

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

C1 Летом в ясную погоду над полями и лесами к середине дня часто образуются кучевые облака, нижняя кромка которых находится на одинаковой высоте. Объясните, опираясь на известные вам законы и закономерности, физические процессы, которые приводят к этому.

1. Когда лучи Солнца нагревают за счет поглощения света влажную землю и воздух около нее, из земли и растений активно испаряется вода, и более легкий нагретый за счет теплопроводности воздух с парами воды из-за действия выталкивающей силы Архимеда поднимается вверх, образуя восходящие потоки.
2. В процессе подъема давление воздуха падает, а теплообмена с окружающими телами практически нет. Поэтому процесс изменения состояния влажного воздуха близок к адиабатному, и его температура падает, а относительная влажность растет.
3. На определенной высоте, в момент достижения «точки росы», пары воды становятся насыщенными и конденсируются в капли – образуется туман, то есть облака. Туман с восходящим потоком воздуха продолжает подниматься и охлаждаться, так что мы наблюдаем образование кучевых облаков с четкой нижней кромкой.

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае п.п. 1-3) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – явления <i>нагревания земли из-за поглощения света и приземного слоя воздуха за счет теплопроводности, появление выталкивающей теплой воздух силы Архимеда, явления испарения и конденсации воды, явление охлаждения влажного воздуха при адиабатном процессе его подъема, достижение «точки росы» и образование тумана</i>).	3
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится один из следующих недостатков. В представленных записях содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи. ИЛИ Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме, или в них содержатся логические недочеты	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые явления и физические законы, но в некоторых из них допущена ошибка, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C2 Маятник состоит из маленького груза массой $M = 200$ г и очень легкой нити подвеса длиной $L = 1,25$ м. Он висит в состоянии покоя в вертикальном положении. В груз ударяется небольшое тело массой $m = 100$ г, летевшее в горизонтальном направлении со скоростью $v = 10$ м/с. После удара тело останавливается и падает вертикально вниз. На какой максимальный угол α маятник отклонится от положения равновесия после удара?

В соответствии с законом сохранения горизонтальной проекции импульса на направление движения тела в момент удара имеем: $mv = MV$, где V – скорость груза маятника сразу после удара. При дальнейшем движении от положения равновесия до максимального отклонения сохраняется механическая энергия груза маятника:

$$\frac{MV^2}{2} = MgH,$$

где $H = L(1 - \cos\alpha)$ – высота подъема груза над положением равновесия.

Из написанных уравнений получаем:

$$V = \frac{m}{M}v, \quad H = L(1 - \cos\alpha) = \frac{V^2}{2g} = \frac{m^2v^2}{2M^2g}, \quad \text{и} \quad \cos\alpha = 1 - \frac{m^2v^2}{2M^2gL}.$$

Подставляя числовые данные и проверяя размерность, получаем: $\cos\alpha = 0, \alpha = 90^\circ$.

Ответ: Маятник отклонится на максимальный угол

$$\alpha = \arccos\left(1 - \frac{m^2v^2}{2M^2gL}\right) = 90^\circ.$$

Указания по оцениванию	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – закон сохранения горизонтальной проекции импульса при ударе и закон сохранения механической энергии после удара); II) указаны цели использования в решении каждого из записанных положений и законов; III) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи); IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объеме или отсутствуют. ИЛИ При полном правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ при ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца ИЛИ при ПОЛНОМ решении отсутствует пункт V, или в нем допущена ошибка.</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

С3 Груз массой $m = 1$ кг подвесили на невесомой пружине, и он мог совершать вертикальные гармонические колебания с некоторой частотой. Затем параллельно первой пружине присоединили вторую такую же и подвесили к ним другой груз. Частота колебаний новой системы оказалась вдвое меньше, чем прежней. Чему равна масса M второго груза?

Колебания первого груза происходят с угловой частотой $\omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m}}$, причем эта

частота не зависит от действия на маятник силы тяжести, которая лишь смещает положение равновесия груза.

При параллельном соединении двух одинаковых пружин их общий коэффициент жесткости удваивается: $K = 2k$ (поскольку при растяжении пружин на прежнюю величину на груз действует вдвое большая возвращающая сила). Поэтому колебания второго груза будут происходить с

угловой частотой $\omega_2 = \sqrt{\frac{K}{M}}$.

По условию частота колебаний второй системы вдвое меньше, чем первой ($\omega_1 / 2 = \omega_2$), откуда

$$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{K}{M}} = \sqrt{\frac{2k}{M}}$$

Отсюда получаем: $M = 8m = 8$ кг.

