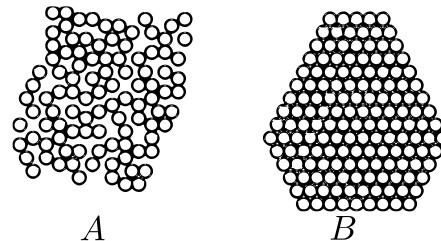

Экспериментальный этап

Теоретическое введение

В твердых телах атомы могут размещаться в пространстве двумя способами: (А) - беспорядочное расположение атомов, когда они не занимают определенного места друг относительно друга. Такие тела называются *аморфными*. (В) - упорядоченное расположение атомов, когда атомы занимают в пространстве вполне определенные, регулярно расположенные места. Такие вещества называются *кристаллическими*.



Компактность кристаллической решетки или степень заполненности ее объема атомами является важной характеристикой. Она определяется такими показателями как число атомов в каждой элементарной ячейке, координационное число и плотность упаковки.

Под **координационным числом** понимается количество ближайших соседей данного атома.

Плотность упаковки представляет собой отношение суммарного объема, занимаемого собственно атомами в кристаллической решетке, к ее полному объему. Различные типы кристаллических решеток имеют разную плотность упаковки атомов.

Задача:

- Найдите теоретическое значение плотности упаковки для двух типов решеток **двумерного** кристалла из стеклянных шариков: (а) - простая кубическая упаковка, в которой центры шариков находятся в узлах квадратной сетки, а их поверхности соприкасаются между собой; (б) гексагональная плотнейшая упаковка, в которой координационное число равно шести.
- Проведите экспериментальные измерения плотности упаковки этих решеток, используя выданное оборудование.
- Сравните экспериментальные и теоретические значения полученных величин. При наличии систематического отклонения постарайтесь выявить его причины и опишите их в отчете.

Оборудование:

- стеклянные шарики
- мерный стаканчик
- миллиметровая бумага
- кварцевый песок

Стекло – хрупкий материал, обращайтесь со стеклянными шариками аккуратно!

Подробно опишите в отчете все измерения, которые вы проделали и приведите числовые результаты прямых измерений. Явно укажите все физические законы и все следствия из них, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом. Проведите необходимые математические преобразования и расчёты, постаравшись дать числовую оценку погрешности полученного результата.

Решение

1. Теоретические оценки

1.1 Кубическая решетка

В этой решетке каждый сферический «атом» радиусом R и имеющий объем $V_a = \frac{4\pi R^3}{3}$, вписан в куб с длиной стороны $2R$. Плотность упаковки:

$$\eta = \frac{V_a}{V_c} = \frac{\pi}{6} \approx 0,52.$$

1.2 Однослойная гексагональная решетка

В этой решетке каждый сферический «атом» радиусом R и имеющий объем $V_a = \frac{4\pi R^3}{3}$, вписан в призму с шестиугольным основанием у которой длина стороны $\frac{2R}{\sqrt{3}}$ и высотой $2R$. Площадь основания $S = 2\sqrt{3}R^2$, а объем $V_p = 4\sqrt{3}R^3$. Соответственно плотность упаковки:

$$\eta = \frac{V_a}{V_p} = \frac{\pi}{3\sqrt{3}} \approx 0,6046.$$

2. Проведение измерений

1. При выстраивании решеток на листе миллиметровой бумаги разумно использовать максимальное число шариков, чтобы улучшить точность измерения геометрических размеров области, покрытой шариками.
2. Для предотвращения раскатывания шариков можно использовать выданный песок и сделать на миллиметровке «бортик», загнув уголок
3. «Экспериментальная» формула для определения плотности упаковки:

$$\eta_{exp} = \frac{N \cdot 4\pi R^3 / 3}{2Rab} = \frac{N \cdot 2\pi R^2}{3ab},$$

где N - число шариков попавших внутрь прямоугольной области на миллиметровой бумаге, a, b - размеры этой области.

4. При определении радиуса шарика R также разумно применять метод рядов, выстроив их максимально возможное число вдоль «бортика».
5. При выстраивании гексагональной решетки следует проводить границы области по серединам центров шариков на периметре, а сами эти шарики при расчете N взять с коэффициентом "1/2".

Разбалловка приведена для авторского проведения эксперимента. Если эксперимент проведен с явными нарушениями, то проверяющий вправе не засчитать выполнения задания (0 баллов). При проведении эксперимента не в представленном варианте (другие методы) баллы проставляются по аналогии с авторским решением с учетом поправки на использованные методы. Максимальное количество баллов – 10.

Критерии оценивания	Балл
Найдено теоретическое значение плотности упаковки для кубической решетки	1.0
Найдено теоретическое значение плотности упаковки для гексагональной решетки	1.0
Для определения радиуса шарика использован метод рядов	1.0
При измерениях использовалось максимальное число шариков	1.0
Проведенные измерения аккуратно и подробно описаны в отчете	3.0
Приведена рабочая формула для определения экспериментальной плотности упаковки	2.0
Измерения проведены многократно	1.0