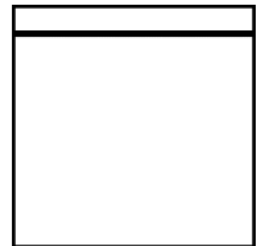


**1. (6 баллов)** Два одинаковых маленьких шарика движутся вдоль одной вертикали. Первый шарик подброшен с поверхности Земли с начальной скоростью  $V_0$ , второй шарик одновременно с запуском первого подброшен вверх с начальной скоростью  $u$  с высоты  $H$ . В точке встречи происходит абсолютно упругий удар. Определите время полета первого шарика от столкновения до падения на Землю. Считайте, что

$$V_0 > \sqrt{gH} > u,$$

где  $g$  – ускорение свободного падения.

**2. (4 балла)** Кубический бак с жесткими стенками, длина ребра которого составляет  $a = 1$  м, разделяется тонким легким недеформируемым поршнем, перемещающимся в вертикальном направлении без трения. Первоначально бак полностью заполнен водой массой  $M = 1000$  кг. Какую массу гелия нужно закачать в пространство над поршнем, чтобы поршень сдвинулся на расстояние  $\Delta h = 1$  мм? Температуры гелия и воды одинаковы, постоянны и равны  $t = 27$  °С. Молярная масса гелия  $\mu = 4$  г/моль, значение универсальной газовой постоянной  $R = 8,31$  Дж/(К·моль). Сжимаемость воды (относительное изменение объема при изотермическом увеличении давления) составляет  $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-10}$  Па<sup>-1</sup>.



**3. (6 баллов)** В горизонтальном неподвижном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем массой  $M$ , находится газ. Газ нагревают, при этом поршень движется из состояния покоя равноускоренно с ускорением  $a$ . Найдите количество теплоты, сообщенное газу за промежуток времени  $\tau$ . Внутренняя энергия одного моля газа равна  $U = cT$ . Теплоемкостью сосуда и поршня пренебречь. С внешней стороны поршня вакуум.

**4. (4 балла)** При движении в воздухе на мяч действует сила сопротивления, пропорциональная квадрату скорости. Непосредственно перед ударом волейболиста мяч летел горизонтально со скоростью  $V_1$  и с ускорением  $a_1$ . После удара мяч полетел вертикально вверх с скоростью  $V_2$ . Определите ускорение мяча непосредственно после удара.

**5. (6 баллов)** В холодильной машине, работающей по обратному циклу Карно, в качестве холодильника используется вода при  $T_x = 273$  К, а в качестве нагревателя – вода при  $T_n = 373$  К. Сколько воды можно заморозить в холодильнике, если превратить в пар  $m = 200$  г воды в нагревателе? Удельная теплота плавления льда  $\lambda = 3,35 \cdot 10^5$  Дж/кг, удельная теплота парообразования воды  $r = 2,26$  МДж/кг.

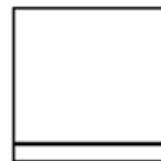
**6. (4 балла)** За собирающей тонкой линзой с фокусным расстоянием  $F$  и диаметром  $D$  в ее фокусе перпендикулярно ее оптической оси расположен плоский экран. Перед линзой на главной оптической оси на расстоянии  $d > F$  от линзы помещен точечный источник света. Определите диаметр светового пятна на экране.

**1. (6 баллов)** Два одинаковых маленьких шарика движутся вдоль одной вертикали. Первый шарик подброшен с поверхности Земли с начальной скоростью  $V_0$ , второй шарик одновременно с запуском первого брошен вниз с начальной скоростью  $u$  с высоты  $H$ . В точке встречи происходит абсолютно упругий удар. Определите, на какой высоте будет находиться второй шарик в тот момент времени, когда первый шарик упадет на Землю? Считайте, что

$$V_0 > \sqrt{gH} > u,$$

где  $g$  – ускорение свободного падения.

