летящего мяча ..... 2б
2. Выражение через  $t$  для перемещения мяча, летящего под углом ..... 3б
3. Исключение начальной скорости ..... 3б
4. Получение ответа для  $t$  ..... 2б



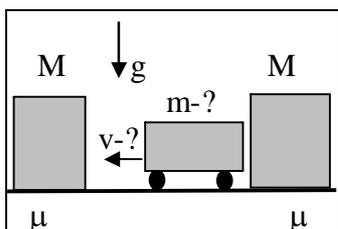
3. Сосуд с отводной трубкой сечения  $s = 25$  мм<sup>2</sup> содержит воздух, отделённый от атмосферного столбиком воды длиной  $H = 60$  см. В исходном положении трубка горизонтальна. После поворота трубкой вверх и установления равновесия столбик сместился на расстояние  $h_1 = 90$  мм, а после поворота трубкой вниз – на  $h_2 = 102$  мм от начального положения. Каков объём воздуха в сосуде и трубке за столбиком воды в исходном положении? Чему равно атмосферное давление? Плотность воды  $\rho = 1$  г/мл; ускорение свободного падения  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>. Температуру считать постоянной.

Решение

Из неизменности температуры  $(P + \rho gH)(V - sh_1) = PV$ ;  $(P - \rho gH)(V + sh_2) = PV$ .  
 Отсюда  $V = 2sh_1h_2/(h_2 - h_1) = 38$  мл, а  $P = \rho gH(h_2 + h_1)/(h_2 - h_1) = 0,94 \cdot 10^5$  Па.

Разбалловка

1. Выражения для давления при поворотах ..... 2б
2. Выражения для объёмов при смещениях столбика воды ..... 2б
3. Использование уравнения состояния газа при  $T = const$  ..... 2б
4. Нахождение исходного объёма (выражение и число) ..... 2б
5. Нахождение атмосферного давления (выражение и число) ..... 2б



4. На горизонтальном полу между брусками равных масс  $M$  находится тележка. Её толкнули влево. После столкновения с ней левый брусок остановился через время  $t_1 = 0,3$  с. Тележка отскакивает и сталкивается с правым бруском, который останавливается после столкновения через время  $t_2 = 0,2$  с. Какова масса тележки  $m$  и её начальная скорость  $v$ ? Тележка движется без трения и сталкивается с брусками упруго. Коэффициент трения брусков с полом  $\mu = 0,5$ . Принять ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

Решение

Ускорения брусков при торможении силой трения одинаковы и равны  $\mu g$ . Поэтому скорости брусков сразу после столкновения  $u_1 = \mu g t_1$  и  $u_2 = \mu g t_2$ . Применим сохранение импульса и энергии к первому столкновению с левым бруском (скорости взяты по модулю)  $mv_1 + mv_2 = Mu_1$ ;  $mv_1^2/2 - mv_2^2/2 = Mu_1^2/2$ . Здесь  $m$  масса тележки, а  $v_1$  и  $v_2$  её скорости до (начальная) и после столкновения. Для столкновения с правым бруском роль начальной скорости теперь у  $v_2$ . Тогда  $mv_2 + mv_3 = Mu_2$ ;  $mv_2^2/2 - mv_3^2/2 = Mu_2^2/2$ . Не решая этих уравнений, можно понять, что  $v_2/v_1 = u_2/u_1$ , а тогда  $v_2/v_1 = t_2/t_1$ . Обратимся с учётом этого к первому столкновению и получим следующие уравнения для  $v_1$  и  $m$ :

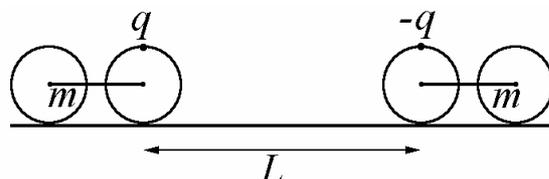
$$mv_1(1 + t_2/t_1) = M\mu g t_1; mv_1^2(1 - (t_2/t_1)^2) = M(\mu g t_1)^2.$$

Откуда  $v_1 = \mu g t_1^2 / (t_1 + t_2) = 4,5$  м/с. а  $m = M(t_1 - t_2) / (t_1 + t_2) = M/5$ .

Разбалловка

1. Нахождение ускорения и скорости брусков ..... 1б
2. Применение законов сохранения к упругим столкновениям ..... 3б
3. Получение уравнений для  $v_1$  и  $m$  ..... 2б
4. Получение выражения и числового ответа для  $v_1$  ..... 2б
5. Получение выражения и числового ответа для  $m$  ..... 2б

5. Платформы массы  $m$  каждая с невесомыми колесами радиуса  $R$  расположены на горизонтальном столе так, что расстояние между осями ближайших колес платформ равно  $L > 6R$ . В верхних точках этих колес закреплены заряды противоположного знака и одинаковой величины  $q$ . Вначале тележки удерживали, а затем отпустили. До какой скорости разгонится каждая тележка в момент, когда заряды окажутся на одной линии с осями колес? Колеса не проскальзывают по столу, в осях колес нет трения, заряды взаимодействуют только между собой.



Решение

При повороте колеса на угол  $\varphi$  тележки проедут расстояние  $x = R\varphi$  каждая, а расстояние между зарядами уменьшается на  $2R\varphi + 2R \sin \varphi$ . Из закона сохранения энергии

$$\frac{2mV^2}{2} = kq^2 \left( \frac{1}{L - 2R\varphi - 2R \sin \varphi} - \frac{1}{L} \right), \text{ скорости } V = q \sqrt{\frac{2kR(\varphi + \sin \varphi)}{mL(L - 2R\varphi - 2R \sin \varphi)}}, \text{ при } \varphi = \frac{\pi}{2}$$

$$V = q \sqrt{\frac{kR(2 + \pi)}{mL(L - R(2 + \pi))}}.$$

#### Разбалловка

1. Нахождение расстояния между зарядами при отсутствии проскальзывания 3б
2. Применение закона сохранения энергии ..... 5б
3. Получение выражения для скорости ..... 2б

*Разбалловка носит ориентировочный характер. За этап решения в зависимости от недочётов могут сниматься баллы. Максимальный балл за каждую задачу 10.*