Ответ: Масса второго груза $M = 8m = 8$ кг.

Указания по оцениванию	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – формула для расчета частоты колебаний пружинного маятника, формула для коэффициента жесткости параллельно соединенных пружин); II) указаны цели использования в решении каждого из записанных положений и законов; III) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи); IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объеме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ при ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца ИЛИ при ПОЛНОМ решении отсутствует пункт V, или в нем допущена ошибка.</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

С4

В высоком вертикальном цилиндрическом сосуде под тяжелым поршнем, способным перемещаться вдоль стенок сосуда практически без трения, находится некоторое количество воздуха под давлением $p_1 = 1,5$ атм. Поршень находится в равновесии на высоте $H_1 = 20$ см над дном сосуда. Определите, на какое расстояние ΔH сместится поршень, если сосуд перевернуть открытым концом вниз и дождаться установления равновесия. Считать температуру воздуха и атмосферное давление $p_0 = 1$ атм постоянными. Массой воздуха в сосуде по сравнению с массой поршня можно пренебречь.

Обозначим массу и площадь поршня через M и S , соответственно. В исходном состоянии на поршень действуют направленные вниз сила тяжести Mg и сила атмосферного давления p_0S , а вверх – сила давления воздуха под поршнем p_1S . При этом поршень находится в равновесии, то есть в соответствии со вторым законом Ньютона $p_1S = p_0S + Mg$. После переворачивания сосуда и установления равновесия давление воздуха в сосуде становится равным p_2 , а расстояние от дна сосуда до поршня – H_2 . На поршень при этом действуют направленные вниз сила тяжести Mg и сила давления воздуха над поршнем p_2S , а вверх – сила атмосферного давления p_0S . Таким образом, $p_0S = p_2S + Mg$. Кроме того, при изотермическом процессе, согласно закону Бойля–Мариотта, должно выполняться соотношение $p_1H_1S = p_2H_2S$.

Из первых двух уравнений находим, что $p_2 = 2p_0 - p_1$, и, подставляя это выражение в третье уравнение, получаем $H_2 = \frac{p_1}{2p_0 - p_1} H_1$. Таким образом,

поршень сместится на расстояние

$$\Delta H = H_2 - H_1 = \frac{2(p_1 - p_0)}{2p_0 - p_1} H_1.$$

Подставляя числовые данные и проверяя размерность, получаем: $\Delta H = 2H_1 = 40$ см.

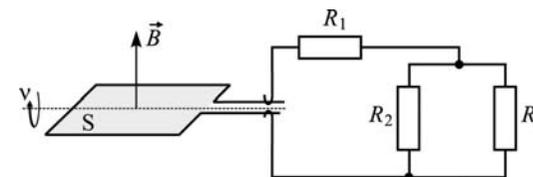
Ответ: Поршень сместится на расстояние $\Delta H = \frac{2(p_1 - p_0)}{2p_0 - p_1} H_1 = 2H_1 = 40$ см.

Указания по оцениванию	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>второй закон Ньютона для равновесия поршня в проекции на вертикальную ось и закон Бойля-Мариотта</i>); II) указаны цели использования в решении каждого из записанных положений и законов; III) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>); IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объеме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ при ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца ИЛИ при ПОЛНОМ решении отсутствует пункт V, или в нем допущена ошибка.</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждений, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

C5

Хорошо проводящая рамка площадью $S = 20 \text{ см}^2$ вращается в однородном магнитном поле с индукцией $B = 1,5 \text{ Тл}$, перпендикулярной оси вращения рамки, с частотой $\nu = 50 \text{ Гц}$. Скользящие контакты от рамки присоединены к цепи, состоящей из резистора сопротивлением $R_1 = 5 \text{ Ом}$, к которому последовательно присоединены два параллельно соединенных резистора сопротивлением $R_2 = 10 \text{ Ом}$ и $R_3 = 15 \text{ Ом}$ (см. рис.). Найти максимальную силу тока, текущего через резистор R_3 в процессе вращения рамки. Индуктивностью цепи можно пренебречь.



При вращении рамки в магнитном поле в ней возникает ЭДС индукции, равная, по закону электромагнитной индукции Фарадея,

$$E = -\Phi' = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(BS\cos\omega t) = BS\omega\sin\omega t$$

(здесь $\omega = 2\pi\nu$ – угловая частота вращения рамки).

В цепи из резисторов, присоединенной к рамке, под действием этой ЭДС возникает ток, равный, согласно закону Ома для полной цепи, $I = \frac{E}{R}$, где согласно формулам для сопротивления цепи, состоящей из последовательно и параллельно соединенных резисторов, $R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$.