**2. (4 балла)** Кубический бак с жесткими стенками, длина ребра которого составляет  $a = 1$  м, разделяется тонким легким недеформируемым поршнем, перемещающимся в вертикальном направлении без трения. Первоначально бак полностью заполнен водой массой  $M = 1000$  кг. Какую массу неона нужно закачать в пространство под поршнем, чтобы поршень сдвинулся на расстояние  $\Delta h = 0,5$  мм? Температуры неона и воды одинаковы, постоянны и равны  $t = 32$  °С. Молярная масса неона  $\mu = 20$  г/моль, значения универсальной газовой постоянной  $R = 8,31$  Дж/(К·моль), ускорения свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сжимаемость воды (относительное изменение объема при изотермическом увеличении давления) составляет  $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-10}$  Па<sup>-1</sup>.



**3. (6 баллов)** В горизонтальном неподвижном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем, находится идеальный газ. Газ нагревают, при этом поршень движется из состояния покоя равноускоренно с ускорением  $a$ . Количество теплоты, сообщенное газу за промежуток времени  $\tau$ , равно  $Q$ . Определите массу поршня. Молярная теплоемкость газа в процессе при постоянном объеме равна  $c_{\mu V}$ . Теплоемкостью сосуда и поршня пренебречь. С внешней стороны поршня вакуум.

**4. (4 балла)** При движении в воздухе на мяч действует сила сопротивления, пропорциональная квадрату скорости. Непосредственно перед ударом волейболиста мяч летел горизонтально со скоростью  $V_1$ . После удара мяч полетел вертикально вверх с скоростью  $V_2$  и ускорением  $a_2$ . Определите ускорение мяча непосредственно перед ударом.

**5. (6 баллов)** В холодильной машине, работающей по обратному циклу Карно, в качестве холодильника используется вода при  $T_x = 273$  К, а в качестве нагревателя – вода при  $T_n = 373$  К. Сколько воды нужно превратить в пар в нагревателе, чтобы заморозить  $m = 2$  кг воды в холодильнике? Удельная теплота

плавления льда  $\lambda = 3,35 \cdot 10^5$  Дж/кг, удельная теплота парообразования воды  $r = 2,26$  МДж/кг.

**6. (4 балла)** За собирающей тонкой линзой диаметром  $D$  в ее фокусе перпендикулярно ее оптической оси расположен плоский экран. Перед линзой на главной оптической оси на расстоянии  $d$  от линзы большем фокусного помещен точечный источник света. Диаметр светового пятна на экране равен  $D'$ . Определите фокусное расстояние линзы.



**1. (6 баллов)** Два одинаковых маленьких шарика движутся вдоль одной вертикали. Первый шарик подброшен с поверхности Земли с начальной скоростью  $V_0$ , второй шарик одновременно с запуском первого брошен вниз с начальной скоростью  $u$  с высоты  $H$ . В точке встречи происходит абсолютно упругий удар. Определите, какую скорость будет иметь второй шарик в тот момент времени, когда первый шарик упадет на Землю? Считайте, что

$$V_0 > \sqrt{gH} > u,$$

где  $g$  – ускорение свободного падения.

**2. (4 балла)** Кубический бак с жесткими стенками, длина ребра которого составляет  $a = 0,9$  м, разделяется тонким легким недеформируемым поршнем, перемещающимся в вертикальном направлении без трения. Первоначально бак полностью заполнен метиловым спиртом. Какое количество вещества идеального газа нужно закачать в пространство над поршнем, чтобы поршень сдвинулся на расстояние  $\Delta h = 0,9$  мм? Температуры газа и спирта одинаковы, постоянны и равны  $t = 17$  °С. Значение универсальной газовой постоянной  $R = 8,31$  Дж/(К·моль). Сжимаемость спирта (относительное изменение объема при изотермическом увеличении давления) составляет  $\varepsilon = 8 \cdot 10^{-10}$  Па<sup>-1</sup>.

**3. (6 баллов)** В горизонтальном неподвижном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем массой  $M$ , находится газ. Газ нагревают, при этом поршень движется из состояния покоя равноускоренно. Количество теплоты, сообщенное газу за промежуток времени  $\tau$ , равно  $Q$ . Определите ускорение поршня. Внутренняя энергия одного моля газа равна  $U = cT$ . Теплоемкостью сосуда и поршня пренебречь. С внешней стороны поршня вакуум.

