

Контрольная работа №3, 2017 г. 11 класс

1. (5 баллов). Рассмотрим металлический брусок размерами $a \times b \times c$. В направлении ребер длиной a включено однородное магнитное поле. Исследуется проводимость бруска в направлении грани длиной b в очень малом электрическом поле E при инжекции в брусок направленного пучка электронов с концентрацией n и скоростью v . При какой индукции магнитного поля ток резко падает? До какой величины? В реальности ток оказывается большим за счет отражений электронов от границ бруска. Считая их зеркальными, найдите силу тока. Столкновениями электронов с атомами в глубине бруска пренебречь.

2. (5 баллов). Если поместить нагретые металлические шарики на скользкую пластинку, ограниченную бортиками, они начинают хаотически кататься внутри получившейся коробочки. Введите необходимые вам параметры для описания этого явления. Введите эффективное давление и температуру «двумерного газа шариков». Получите уравнение состояния газа. Всю задачу можно решать только оценками по порядку величины. Обсудите, что необходимо для более точного расчета.

3. (10 баллов) В этой задаче мы изучим возмущения в твердом теле. Для этого рассмотрим одномерную цепочку грузиков массой m , соединенных пружинками жесткости k длины a . Пусть в цепочке $N \gg 1$ грузиков, и крайние жестко закреплены.

А) (1 балла) Напишите уравнения движения грузиков.

В) (2 балла) Найдите решения этих уравнений в виде бегущих волн (не обращая внимания на наличие краев у цепочки). Получите связь между частотой колебаний и волновым числом, изобразите ее на графике.

С) (1 балл) Учет граничных условий приводит к тому, что в цепочке не могут распространяться бегущие волны, но могут возбуждаться стоячие. Получите стоячую волну складывая две бегущие в противоположных направлениях. Найдите возможный набор частот.

Д) (1 балл) Одномерный кристалл можно получить переходя к пределу $N \rightarrow \infty$, $Na = \text{const}$. Получите закон дисперсии для звуковых колебаний в кристалле.

Е) (2 балла) Молекулярный кристалл можно моделировать цепочкой чередующихся масс, скажем m и $2m$ (все грузики соединены одинаковыми пружинками). Для такой цепочки получите аналогичным образом две ветви зависимости частоты от волнового числа.

Ф) (1 балл) При облучении кристалла светом (скажем для нашего одномерного кристалла плоская монохроматическая волна с достаточно большой длиной когерентности) в отраженном свете можем получать максимумы или минимумы в зависимости от длины волны. Найдите условия усиления и подавления отраженного сигнала.

Г) (2 балла) Во сколько раз уменьшится усиленный сигнал при возбуждении стоячей волны из предыдущих пунктов? Как по этому ослаблению определить амплитуду звука в кристалле?