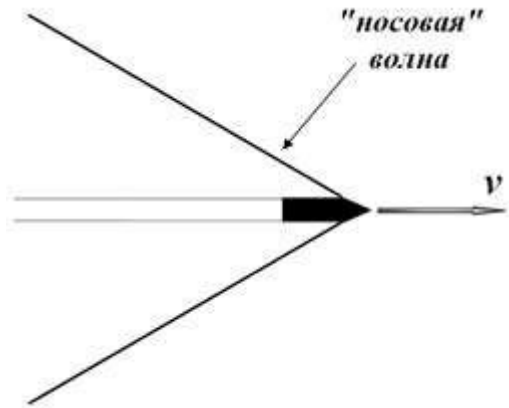


### Задача 1. «Солянка» (10.0 баллов)

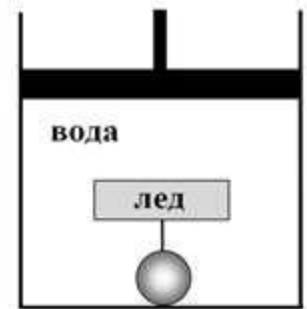
Эта задача состоит из трех независимых частей. **Часть 1А (3.0 балла)**

Корабль движется в водоеме со скоростью  $v = 10$  м/с так, что наблюдается так называемая "носовая" волна, смотрите фотографию на рисунке внизу и слева. На том же рисунке внизу и справа схематически показана эта же волна с соблюдением масштаба. Найдите скорость распространения волн  $v_w$  по поверхности водоема.



#### Часть 1В (3.5 баллов)

В теплоизолированный цилиндрический сосуд, в котором изначально находился 1 кг воды при температуре  $30^\circ\text{C}$ , опустили кусок льда массой 0,2 кг при  $0^\circ\text{C}$  с привязанным к нему на веревке металлическим шариком при  $0^\circ\text{C}$  так, что лед полностью погрузился под воду (см. рисунок). Масса шарика равна 30 г, а удельная теплоемкость  $800$  Дж/(кг·К). Затем все закрыли невесомым, теплонепроницаемым, подвижным поршнем площадью  $100$  см<sup>2</sup>. Найдите перемещение поршня и температуру в сосуде в конечном состоянии. Удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·°C), удельная теплота плавления льда  $330$  кДж/(кг), плотность льда  $900$  кг/(м<sup>3</sup>).



#### Часть 1С (3.5 баллов)

Текст книги дважды фотографируется фотоаппаратом с объективом, фокусное расстояние, которого равно 50 см. Условия фотографирования следующие: 1) с наименьшего допустимого для этого объектива расстояния 0,5 м; 2) присоединив объектив к камере через удлинительное кольцо высотой 25 мм, также с минимального возможного в этом случае расстояния. Найдите отношение размеров изображений, полученных на фотопленке в этих двух случаях.

### Задача 2. Полусфера (10.0 баллов)

Небольшое тело массы  $m$  покоится на вершине полусферы радиуса  $R$  и массы  $M$ . Сама полусфера находится на горизонтальной поверхности. В результате очень слабого толчка тело начинает соскальзывать с вершины без трения. Ускорение свободного падения равно  $g$ .

#### Часть 1.

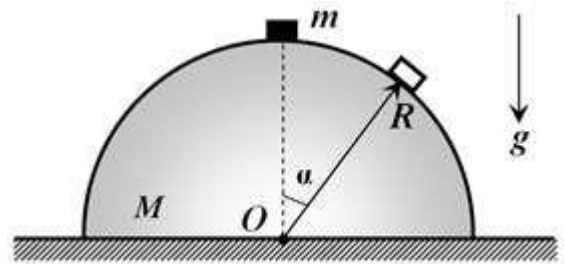
В этой части считайте, что сила трения между полусферой и горизонтальной плоскостью настолько велика, что полусфера все время остается неподвижной.

1.1 Для некоторого положения тела на полусфере, определяемым углом  $\alpha$  (см. рисунок), запишите уравнение второго закона Ньютона в проекциях на нормальное и тангенциальное направления траектории тела.

1.2 Для некоторого положения тела на полусфере, определяемым углом  $\alpha$  (см. рисунок), найдите скорость тела.

1.3 Используя результаты 1.1 и 1.2, найдите высоту над горизонтальной поверхностью, на которой тело оторвется от полусферы.

1.4 Найдите путь, который проходит тело до того места, в котором сила давления, действующая на горизонтальную поверхность со стороны полусферы, равна среднему арифметическому значению силы давления в начальный момент времени и в момент отрыва тела.



**Часть 2.**

В этой части в начальный момент времени, когда тело находится на вершине, полусферу начинают двигать с некоторым постоянным горизонтальным ускорением  $a$ .