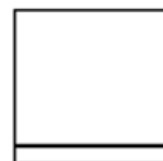
**4. (4 балла)** При движении в воздухе на мяч действует сила сопротивления, пропорциональная квадрату скорости. Непосредственно перед ударом волейболиста мяч летел горизонтально, имея ускорение  $a_1$ . После удара мяч полетел вертикально вверх с скоростью  $V_2$  и ускорением  $a_2$ . Определите скорость мяча непосредственно перед ударом.

**5. (6 баллов)** Две одинаковы проводящие сферы находятся на большом расстоянии друг от друга и имеют положительные заряды  $Q_1$  и  $Q_2$ . Незаряженный металлический шарик на непроводящем подвесе подносят к первой сфере и касаются её. Затем шарик подносят ко второй сфере и касаются её. После этого заряд шарика оказался равным  $q_2$ . Найдите заряд второй сферы после всех манипуляций.

**6. (4 балла)** За собирающей тонкой линзой с фокусным расстоянием  $F$  в ее фокусе перпендикулярно ее оптической оси расположен плоский экран. Перед линзой на главной оптической оси на расстоянии  $d > F$  от линзы помещен точечный источник света. Радиус светового пятна на экране равен  $D'$ . Определите диаметр линзы.

1. (6 баллов) Два одинаковых маленьких шарика движутся вдоль одной вертикали. Первый шарик подброшен с поверхности Земли с начальной скоростью  $V_0 = 7$  м/с, второй шарик одновременно с запуском первого брошен вниз с начальной скоростью  $u = 1$  м/с с высоты  $H = 4$  м. В точке встречи происходит абсолютно упругий удар. Шарики продолжают движение. При отскоке первого шарика от поверхности Земли его механическая энергия уменьшается в  $k = 1,21$  раза. Определите время полета первого шарика от отскока от поверхности Земли до второго соударения с другим шариком. Считайте, что значение ускорения свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

2. (4 балла) Кубический бак с жесткими стенками, длина ребра которого составляет  $a = 1,2$  м, разделяется тонким легким недеформируемым поршнем, перемещающимся в вертикальном направлении без трения. Первоначально бак полностью заполнен метиловым спиртом. Какое количество вещества идеального газа нужно закачать в пространство под поршнем, чтобы поршень сдвинулся на расстояние  $\Delta h = 0,8$  мм? Температуры газа и спирта одинаковы, постоянны и равны  $t = 27$  °С. Значения универсальной газовой постоянной  $R = 8,31$  Дж/(К·моль), ускорения свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup> плотности спирта  $\rho = 810$  кг/м<sup>3</sup>. Сжимаемость спирта (относительное изменение объема при изотермическом изменении давления) составляет  $\varepsilon = 8 \cdot 10^{-10}$  Па<sup>-1</sup>.



3. (6 баллов) В горизонтальном неподвижном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем массой  $M$ , находится идеальный газ. Газ нагревают, при этом поршень движется из состояния покоя равноускоренно с ускорением  $a$ . Количество теплоты, сообщенное газу, равно  $Q$ . Определите время, за которое газу была сообщена теплота. Молярная теплоемкость газа в процессе при постоянном объеме равна  $c_{\mu V}$ . Теплоемкостью сосуда и поршня пренебречь. С внешней стороны поршня вакуум.

4. (4 балла) При движении в воздухе на мяч действует сила сопротивления, пропорциональная квадрату скорости. Непосредственно перед ударом волейболиста мяч летел горизонтально со скоростью  $V_1$ , имея ускорение  $a_1$ . После удара мяч полетел вертикально вверх с ускорением  $a_2$ . Определите скорость мяча непосредственно после удара.

5. (6 баллов) Проводящая сфера радиусом  $R$  имеет заряд  $Q$ . Определите давление на поверхность сферы, обусловленное взаимодействием зарядов.

Указание. Площадь сферы равна  $4\pi R^2$ .

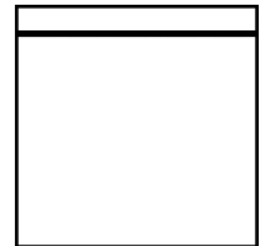
**6. (4 балла)** За собирающей тонкой линзой с фокусным расстоянием  $F$  и диаметром  $D$  в ее фокусе перпендикулярно ее оптической оси расположен плоский экран. Перед линзой на главной оптической оси на расстоянии большем фокусного от линзы помещен точечный источник света. Диаметр светового пятна на экране равен  $D'$ . Определите расстояние от фокуса линзы до источника света.





