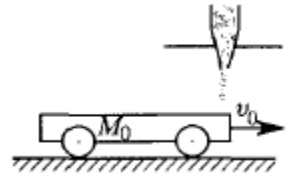


# Индивидуальное задание №2 к курсу «Прикладная физика»

## Вариант 1

1 Платформа длины  $L$  катится без трения со скоростью  $v_0$  (см. рис.). В момент времени  $t = 0$  она поступает к пункту погрузки песка, который высыпается со скоростью  $q$  (кг/с). Какое количество песка будет на платформе, когда она минует пункт погрузки? Масса платформы равна  $M_0$



2 Найти закон изменения массы ракеты со временем, если она движется в отсутствие внешних сил с постоянным ускорением  $a$ . скорость истечения газа относительно ракеты постоянна и равна  $u$ , а ее масса в начальный момент равна  $m_0$ .

3 Некоторая планета массы  $M$  движется по окружности вокруг Солнца со скоростью  $v = 34,9$  км/с (относительно гелиоцентрической системы отсчета). Найти период обращения этой планеты вокруг Солнца.

4 Оценить период обращения близкого спутника нейтронной звезды (пульсара), плотность которой равна ядерной. Масса нейтрона  $m = 1,66 \cdot 10^{-24}$  г, а его радиус  $r$  принять равным  $1,3 \cdot 10^{-13}$  см.

5 Космический аппарат вращается вокруг Земли по круговой орбите радиуса 7000 км. Определите запас характеристической скорости необходимой аппарату, чтобы перейти на круговую орбиту радиуса 20000 км по промежуточной эллиптической орбите, которая касается начальной и конечной орбиты в перигеуме и апоцентре.

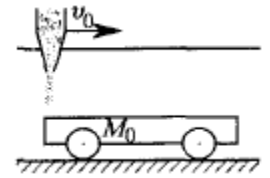
6 Искусственный спутник вращается вокруг Земли по эллиптической орбите со скоростью  $v_1 = 8$  км/с в перигее и  $v_2 = 7$  км/с в апогее. Определить длину большой оси  $2a$  эллиптической орбиты спутника. Радиус Земли  $R_3 = 6370$  км.

7 Над шоссе висит источник звуковых сигналов с частотой  $\nu_0 = 2,3$  кГц. От него со скоростью  $v = 54$  км/ч удаляется мотоциклист. В ту же сторону дует ветер со скоростью  $u = 5,0$  м/с. Считая скорость звука в воздухе  $v_0 = 340$  м/с, найти частоту сигнала, воспринимаемую мотоциклистом.

8 Одна из спектральных линий атомарного водорода имеет длину волны  $\lambda = 656,3$  нм. Найти доплеровское смещение  $\Delta\lambda$  этой линии, если ее наблюдать под углом  $60^\circ$  к пучку атомов водорода с кинетической энергией  $K = 2,0$  МэВ.

## Вариант 2

1 Бункер с песком движется с постоянной скоростью  $v_0$  над рельсами (см. рис. ). На рельсах стоит платформа длины  $L$  и массы  $M_0$ . Когда бункер начинает проходить над краем платформы, его открывают, и песок начинает высыпаться со скоростью  $q$  [кг/с]. Пренебрегая трением, определить скорость платформы к моменту, когда бункер ее обгонит.



2 Космический корабль стартует с начальной массой  $m_0$  и нулевой начальной скоростью в пространстве, свободном от поля тяготения. Масса корабля меняется во времени по закону:  $m = m_0 \exp(-\lambda t)$ , скорость продуктов сгорания относительно корабля постоянна и равна  $u$ . Какое расстояние  $x$  пройдет корабль к моменту, когда его масса уменьшится в 1000 раз?

3 Планета массы  $M$  движется вокруг Солнца по эллипсу так, что минимальное расстояние между ней и Солнцем равно  $r_1$ , а максимальное  $r_2$ . Найти с помощью третьего закона Кеплера период обращения ее вокруг Солнца.