Поскольку падение напряжения на параллельно соединенных резисторах R_2 и R_3 одинаково, по закону Ома для участка цепи $I_2 R_2 = I_3 R_3$, причем в точке разветвления тока $I = I_2 + I_3$. Из всех записанных уравнений следует, что

$$I_3 = \frac{I}{1 + R_3 / R_2} = \frac{BS\omega}{\left(R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}\right) \cdot \frac{R_2 + R_3}{R_2}} \sin\omega t = \frac{BS\omega R_2}{R_1(R_2 + R_3) + R_2 R_3} \sin\omega t,$$

откуда искомая максимальная сила тока $I_{3\max}$ равна, очевидно,

$$I_{3\max} = \frac{2\pi\nu BS R_2}{R_1(R_2 + R_3) + R_2 R_3}.$$

Подставляя числовые данные и проверяя размерность, получаем:

$$I_{3\max} = \frac{2\pi\nu BS R_2}{R_1(R_2 + R_3) + R_2 R_3} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{5 \cdot (10 + 15) + 10 \cdot 15} \approx 0,034 \text{ А} = 34 \text{ мА}.$$

Ответ: $I_{3\max} = \frac{2\pi\nu BS R_2}{R_1(R_2 + R_3) + R_2 R_3} \approx 0,034 \text{ А} = 34 \text{ мА}.$

Указания по оцениванию	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – закон электромагнитной индукции Фарадея, законы Ома для полной цепи и для участка цепи, формула для расчета сопротивления последовательно и параллельно соединенных резисторов); II) указаны цели использования в решении каждого из записанных положений и законов; III) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи); IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объеме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ при ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца ИЛИ при ПОЛНОМ решении отсутствует пункт V, или в нем допущена ошибка.</p>	2

Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев.

Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.

ИЛИ

В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

1

ИЛИ

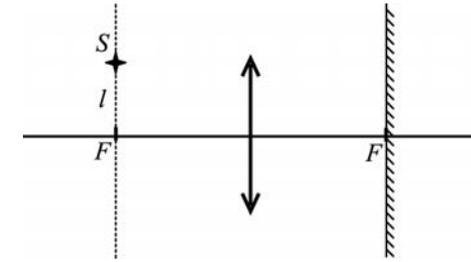
В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.

0

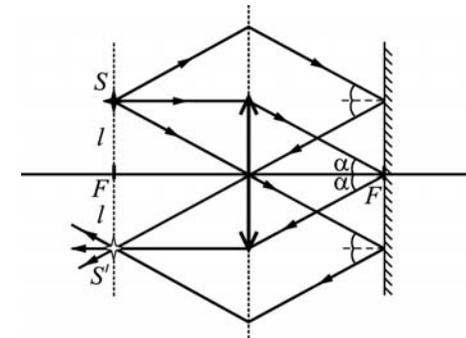
С6

Точечный источник света S находится в передней фокальной плоскости собирающей линзы на расстоянии $l = 2$ см от ее главной оптической оси. За линзой в ее задней фокальной плоскости находится плоское зеркало (см. рис.). Построить изображение S' источника в данной оптической системе и найти расстояние между точками S и S' .



Лучи от точечного источника S , находящегося в фокальной плоскости собирающей линзы, после линзы образуют пучок параллельных лучей, идущих под таким углом α к главной оптической оси линзы, что $\operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{F}$ (здесь F – фокусное расстояние данной линзы).

Согласно закону отражения света, этот пучок отразится от плоского зеркала симметрично относительно перпендикуляра к зеркалу под тем же углом $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{l}{F}$, и пойдет в обратном направлении, к линзе (см. рис.).



После преломления в собирающей линзе этот параллельный пучок света превратится в сходящийся и сформирует в передней фокальной плоскости изображение S' источника в виде точки, расположенной симметрично с S относительно главной оптической оси, то есть также на расстоянии $l = 2$ см от нее.

Таким образом, искомое расстояние $SS' = 2l = 4$ см.

Ответ: $SS' = 2l = 4$ см.

Указания по оцениванию	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) применены положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>правила построения изображения точечного источника света в тонкой линзе и закон отражения света</i>); II) указаны цели использования в решении каждого из записанных положений и законов; III) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи</i>); IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины; VI) представлен схематический рисунок, поясняющий решение.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или всем пунктам: II, III и VI – представлены не в полном объеме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ при ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца ИЛИ при ПОЛНОМ решении отсутствует пункт V, или в нем допущена ошибка.</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждений, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0