2.1 Найдите  $a$  если известно, что отрыв тела от полусферы произошел на высоте  $h = 4R/5$  от горизонтальной поверхности.

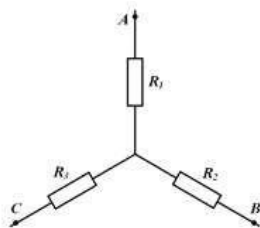
**Часть 3.**

Пусть снова тело покоится на вершине полусферы, которая теперь может свободно двигаться по горизонтальной поверхности без трения. В результате очень слабого толчка тело начинает соскальзывать с вершины без трения и отрывается от полусферы на высоте  $H = 5R/6$ .

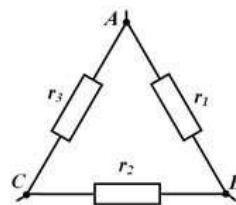
3.1 Найдите отношение масс полусферы и тела  $M/m$ .

**Задача 3. Трехполюсники (10.0 баллов)**

На рисунке ниже показаны две схемы сопротивлений, называемых трехполюсниками, так как каждая из них содержит три точки подключения, обозначенные А, В и С. Одна из схем называется "звездочка", другая — "треугольник".



Трехполюсник "звездочка"



Трехполюсник "треугольник"

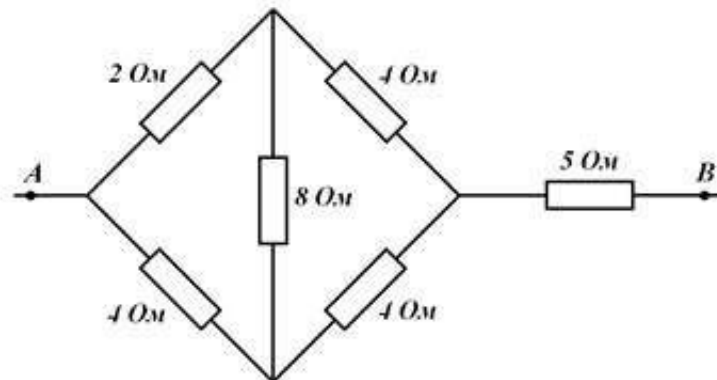
1.1 Считая сопротивления  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  известными, найдите сопротивление в схеме "звездочка", если источник тока подключить к точкам А и В.

1.2 Считая сопротивления  $r_1$ ,  $r_2$  и  $r_3$  известными, найдите сопротивление в схеме "треугольник", если источник тока подключить к точкам А и В.

1.3 Пусть значения сопротивлений в схеме "звездочка" равны соответственно  $R_1 = 6$  Ом,  $R_2 = 12$  Ом,  $R_3 = 18$  Ом. Найдите общее выражение и рассчитайте такие  $r_1$ ,  $r_2$  и  $r_3$ , чтобы схемы "звездочка" и "треугольник" были полностью эквивалентными при любом способе подключения

этих схем (с учетом обозначения точек подключения) к источникам постоянного напряжения и другим сопротивлениям;

**1.4** Найдите общее электрическое сопротивление  $R_{AB}$  между точками А и В в схеме, приведенной ниже.



### Часть 2.

Шесть резисторов  $r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6$  соединены в более сложный трехполюсник, полученный комбинацией схем "звездочка" и "треугольник", показанный на рисунке ниже.

**2.1** Считая, что все сопротивления одинаковы и равны  $r$ , найдите общее  $R_1$  сопротивление между точками А и В.

**2.2** Считая, что все сопротивления одинаковы и равны  $r$ , и что резистор  $r_3$  закорочен, найдите общее  $R_2$  сопротивление между точками А и В.

**2.3** Считая, что все сопротивления одинаковы и равны  $r$ , и что точки А и С закорочены, найдите общее сопротивление  $R_3$  между точками А и В.

Пусть все резисторы в той же схеме имеют разные сопротивления 1, 2, 3, 4, 5 и 6 Ом, но неизвестно, какие из них и на каком месте в схеме они находятся. Оказалось, что сопротивление между точками А и В в точности равно  $R_{AB} = \frac{94}{13}$  Ом.

**2.4** Найдите величину  $r_1 + r_2 + r_3$ .

**2.5** Продемонстрируйте, что сопротивление  $R_{AB}$  можно представить в виде  $R_{AB} = n_1 + p$ ,

где  $p = n_2 \frac{(13-n_2)}{13}$ , а  $n_1, n_2$  — целые числа.

**2.6** Рассчитайте все возможные значения  $p$  и соответствующие им значения  $r_3$ .

**2.7** Найдите значение сопротивления  $r_3$ .

