

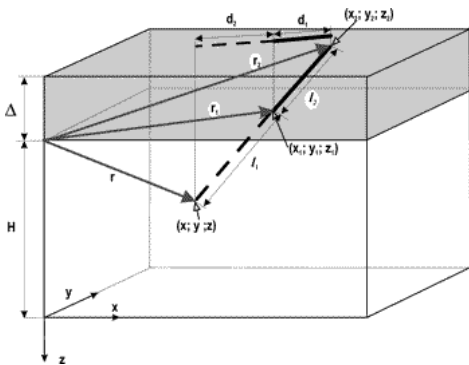
## 1.5 Трековая томография

Серьёзную проблему представляют задачи томографии, возникающие в диффузии и материаловедении, когда по длине трека и характеру его расположения в пространстве требуется найти координаты источника излучения и его активность. Особенности трудности вызывают задачи локализации скоплений радионуклида достаточно сложной формы. Распределение треков по направлениям, длинам и углам залегания обычно проводится с помощью компьютеров.

Начнём с задачи локализации «точечного» (но достаточно активного) скопления радионуклида - источника  $\alpha$ -излучения.

Концентрация радионуклида определяется путём измерения количества треков, а место залегания радионуклида-источника - путём измерения параметров треков  $\alpha$ -частиц. Число дискретных излучателей (точечных источников) определяется по количеству скоплений треков («звёзд»), сходящихся к одному центру, а количество изотопа в скоплении - по числу треков в «звезде». Измерение параметров треков позволяет определить область локализации скоплений с точностью до нескольких микрон, а также оценить глубину залегания дискретного источника излучения.

Для пространственной локализации скопления радионуклида источника излучения методом толстослойной авторадиграфии получают изображение треков  $\alpha$ -частиц и с помощью окуляра микроскопа измеряют координаты начала и конца каждого трека в горизонтальной плоскости ( $x, y$ ), а в вертикальной плоскости ( $z$ ) - по шкале микрометрического винта наводки на резкость, фокусируя объектив последовательно на верхний и нижний конец трека. Если радионуклид известен, то используя табличные значения длин пробега  $\alpha$ -частиц в исследуемом материале и в фотоэмульсии рассчитывают координаты скопления радионуклида - источника излучения.

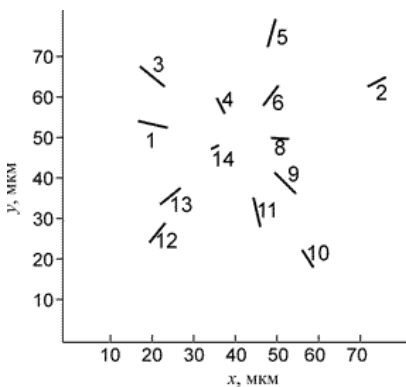


**Рис. 7.** Схема расчета местоположения источника  $\alpha$ -частицы. Схема иллюстрирует пространственное расположение трека в фотоэмульсии ( $\Delta$ -толщина фотоэмульсии,  $l_1$ -длина трека в эмульсии), его проекции на изображении ( $d_1$ -экспериментально измеренная длина трека) и источника излучения ( $H$ -толщина образца).  $x_1; y_1; z_1$ -координаты начала трека,  $x_2; y_2; z_2$ -координаты конца трека,  $x; y; z$ -координаты источника.  $r_1$  и  $r_2$ -радиус-векторы начала и конца трека, соответственно,  $r$ -радиус-вектор источника.

**Рис. 7** иллюстрирует схему расчета. Зная координаты концов трека ( $x_1; y_1; z_1$  и  $x_2; y_2; z_2$ ) методами аналитической геометрии легко

найти длину трека  $\alpha$ -частицы в фотоэмульсии  $l_1 = ((x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2)^{1/2}$  и пространственные углы его залегания. Из суммарной длины пробега  $\alpha$ -частицы в фотоэмульсии и материале образца определяют координаты источника  $x; y; z$ . При проведении подобных расчетов следует учитывать два обстоятельства. Во-первых, при вычислении координаты  $z$  необходимо вводить поправку на усадку фотоэмульсии в процессе проявления. (Коэффициент усадки, т.е. отношение толщин эмульсии до и после проявления в нашей работе  $K_y = 2,5$ ). Во-вторых, следует учитывать разность в величинах пробега  $\alpha$ -частицы данной энергии в исследуемом материале,  $R_{\alpha}^M$ , и эмульсии,  $R_{\alpha}^{\phi\epsilon}$ . Поэтому при сложении участков трека в материале и эмульсии последний нужно нормировать на параметр  $R_{\alpha}^M / R_{\alpha}^{\phi\epsilon}$ . При использовании компьютеров, вычисления удобно проводить методами векторной алгебры, определяя по известным радиус-векторам  $r_1$  и  $r_2$  длину и пространственное расположение неизвестного вектора  $r$ .

