

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКА СЛУЧАЙНЫХ ЧАСТИЦ

Л. Ф. Добро, И.А. Парфенова, В.И. Чижиков

Кубанский государственный университет, Краснодар

Рассматривается компьютерная модель потока случайных частиц, применяемых при расчетах физических процессов и явлений.

В настоящее время все более широко применяются персональные компьютеры. Одним из самых замечательных следствий развития компьютерных технологий является практически неограниченная возможность имитации любого эксперимента фундаментальной физики [1].

Сымитированная экспериментальная установка может многократно воспроизводить некоторый процесс (например, рассеяние ускоренных частиц на мишени), а ее регистрирующая аппаратура - измерять некоторые физические характеристики процесса (например, число частиц, рассеявшихся внутри данного телесного угла). Имеется возможность управлять ходом эксперимента, задавая значения некоторых параметров, характеризующих условия эксперимента (энергия частицы до столкновения с мишенью или сферические углы, определяющие расположение счетчиков продуктов изучаемой реакции). В результате проведения эксперимента получается набор данных, по которым можно вычислить значения физических величин, для определения которых ставится эксперимент.

Цель эксперимента включает и необходимую степень точности, с которой надлежит определить параметры, и эта точность должна быть обеспечена конструкцией экспериментальной установки и алгоритмом обработки экспериментальных данных [2].

Для иллюстрации с помощью компьютера статистических особенностей рассеяния частиц необходимо, прежде всего, смоделировать поток случайных частиц.

Для построения пучка прямоугольной формы достаточно возможностей генератора случайных чисел, с помощью которого задаем случайные координаты частиц в пучке. Как видно из рис.1, разброс значений двух случайных наборов расстояний, генерируемых компьютером, вполне правдоподобен.



Рис.1. Два распределения случайных прицельных расстояний

Но при моделировании рассеяния форма пучка играет существенную роль. Помимо того, что в прямоугольном пучке отсутствует необходимая изотропия поперечного сечения, при рассеянии пучка искажается его форма - он превращается в крестообразный пучок (рис.2 и рис.3).

Таким образом, для имитации рассеяния необходимо моделировать однородный цилиндрический пучок случайных чисел. Такое моделирование естественно построить путем организации цикла прохождения по кругу с «разбрасыванием» случайных частиц. Однако при этом однородность пучка нарушается вследствие увеличения длины дуги с расстоянием от центра. В результате при использовании

такого пучка в модели, например, опыта Резерфорда, величина, которая должна быть близка к постоянной, изменяется в сотни раз (таблица 1).

Это вполне естественно, так как рассеяние на малые углы испытывают периферийные частицы пучка, а на большие – частицы из центральных областей. Как видно из графика (рис. 4) избыточная плотность центральной области приводит к резкому возрастанию числа частиц, рассеянных на большие углы.

Как видно из рис. 5, непостоянство проверяемой величины для недифференцированного пучка (пучка, число заполнений которого не зависит от расстояний до оси) заметно даже на фоне гигантского изменения одного из сомножителей – числа частиц dN , углы рассеяния которых принадлежат интервалу $[\vartheta, \vartheta+d\vartheta]$.

Большой разброс в значениях произведений связан с неоднородностью моделируемого пучка. Чтобы избавиться от этого несвойственного реальному пучку частиц недостатка, необходимо дифференцировать области цилиндрического пучка, увеличивая шаг заполнения пучка частицами по мере удаления их от центра пропорционально расстоянию до оси пучка. Полученный при этом поток будет тем более однородный, чем меньшим будет шаг вдоль радиуса пучка. На рис. 6 представлен график зависимости проверяемой в опыте Резерфорда величины от угла рассеяния для такого «дифференцированного» пучка, построенного на основе данных таблицы 2.

Видно, что разброс в значениях проверяемой на постоянство величины значительно меньше, чем у «недифференцированного» пучка.