**1. (6 баллов)** Два одинаковых маленьких шарика движутся вдоль одной вертикали. Первый шарик подброшен с поверхности Земли с начальной скоростью  $V_0 = 8$  м/с, второй шарик одновременно с запуском первого брошен вниз с начальной скоростью  $u = 2$  м/с с высоты  $H = 5$  м. В точке встречи происходит абсолютно упругий удар. Шарики продолжают движение. При отскоке первого шарика от поверхности Земли его механическая энергия уменьшается в  $k = 1,21$  раза. Определите высоту, на которой произошло второе соударение шариков. Считайте, что значение ускорения свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**2. (4 балла)** Кубический бак с жесткими стенками, длина ребра которого составляет  $a = 2$  м, разделяется тонким легким недеформируемым поршнем, перемещающимся в вертикальном направлении без трения. Первоначально бак полностью заполнен водой. В пространство над поршнем закачивают аргон, в результате поршень сдвинулся на расстояние  $\Delta h = 1,5$  мм. Какова плотность аргона, находящегося в пространстве между верхней стенкой бака и поршнем? Температуры аргона и воды одинаковы, постоянны и равны  $t = 27$  °С. Молярная масса аргона  $\mu = 40$  г/моль, значение универсальной газовой постоянной  $R = 8,31$  Дж/(К·моль). Сжимаемость воды (относительное изменение объема при изотермическом увеличении давления) составляет  $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-10}$  Па<sup>-1</sup>. Считайте аргон идеальным газом.



**3. (6 баллов)** В горизонтальном неподвижном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем массой  $M$ , находится газ. Газ нагревают в течение времени  $\tau$ , при этом поршень двигается из состояния покоя равноускоренно с ускорением  $a$ . Найдите среднюю мощность нагревателя. Внутренняя энергия одного моля газа равна  $U = cT$ . Теплоемкостью сосуда и поршня пренебречь. С внешней стороны поршня вакуум.

**4. (4 балла)** При движении в воздухе на мяч действует сила сопротивления, пропорциональная квадрату скорости. Непосредственно перед ударом волейболиста мяч летел горизонтально, имея ускорение  $a_1$ . После удара мяч полетел вертикально вверх с ускорением  $a_2$ . Определите отношение скоростей мяча после и до удара.

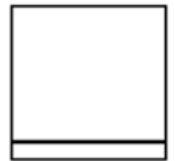
**5. (6 баллов)** Проводящая сфера имеет заряд  $Q$ . Давление на поверхность сферы, обусловленное взаимодействием зарядов, равно  $p$ . Определите радиус сферы.

**Указание.** Площадь сферы равна  $4\pi R^2$ .

**6. (4 балла)** За рассеивающей тонкой линзой с фокусным расстоянием  $F$  и диаметром  $D$  в ее фокусе перпендикулярно ее оптической оси расположен плоский экран. Перед линзой на главной оптической оси на расстоянии  $d > F$  от линзы помещен точечный источник света. Определите диаметр светового пятна на экране.

**1. (6 баллов)** Два одинаковых маленьких шарика движутся вдоль одной вертикали. Первый шарик подброшен с поверхности Земли с начальной скоростью  $V_0 = 9$  м/с, второй шарик одновременно с запуском первого брошен вниз с начальной скоростью  $u = 3$  м/с с высоты  $H = 8$  м. В точке встречи происходит абсолютно упругий удар. Шарики продолжают движение. При отскоке первого шарика от поверхности Земли его механическая энергия уменьшается в  $k = 1,69$  раза. Определите скорость первого шарика непосредственно перед вторым соударением с другим шариком. Считайте, что значение ускорения свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**2. (4 балла)** Кубический бак с жесткими стенками, длина ребра которого составляет  $a = 2$  м, разделяется тонким легким недеформируемым поршнем, перемещающимся в вертикальном направлении без трения. Первоначально бак полностью заполнен водой массой  $M = 8000$  кг. В пространство под поршнем закачивают криптон, при этом поршень сдвинулся на расстояние  $\Delta h = 1$  мм. Определите плотность криптона. Температуры криптона и воды одинаковы, постоянны и равны  $t = 17$  °С. Молярная масса криптона  $\mu = 84$  г/моль, значения универсальной газовой постоянной  $R = 8,31$  Дж/(К·моль), ускорения свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сжимаемость воды (относительное изменение объема при изотермическом увеличении давления) составляет  $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-10}$  Па<sup>-1</sup>. Считайте криптон идеальным газом.