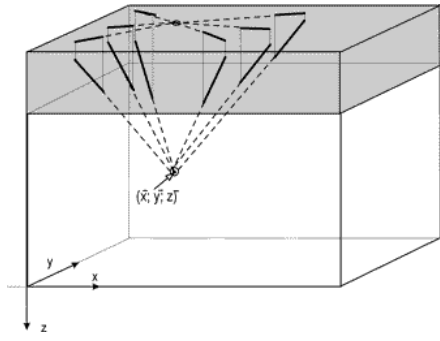
**Рис. 8.** Распределение проекций треков  $\alpha$ -частиц, принадлежащих одному скоплению радионуклида, по плоскости АРГ.



Определив координаты источников всех треков на АРГ, переходят к анализу совокупности данных на предмет выявления принадлежности источников к одному скоплению. Сначала определяют его координаты на плоскости АРГ, т.е. значения  $x$  и  $y$  (см. **Рис. 8**). Продолжая треки к центру звезды, находят координаты точки пересечения (точку пересечения экстраполированных треков считают центром скопления) и их ошибки.

Затем переходят к определению глубины залегания скопления, т.е. координаты  $z$ . С этой целью из разности глубины залегания начала и конца трека в фотоэмульсии рассчитывают угол наклона трека, и продолжают трек в глубь материала образца. подобные действия совершают со всеми со всеми треками,

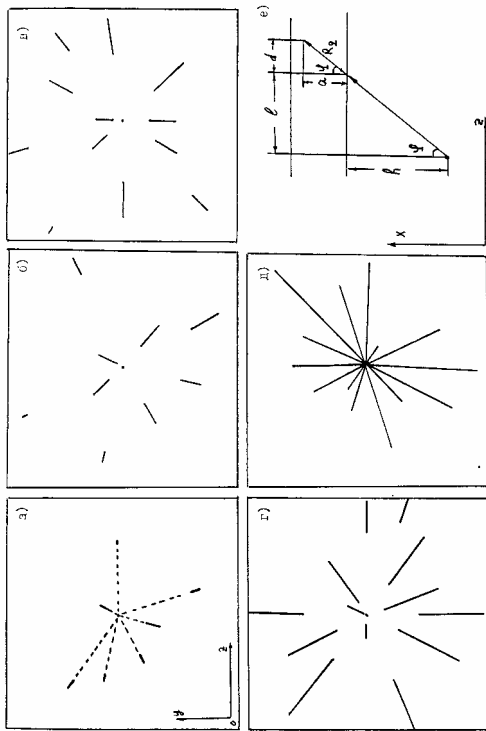
принадлежащими выбранной для анализа звездой. По точке пересечения всех треков находят глубину залегания скопления, а с учётом предыдущей стадии – все три координаты источника излучения:  $x, y, z$ .



**Рис. 9.** Схема определения местоположения скопления атомов источника излучения (т.е. дефекта или адсорбционноактивного центра) по координатам треков, принадлежащих к одной совокупности ("Звезде").

Точность определения центра скопления определяется как точностью эксперимента, так и пространственным разупорядочением скопления. Действительно, если скопление не является точечным, а имеет какую-либо форму, то концы экстраполированных треков опишут в пространстве некоторую область. В этом случае координату  $x; y; z$  следует интерпретировать как центр скопления, а неопределенность ее вычисления - как эффективный радиус скопления.

Следует отметить, что точность нахождения координат скопления существенно зависит от близости источника к детектору. Скопление на поверхности образца даёт звезду, лучи которой выходят из одного центра и локализация точечного скопления осуществляется достаточно точно. По мере углубления скопления в материал центральная часть звезды стирается и нахождение её центра требует пространственной экстраполяции треков, что существенно уменьшает точность «пеленга» источника радиации.



**Рис. 10.** Схема, иллюстрирующая влияние близости точечного скопления  $\alpha$ -излучающего радионуклида к поверхности образца (т.е. к фотопластинке) на вид звезды и на точность нахождения координаты источника.