4 Найти расстояние  $R$  между компонентами двойной звезды, если их общая масса  $M_1 + M_2$  равна удвоенной массе Солнца  $M_0$  и звезды обращаются по круговым орбитам вокруг их центра масс с периодом  $T = 2T_0$ , где  $T_0$  — продолжительность земного года. Расстояние от Земли до Солнца  $R_0 = 1,5 \cdot 10^8$  км.

5 Космический аппарат вращается вокруг Земли по круговой орбите радиуса 7300 км. Определите запас характеристической скорости необходимой аппарату, чтобы перейти на круговую орбиту радиуса 15000 км по промежуточной эллиптической орбите, которая касается начальной и конечной орбиты в перигеуме и апогеуме.

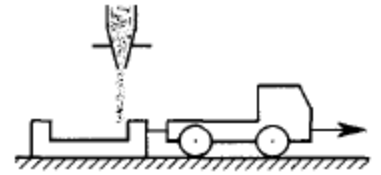
6 С некоторой площадки на экваторе посылаются два спутника по эллиптическим орбитам: первый в направлении вращения Земли, второй против. Каково будет наибольшее удаление  $R_1$  и  $R_2$  каждого из спутников от центра Земли, если известно, что начальные горизонтальные скорости их относительно Земли одинаковы по величине и равны  $v_0 = 10$  км/с? Расстояния выразить через радиус Земли  $R_0$ .

7 Звуковая волна распространяется со скоростью  $v$  в положительном направлении оси  $x$ . В ту же сторону движутся наблюдатели 1 и 2 со скоростями  $v_1$  и  $v_2$ . Найти отношение частот, которые зафиксируют наблюдатели.

8 По некоторой прямой движутся в противоположных направлениях наблюдатель со скоростью  $v_1 = 0,50c$  и впереди него источник света со скоростью  $v_2 = 0,75c$ . Собственная частота света равна  $\omega_0$ . Найти частоту света, которую зафиксирует наблюдатель.

### Вариант 3

1 Тягач тянет «волоком» сани длины  $l = 10$  м массы 50 т (см. рис.) с постоянной скоростью  $v = 5$  км/ч. При  $t = 0$  передний край саней поступает под погрузку песком, который насыпается сверху со скоростью  $q = 100$  кг/с, причем тягач продолжает тянуть сани с той же



скоростью. До начала погрузки натяжение каната вдвое меньше того, при котором он обрывается. Оборвется ли канат в процессе погрузки, если коэффициент трения  $k = 10^{-3}$ ?

2 Для поражения цели с самолета запускают ракету. Самолет летит горизонтально на высоте  $H = 8$  км со скоростью  $v_0 = 300$  м/с. Масса ракеты изменяется по закону  $m = m_0 \exp(-\lambda t)$  и уменьшается за время полета к цели в  $e$  раз. Скорость истечения газов относительно ракеты  $u = 1000$  м/с, корпус ракеты во время ее полета горизонтален. Каково расстояние  $L$  от цели до точки, над которой находился самолет в момент запуска ракеты? Сопротивление воздуха не учитывать.

3 Два спутника движутся вокруг Земли по касающимся траекториям. Один спутник движется по окружности радиуса  $r$ , другой по эллипсу с периодом обращения, в  $\eta$  раз большим, чем у первого спутника. Найти с помощью третьего закона Кеплера максимальное расстояние между вторым спутником и центром Земли.

4 Двойная звезда, один компонент которой является звездой типа Солнца с массой  $M_1 = 2 \cdot 10^{33}$  г, а другой компонент — нейтронной звездой радиуса  $R_H = 1,4$  км, вращается с периодом  $T = 5$  суток. Определить расстояние  $R$  между компонентами звезды. Плотность вещества нейтронной звезды считать равной плотности ядерной материи, которая определяется из соотношения  $R_n = 1,3 \cdot 10^{-13} A^{1/3}$  см, где  $A$  — относительная атомная масса вещества звезды.

5 Космический аппарат вращается вокруг Земли по круговой орбите радиуса 7500 км. Определите запас характеристической скорости необходимой аппарату, чтобы перейти на круговую орбиту радиуса 36000 км по промежуточной эллиптической орбите, которая касается начальной и конечной орбиты в перигеуме и апоцентре.