**3. (6 баллов)** В горизонтальном неподвижном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем массой  $M$ , находится газ. Газ нагревают в течение времени  $\tau$ , при этом поршень двигается из состояния покоя равноускоренно с ускорением  $a$ . Внутренняя энергия одного моля газа пропорциональна абсолютной температуре газа. Определите коэффициент пропорциональности, если средняя мощность нагревателя равна  $P$ . Теплоемкостью сосуда и поршня пренебречь. С внешней стороны поршня вакуум.

**4. (4 балла)** Два маленьких шарика испытывают абсолютно упругое столкновение. Масса первого шарика  $m$ . После столкновения первый шар потерял долю  $\eta$  своей кинетической энергии. Определите массу второго шара.

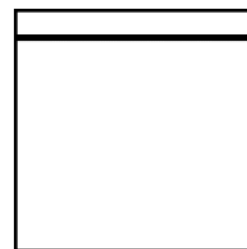
**5. (6 баллов)** Проводящая сфера имеет радиус  $R$ . Давление на поверхность сферы, обусловленное взаимодействием зарядов, равно  $p$ . Определите заряд сферы.

**Указание.** Площадь сферы равна  $4\pi R^2$ .

**6. (4 балла)** За рассеивающей тонкой линзой диаметром  $D$  в ее фокусе перпендикулярно ее оптической оси расположен плоский экран. Перед линзой на главной оптической оси на расстоянии  $d$  от линзы больше фокусного помещен точечный источник света. Диаметр светового пятна на экране равен  $D'$ . Определите фокусное расстояние линзы.

1. (6 баллов) Два одинаковых маленьких шарика движутся вдоль одной вертикали. Первый шарик подброшен с поверхности Земли с начальной скоростью  $V_0 = 10$  м/с, второй шарик одновременно с запуском первого брошен вниз с начальной скоростью  $u = 4$  м/с с высоты  $H = 9$  м. В точке встречи происходит абсолютно упругий удар. Шарика продолжают движение. При отскоке первого шарика от поверхности Земли его механическая энергия уменьшается в  $k = 1,96$  раза. Определите скорость второго шарика непосредственно перед вторым соударением с первым шариком. Считайте, что значение ускорения свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

2. (4 балла) Кубический бак с жесткими стенками, длина ребра которого составляет  $a = 1,2$  м, разделяется тонким легким недеформируемым поршнем, перемещающимся в вертикальном направлении без трения. Первоначально бак полностью заполнен глицерином. Затем в пространство над поршнем закачивают  $\nu = 0,5$  моль идеального газа. На какое расстояние сместился поршень? Температуры газа и глицерина одинаковы, постоянны и равны  $t = 17$  °С. Значение универсальной газовой постоянной  $R = 8,31$  Дж/(К·моль). Сжимаемость глицерина (относительное изменение объема при изотермическом увеличении давления) составляет  $\varepsilon = 2,2 \cdot 10^{-10}$  Па<sup>-1</sup>.



3. (6 баллов) В вертикальном неподвижном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем массой  $M$ , находится газ. Газ нагревают, при этом поршень движется из состояния покоя равноускоренно с ускорением  $a$ . За время нагрева поршень выходит из сосуда, а затем продолжает движение вертикально вверх в свободном пространстве. Средняя мощность нагревателя равна  $P$ . Определите время подъема поршня до максимальной высоты над краем сосуда. Внутренняя энергия одного моля газа равна  $U = cT$ . Ускорение свободного падения  $g$ . Теплоемкостью сосуда и поршня пренебречь. С внешней стороны поршня вакуум.

