

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ» по ФИЗИКЕ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ (ФИНАЛЬНЫЙ) ЭТАП 2012 года
БИЛЕТ № 06 (ЙОШКАР-ОЛА)

1. Импульс материальной точки. Закон сохранения импульса.

Брусок массы M , покоящийся на горизонтальной поверхности, связан с недеформированной легкой пружиной жесткости k . Вторым концом пружины закреплен. В брусок попадает и застревает в нем пуля массы m , летевшая горизонтально вдоль оси пружины со скоростью v . Найти путь, пройденный бруском до первой остановки.

Полный ответ на теоретический вопрос должен содержать: определение импульса материальной точки, формулировку закона сохранения импульса и объяснения его связи с законами динамики (законами Ньютона). Максимальная оценка за теоретический вопрос – 5 баллов.

Ответ задачи: при наличии трения с коэффициентом трения μ

$$x = -\frac{\mu(M+m)g}{k} + \sqrt{\left(\frac{\mu(M+m)g}{k}\right)^2 + \frac{m^2 v^2}{(M+m)k}}, \text{ для } \mu = 0 \quad x = \frac{mv}{\sqrt{(M+m)k}} \text{ (допустимо сразу}$$

решать задачу для $\mu = 0$). Максимальная оценка – 20 баллов.

Комментарий: оценивались правильная запись уравнений законов сохранения и вывод из них правильного ответа.

2. Средняя кинетическая энергия молекул и температура. Постоянная Больцмана.

Жесткий сосуд, содержащий некоторое количество гелия, движется со скоростью V . Сосуд внезапно остановился, и при этом температура газа в сосуде увеличилась на $\Delta T = 10$ К. С какой скоростью двигался сосуд? Молярная масса гелия $\mu = 4$ г/моль, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ кг/(моль·К). Считать, что теплообмен между гелием и стенками сосуда отсутствует.

Полный ответ на теоретический вопрос должен содержать: определение абсолютной температуры и объяснение линейной связи средней кинетической энергии молекул и абсолютной температуры, описание схемы определения коэффициента пропорциональности (постоянной Больцмана) через универсальную газовую постоянную. Максимальная оценка за теоретический вопрос – 5 баллов.

Ответ задачи: $V = \sqrt{\frac{3R\Delta T}{\mu}} \approx 250$ м/с. Максимальная оценка – 20 баллов.

Комментарий: оценивались: описание используемой модели явления и корректность обоснования вывода о том, что кинетическая энергия газа после остановки переходит в его внутреннюю энергию, запись соответствующих уравнений и получение правильного ответа.

3. Самоиндукция. Индуктивность. ЭДС самоиндукции.

В вертикальном однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} расположены горизонтальные направляющие, по которым может скользить без трения перемычка ab длиной l и массой m . Направляющие соединены между собой катушкой с индуктивностью L . Перемычку приводят в движение толчком, так, что она движется по направляющим поступательно. Определите период малых колебаний перемычки вблизи исходного положения. Сопротивлением направляющих, провода катушки и перемычки пренебречь.

Полный ответ на теоретический вопрос должен содержать: описание явления самоиндукции, определение индуктивности как характеристики контура и объяснение физического смысла этой величины и связи ее с геометрическими параметрами контура и свойствами среды, формулу для вычисления ЭДС самоиндукции с объяснением направления действия индукционных процессов. Максимальная оценка за теоретический вопрос – 5 баллов.

Ответ задачи: $T = \frac{2\pi\sqrt{mL}}{Bl}$. Максимальная оценка – 20 баллов.

Комментарий: оценивались: корректность описания используемой модели явления (в частности, упоминание о роли «сверхпроводимости» контура в предлагаемом решении), определение связи тока в контуре со смещением перемычки от положения равновесия, приведение уравнения движения перемычки к виду уравнения гармонических колебаний и получение правильного ответа.

4. Тонкие линзы. Построение изображений в рассеивающих линзах.

С одной стороны от линзы с оптической силой $D = -5$ Дптр параллельно ее плоскости установили экран. Расстояние от экрана до линзы $a = 15$ см. С другой стороны от линзы на ее главной оптической оси на расстоянии $d = 20$ см от центра линзы расположен точечный источник света. Радиус светлого пятна на экране, образованного лучами, прошедшими через линзу, $R = 10$ см. Определите радиус линзы.

Полный ответ на теоретический вопрос должен содержать: описание и классификацию линз, определение основных геометрических объектов, связанных с линзами, описание приближения тонкой линзы и указание на его связь с параксиальным приближением, изложение принципов построения изображений в рассеивающих линзах с примерами построения хода лучей. Максимальная оценка за теоретический вопрос – 5 баллов.

Ответ задачи: $r = \frac{d}{d + (1 - Dd)a} R = 4$ см. Максимальная оценка – 20 баллов.

Комментарий: оценивались: правильное построение хода лучей в описанной системе, нахождение (из построения либо с помощью формулы линзы) положения изображения источника, запись соотношения связывающего радиус линзы с радиусом пятна, получение правильного ответа.