6 С южного и северного полюсов Земли одновременно стартуют две ракеты с одинаковой начальной скоростью  $v_0 = 10$  км/с в горизонтальном направлении, противоположно друг другу. При этом их эллиптические орбиты лежат в одной плоскости. Чему равно максимальное удаление ракет друг от друга?

7 Неподвижный наблюдатель воспринимает звуковые колебания от двух камертонов, один из которых приближается, а другой с той же скоростью удаляется. При этом наблюдатель слышит биения с частотой  $\nu = 2,0$  Гц. Найти скорость каждого камертона, если их частота колебаний  $\nu_0 = 680$  Гц и скорость звука  $v = 340$  м/с.

8 Одна из спектральных линий атомарного водорода имеет длину волны  $\lambda = 656,3$  нм. Найти доплеровское смещение  $\Delta\lambda$  этой линии, если ее наблюдать под прямым углом к пучку атомов водорода с кинетической энергией  $K = 1,0$  МэВ (поперечный Доплер-эффект).

## Вариант 4

1 Руда насыпается из бункера в вагон, катящийся по рельсам без трения. Начальная скорость вагона  $v_0$ , масса пустого вагона  $m_0$ , вес загруженной руды  $m_1$ . Подача руды из бункера происходит таким образом, что руда ложится на пол вагона слоем постоянной высоты. Найти время загрузки  $T$ .

2 Наблюдая пролетающий мимо Земли космический корабль, земные астрономы установили, что скорость его меняется во времени по закону  $v = -v_0 \ln(1-\lambda t)$ . Определить, как должна зависеть от времени масса корабля в предположении постоянства скорости истечения газов из сопла относительно корабля. Тяготением пренебречь.

3 Небольшое тело начинает падать на Солнце с расстояния, равного радиусу земной орбиты. Найти с помощью третьего закона Кеплера продолжительность падения.

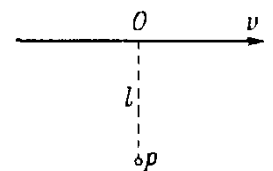
4 Найти радиус  $R$  орбиты «стационарного» спутника Земли. (Стационарным называют спутник, движущийся по круговой орбите вокруг Земли так, что время его оборота равно 24 часам.) Стационарный спутник, движущийся в плоскости экватора в сторону вращения Земли, будет оставаться неподвижным относительно нее. Выразить  $R$  через радиус Земли  $R_0$ , угловую скорость  $\omega$  вращения Земли и ускорение свободного падения  $g$  на ее поверхности.

5 Космический аппарат вращается вокруг Земли по круговой орбите радиуса 15000 км. Определите запас характеристической скорости необходимой аппарату, чтобы перейти на круговую орбиту радиуса 40000 км по промежуточной эллиптической орбите, которая касается начальной и конечной орбиты в перигеентре и апоцентре.

6 Вычислить вторую космическую скорость при старте ракеты с поверхности Юпитера, используя следующие данные. Третий спутник Юпитера — Ганимед — вращается вокруг планеты практически по круговой орбите радиуса  $R = 1,07 \cdot 10^6$  км с периодом обращения  $T = 7,15$  сут. Радиус планеты  $r = 7 \cdot 10^4$  км.

7 Источник звука частоты  $\nu_0 = 1700$  Гц и приемник находятся в одной точке. В некоторый момент источник начинает удаляться от приемника с ускорением  $a = 10,0$  м/с<sup>2</sup>. Найти частоту колебаний, воспринимаемых неподвижным приемником через  $t = 10,0$  с после начала движения источника. Скорость звука  $v = 340$  м/с.

8 Источник, испускающий электромагнитные сигналы с собственной частотой  $\nu_0 = 3,0$  ГГц, движется со скоростью  $v = 0,80 c$  по прямой, отстоящей от неподвижного наблюдателя  $P$  на расстояние  $l$  (см. рис.). Найти частоту сигналов, принимаемых наблюдателем в момент когда источник окажется в точке  $O$ .