4. (4 балла) Два маленьких шарика испытывают абсолютно упругое столкновение. После столкновения первый шар потерял долю  $\eta$  своей кинетической энергии. Масса второго шарика  $M$ . Определите массу первого шара.

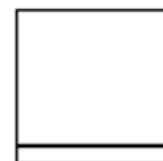
5. (6 баллов) Два одинаковых воздушных конденсатора ёмкостью  $C$  каждый заряжены до напряжения  $U$ . Один из них в заряженном состоянии погружают в диэлектрическую жидкость с проницаемостью  $\varepsilon$ , после чего

конденсаторы соединяют параллельно. Определите количество теплоты, выделившееся при соединении конденсаторов.

**6. (4 балла)** За рассеивающей тонкой линзой с фокусным расстоянием  $F$  в ее фокусе перпендикулярно ее оптической оси расположен плоский экран. Перед линзой на главной оптической оси на расстоянии  $d > F$  от линзы помещен точечный источник света. Диаметр светового пятна на экране равен  $D'$ . Определите диаметр линзы.

**1. (6 баллов)** Два одинаковых маленьких шарика движутся вдоль одной вертикали. Первый шарик подброшен с поверхности Земли с начальной скоростью  $V_0 = 11$  м/с, второй шарик одновременно с запуском первого брошен вниз с начальной скоростью  $u = 1$  м/с с высоты  $H = 10$  м. В точке встречи происходит абсолютно упругий удар. Шарика продолжают движение. При отскоке первого шарика от поверхности Земли его механическая энергия уменьшается в  $k = 1,96$  раза. Определите максимальную высоту подъема второго шарика после второго соударения с первым шариком. Считайте, что значение ускорения свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**2. (4 балла)** Кубический бак с жесткими стенками, длина ребра которого составляет  $a = 1$  м, разделяется тонким легким недеформируемым поршнем, перемещающимся в вертикальном направлении без трения. Первоначально бак полностью заполнен минеральным индустриальным маслом. В пространство под поршнем закачивают  $\nu = 0,6$  молей идеального газа. При этом поршень сдвинулся на  $\Delta h = 1$  мм. Какова была температура масла? Температуры газа и масла одинаковы и, постоянны в процессе заполнения пространства газом. Значения универсальной газовой постоянной  $R = 8,31$  Дж/(К·моль), ускорения свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup> плотности масла  $\rho = 890$  кг/м<sup>3</sup>. Сжимаемость масла (относительное изменение объема при изотермическом изменении давления) составляет  $\varepsilon = 6,8 \cdot 10^{-10}$  Па<sup>-1</sup>.



**3. (6 баллов)** В вертикальном неподвижном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем массой  $M$ , находится идеальный газ. Газ нагревают, при этом поршень двигается из состояния покоя равноускоренно с ускорением  $a$ . За время нагрева поршень выходит из сосуда, а затем продолжает движение вертикально вверх в свободном пространстве. Средняя мощность нагревателя равна  $P$ . Определите максимальную высоту подъема поршня над краем сосуда. Молярная теплоемкость газа в процессе при постоянном объеме равна  $c_{\mu V}$ . Ускорение свободного падения  $g$ . Теплоемкостью сосуда и поршня пренебречь. С внешней стороны поршня вакуум.

**4. (4 балла)** Два маленьких шарика испытывают абсолютно упругое столкновение. После столкновения первый шар потерял долю  $\eta$  своей кинетической энергии. Определите отношение массы первого шара к массе второго шарика.

**5. (6 баллов)** Два одинаковых воздушных конденсатора заряжены до напряжения  $U$  каждый. Один из них в заряженном состоянии погружают в

диэлектрическую жидкость с проницаемостью  $\epsilon$ , после чего конденсаторы соединяют параллельно. Количество теплоты, выделившееся при соединении конденсаторов, равно  $Q$ . Определите емкость конденсаторов.

**6. (4 балла)** За рассеивающей тонкой линзой с фокусным расстоянием  $F$  и диаметром  $D$  в ее фокусе перпендикулярно ее оптической оси расположен плоский экран. Перед линзой на главной оптической оси на расстоянии большем фокусного от линзы помещен точечный источник света. диаметр светового пятна на экране равен  $D'$ . Определите расстояние от линзы до источника света.