## Вариант 5

1 В одном изобретении предлагается на ходу наполнять платформы поезда углем, падающим вертикально на платформу из соответствующим образом устроенного бункера. Какова должна быть приложенная к платформе сила тяги, если на нее погружают 10 т угля за 2 с, и за это время она проходит равномерно 10 м? Трением при движении платформы пренебречь.

2 Две ракеты массы  $m_0$  каждая стартуют одновременно в свободном пространстве, где силой тяжести можно пренебречь. Первая ракета движется с постоянным расходом топлива  $q$ , вторая — с постоянным ускорением  $a$ . Определить отношение их масс и скоростей в момент, когда масса первой ракеты уменьшится в два раза. Относительные скорости истечения газов у обеих ракет одинаковы, постоянны и равны  $u$ .

3 Спутник Луны, двигавшийся по круговой орбите радиуса  $r$ , после кратковременного торможения стал двигаться по эллиптической орбите, касающейся поверхности Луны. Найти с помощью третьего закона Кеплера время падения спутника на Луну.

4 В 1978 году у планеты Плутон обнаружен спутник — Харон. Плутон и Харон обращаются вокруг общего центра масс по круговым орбитам, причем расстояние между ними  $R = 19640$  км, а период обращения  $T = 6,4$  сут. Определить, какую часть массы Земли составляет суммарная масса системы Плутон—Харон. Считать известным радиус Земли  $R_3 = 6370$  км и ускорение силы тяжести на поверхности Земли.

5 Космический аппарат вращается вокруг Земли по круговой орбите радиуса 75000 км. Определите запас характеристической скорости необходимой аппарату, чтобы перейти на круговую орбиту радиуса 6500 км по промежуточной эллиптической орбите, которая касается начальной и конечной орбиты в перигеуме и апоцентре.

6 Наибольшее расстояние кометы Галлея от Солнца  $h = 35,4$ , наименьшее  $l = 0,59$  (за единицу принято расстояние Земли от Солнца). Линейная скорость движения кометы  $v_1 = 0,91$  км/с в точке наибольшего удаления ее от Солнца (в афелии). Как велика линейная скорость  $v_2$  кометы, когда она ближе всего подходит к Солнцу (в перигелии)?

7 Неподвижный источник испускает монохроматический звук, к нему приближается стенка со скоростью  $u = 33$  см/с. Скорость распространения звука в среде  $v = 330$  м/с. Как и насколько процентов изменяется длина волны звука при отражении от стенки?

8 Одна из спектральных линий, испускаемых возбужденными ионами  $\text{He}^+$ , имеет длину волны  $\lambda = 410$  нм. Найти доплеровское смещение  $\Delta\lambda$  этой линии, если ее наблюдать под углом  $\theta = 30^\circ$  к пучку ионов, движущихся с кинетической энергией  $K = 10$  МэВ.

## Вариант 6

1 В одном изобретении предлагается на ходу наполнять платформы поезда углем, падающим вертикально на платформу из соответствующим образом устроенного бункера. Подсчитать работу, совершенную паровозом за время погрузки на платформу некоторой массы угля  $\Delta m$ , и сравнить ее с кинетической энергией, которую получила погруженная масса угля. Трением при движении платформы пренебречь.

2 Ракета массы  $m_0$  стартует в свободном пространстве, где силой тяжести можно пренебречь. В течение времени  $\tau$  ракета движется с постоянным расходом топлива  $q$ , при этом масса ракеты уменьшается в два раза. Затем ракета движется в течение такого же времени  $\tau$  с постоянным ускорением  $a$ . Определить массу и скорость ракеты в момент  $t = 2\tau$ , если относительно ракеты скорость истечения газов постоянна и равна  $u$ .

3 Планета массы  $m$  движется по эллипсу вокруг Солнца так, что наименьшее и наибольшее расстояния ее от Солнца равны соответственно  $r_1$  и  $r_2$ . Найти момент импульса  $L$  этой планеты относительно центра Солнца.

4 Открытое в 1991 году, небесное тело 1991ДА (пока не ясно, астероид это или комета) движется по вытянутой орбите, так что минимальное расстояние от Солнца у него равно радиусу орбиты Марса, а максимальное — радиусу орбиты Урана. Определить период  $T$  обращения 1991 ДА вокруг Солнца, если известны периоды Марса  $T_1 = 1,88$  года и Урана  $T_2 = 84$  года.

5 Космический аппарат вращается вокруг Земли по круговой орбите радиуса 15000 км. Определите запас характеристической скорости необходимой аппарату, чтобы перейти на круговую орбиту радиуса 7500 км по промежуточной эллиптической орбите, которая касается начальной и конечной орбиты в перигеуме и апогеуме.

6 Космический корабль подлетает к Луне по параболической траектории, почти касающейся ее поверхности. В момент максимального сближения с Луной на короткое время был включен тормозной двигатель, и корабль перешел на круговую орбиту. Найти приращение модуля скорости корабля при торможении.

7 На одной и той же нормали к стенке находятся источник звуковых колебаний частоты  $\nu_0 = 1700$  Гц и приемник. Источник и приемник неподвижны, а стенка удаляется от источника со скоростью  $u = 6,0$  см/с. Найти частоту биений, которую будет регистрировать приемник. Скорость звука  $\nu = 340$  м/с.

8 При наблюдении спектральной линии  $\lambda = 0,59$  мкм в направлениях на противоположные края солнечного диска на его экваторе обнаружили различие в длинах волн на  $\delta\lambda = 8,0$  пм. Найти период вращения Солнца вокруг собственной оси.

## Вариант 7

1 Реактивный корабль массы  $M$  приводится в движение насосом, который забирает воду из реки и выбрасывает ее назад с кормы корабля. Скорость струи воды относительно корабля постоянна и равна  $u$ , а масса ежесекундно выбрасываемой насосом воды также постоянна и равна  $q$ . Найти модуль скорости корабля  $v$  как функцию времени. Силы трения в насосе и сопротивление воды движению корабля не учитывать.

2 Человек поддерживается в воздухе на постоянной высоте с помощью небольшого реактивного двигателя за спиной. Двигатель выбрасывает струю газов вертикально вниз со скоростью относительно человека  $u = 1000$  м/с. Расход топлива автоматически поддерживается таким, чтобы в любой момент, пока работает двигатель, реактивная сила уравновешивала вес человека с грузом. Сколько времени человек может продержаться на постоянной высоте, если его масса  $m_1 = 70$  кг, масса двигателя без топлива  $m_2 = 10$  кг, начальная масса топлива  $m_0 = 20$  кг? Какое расстояние  $l$  в горизонтальном направлении может преодолеть человек, если он разбежался по земле, приобрел горизонтальную скорость  $v = 10$  м/с, а затем включил двигатель, поддерживающий его в воздухе на постоянной высоте?

3 Телу сообщили на полюсе Земли скорость  $v$ , направленную вертикально вверх. Зная радиус Земли и ускорение свободного падения на ее поверхности, найти высоту, на которую поднимается тело.

4 Как изменилась бы продолжительность земного года, если бы масса Земли увеличилась и сделалась равной массе Солнца, а расстояние между ними осталось без изменения?

5 Космический аппарат вращается вокруг Земли по круговой орбите радиуса 25000 км. Определите запас характеристической скорости необходимой аппарату, чтобы перейти на круговую орбиту радиуса 7000 км по промежуточной эллиптической орбите, которая касается начальной и конечной орбиты в перигеуме и апогеуме.

6 Искусственный спутник вращается вокруг Земли по эллипсу. В точках пересечения эллипса с малой осью скорость спутника равна  $v = 7,5$  км/с. Определить длину  $2a$  большой оси эллипса.

7 На оси  $x$  находится приемник и источник звука частоты  $\nu_0 = 2000$  Гц. Источник совершает гармонические колебания вдоль этой оси с круговой частотой  $\omega$  и амплитудой  $a = 50$  см. При каком значении  $\omega$  ширина частотного интервала, воспринимаемого неподвижным приемником,  $\Delta\nu = 200$  Гц? Скорость звука  $v = 340$  м/с.

8 Плоская электромагнитная волна частоты  $\omega_0$  падает нормально на поверхность зеркала, движущегося навстречу с релятивистской скоростью  $v$ . Найти с помощью формулы Доплера частоту отраженной волны. Рассмотреть также случай  $v \ll c$ .

## Вариант 8

1 По горизонтальным рельсам без трения движутся параллельно две тележки с дворниками. На тележки падает  $q$  [г/с] снега. В момент времени  $t = 0$  массы тележек равны  $m_0$ , а скорости —  $v_0$ . Начиная с момента  $t = 0$ , один из дворников начинает сметать с тележки снег, так что масса ее в дальнейшем останется постоянной. Снег сметается в направлении, перпендикулярном движению тележки. Определить скорости тележек. Какая тележка будет двигаться быстрее? Почему?

2 Со стартовой площадки в поле тяжести Земли ракета движется вверх с первоначальным ускорением  $a_0 = 9,8 \text{ м/с}^2$ . Скорость истечения газов относительно ракеты  $u = 2000 \text{ м/с}$ . Какое ускорение  $a$  и какая скорость  $v$  будут у этой ракеты через  $\tau = 50 \text{ с}$  движения вверх без учета сопротивления воздуха? Расход топлива в единицу времени постоянный.

3 Найти период обращения спутника, движущегося вокруг некоторой планеты вблизи ее поверхности, если средняя плотность планеты  $\rho = 3,3 \text{ г/см}^3$ .

4 Определить массу планеты Марс по параметрам эллиптической орбиты советской автоматической станции «Марс-2», обращающейся вокруг этой планеты: максимальное удаление от поверхности планеты в апоцентре 25000 км, минимальное удаление от поверхности планеты в перигентре 1380 км, период обращения 18 часов. Диаметр Марса 6800 км, необходимые параметры планеты Земля считать известными.

5 Космический аппарат вращается вокруг Земли по круговой орбите радиуса 6500 км. Определите запас характеристической скорости необходимой аппарату, чтобы перейти на круговую орбиту радиуса 30000 км по промежуточной эллиптической орбите, которая касается начальной и конечной орбиты в перигентре и апоцентре.

6 Космический корабль вывели на круговую орбиту вблизи поверхности Земли. Какую дополнительную скорость в направлении его движения необходимо кратковременно сообщить кораблю, чтобы он смог преодолеть земное тяготение?

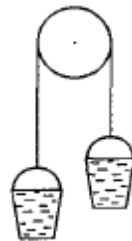
7 Над шоссе висит источник звуковых сигналов с частотой  $\nu_0 = 1,7 \text{ кГц}$ . От него со скоростью  $v = 60 \text{ км/ч}$  удаляется мотоциклист. В сторону, противоположную движению мотоциклиста, дует ветер со скоростью  $u = 3,0 \text{ м/с}$ . Считая скорость звука в воздухе  $v_0 = 340 \text{ м/с}$ , найти частоту сигнала, воспринимаемую мотоциклистом.

8 С какой скоростью удаляется от нас некоторая туманность, если линия водорода  $\lambda_0 = 434 \text{ нм}$  (для неподвижного источника) в ее спектре смещена в длинноволновую сторону на 130 нм?



## Вариант 9

1 Два ведра с водой висят на веревке (см. рис.), перекинутой через блок. Масса одного ведра  $M_0$ , масса другого ведра  $M_0 + \Delta m$ . В начальный момент более легкому ведру сообщается скорость  $v_0$ , направленная вниз. В этот момент начинается дождь, и в результате масса каждого ведра увеличивается с постоянной скоростью. Через какое время  $t$  скорость ведер обратится в ноль? Трением, массами веревки и блока пренебречь.



2 По какому закону должен изменяться расход топлива  $q(t)$ , чтобы в поле тяжести с постоянным  $g$  ракета двигалась вертикально вверх с постоянным ускорением  $a$ ? Скорость истечения газовой струи относительно ракеты постоянна и равна  $u$ .

3 Спутник вывели на круговую орбиту со скоростью  $v$  над полюсом Земли. Найти расстояние от спутника до поверхности Земли.

4 Вычислить массу Земли, используя параметры орбиты советского искусственного спутника «Космос-380». Период обращения спутника (относительно звезд)  $T = 102,2$  мин, расстояние до поверхности Земли в перигее 210 км, в апогее 1548 км. Землю считать шаром с радиусом 6371 км.

5 Космический аппарат вращается вокруг Земли по круговой орбите радиуса 16500 км. Определите запас характеристической скорости необходимой аппарату, чтобы перейти на круговую орбиту радиуса 33000 км по промежуточной эллиптической орбите, которая касается начальной и конечной орбиты в перигеуме и апогее.

6 Космический корабль движется вокруг Земли по круговой орбите, радиус которой в  $\eta = 2,5$  раза больше радиуса Земли. Какую дополнительную скорость надо кратковременно сообщить кораблю в направлении от центра Земли от ее радиусу, чтобы он смог покинуть поле тяготения Земли?

7 Неподвижный источник испускает монохроматический звук, от него удаляется стенка со скоростью  $u = 33$  см/с. Скорость распространения звука в среде  $v = 330$  м/с. Как и насколько процентов изменяется длина волны звука при отражении от стенки?

8 По некоторой прямой движутся в одном направлении наблюдатель со скоростью  $v_1 = 0,50c$  и впереди него источник света со скоростью  $v_2 = 0,75c$ . Собственная частота света равна  $\omega_0$ . Найти частоту света, которую зафиксирует наблюдатель.

## Вариант 10

1 При выстреле из безоткатного орудия и из длинноствольной пушки снарядами равной массы  $M = 10$  кг использовалась одинаковая масса  $m = 1$  кг одного и того же пороха. Полагая, что при выстреле из пушки внутренняя энергия продуктов сгорания практически целиком используется для ускорения снаряда, найти отношение начальных скоростей полета снарядов  $v_п/v_{60}$ . За начальную скорость снаряда безоткатного орудия принять скорость, полученную реактивным снарядом после сгорания пороха.

2 Двигатель метеорологической ракеты дважды запускается на короткое время: при взлете и при возвращении на Землю для обеспечения мягкой посадки. Масса ракеты перед стартом  $M$ , после посадки —  $m$ . Какова масса ракеты после старта? Сопротивлением воздуха во все время полета пренебречь.

3 Два тела с одинаковой массой  $M$  движутся навстречу из бесконечности по параллельным траекториям, расстояние между которыми равно  $l$ . Начальные скорости одинаковы и равны  $v_0$ . Каково будет минимальное расстояние между телами с учетом их гравитационного притяжения?

4 Среднее время обращения советского корабля-спутника «Восток», на котором Ю. А. Гагарин 12 апреля 1961 г. впервые облетел вокруг земного шара,  $T_1 = 89,2$  мин при средней высоте полета над земной поверхностью  $h = 254$  км. Ближайший спутник Марса — Фобос — обращается вокруг планеты за время  $T_2 = 7$  ч 39 мин, находясь от центра Марса в среднем на расстоянии  $R_2 = 9350$  км. Определить отношение массы Марса  $M_2$  к массе Земли  $M_1$  если средний радиус земного шара  $R = 6370$  км.

5 Космический аппарат вращается вокруг Земли по круговой орбите радиуса 17500 км. Определите запас характеристической скорости необходимой аппарату, чтобы перейти на круговую орбиту радиуса 8000 км по промежуточной эллиптической орбите, которая касается начальной и конечной орбиты в перигеентре и апоцентре.

6 Найти приближенно третью космическую скорость — наименьшую скорость, которую необходимо сообщить телу относительно поверхности Земли, чтобы оно могло покинуть Солнечную систему. Вращением Земли вокруг ее оси пренебречь.

7 Звуковая волна распространяется со скоростью  $v$  в положительном направлении оси  $x$ . В противоположную сторону движутся наблюдатели 1 и 2 со скоростями  $v_1$  и  $v_2$ . Найти отношение частот, которые зафиксируют наблюдатели.

8 Источник, испускающий электромагнитные сигналы с собственной частотой  $\nu_0 = 3,0$  ГГц, движется со скоростью  $v = 0,80c$  по прямой, отстоящей от неподвижного наблюдателя  $P$  на расстояние  $l$  (см. рис.). Найти частоту сигналов, принимаемых наблюдателем в момент когда наблюдатель увидит его в точке  $O$ .