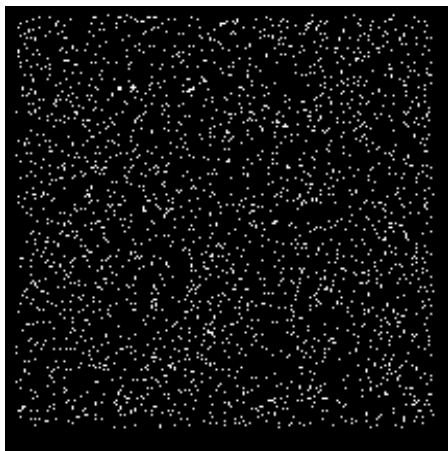


Рис. 2. Вид смоделированного случайного прямоугольного пучка

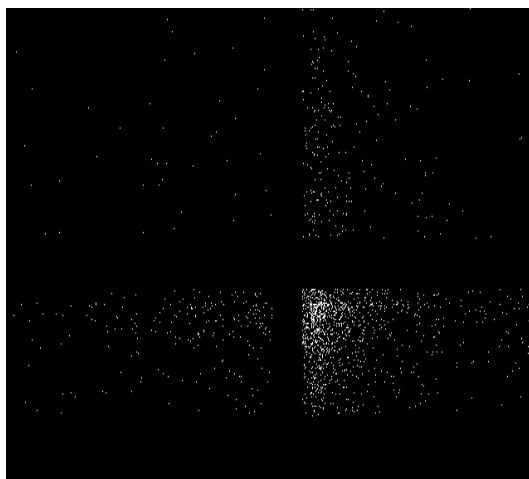


Рис. 3. Рассеяние случайного прямоугольного пучка

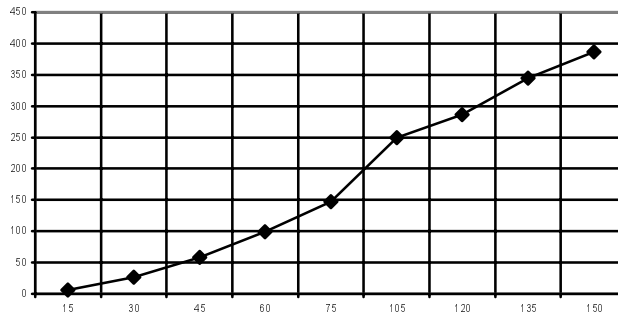


Рис. 4. Результаты измерений и произведения $R = dN \sin^4 \frac{\theta}{2}$ для углов рассеяния недифференцированного пучка

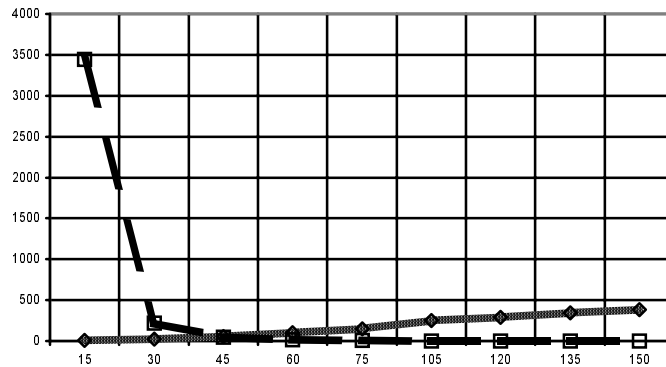


Рис. 5. Проверяемая константа на фоне гигантского изменения числа частиц dN , углы рассеяния которых принадлежат интервалу $[\vartheta, \vartheta+d\vartheta]$, для недифференцированного пучка.

Таблица 1.

Результаты измерений и произведения $R = dN \sin^4 \frac{\theta}{2}$ для углов рассеяния недифференцированного пучка

	15°	30°	45°	60°	75°	105°	120°	135°	150°
1	2215	609	273	154	114	60	54	56	47
2	2204	549	282	153	115	66	36	56	42
3	2180	623	281	158	102	60	49	46	50
4	2197	589	262	161	114	50	61	51	47
5	2246	580	241	152	123	61	63	48	48
6	2279	559	301	191	96	58	49	48	42
7	2222	526	277	149	115	61	57	44	37
8	2258	617	271	153	104	71	44	45	45
9	2208	568	257	158	106	77	47	46	46
10	2270	611	251	164	80	68	52	36	41
dN	22279	5831	2696	1593	1069	632	512	476	445
R	6,47	26,15	57,85	99,56	147,45	249,8	286,03	344,93	386,96

Таблица 2.

Результаты измерений и произведения $R = dN \sin^4 \frac{\theta}{2}$ для углов
рассеяния дифференцированного пучка

	15°	30°	45°	60°	75°	105°	120°	135°	150°
1	14071	1851	546	228	123	30	25	24	12
2	14109	1848	547	242	118	45	27	20	11
3	14061	1843	549	229	141	41	22	25	12
4	14111	1873	574	257	116	39	29	17	18
5	14063	1843	578	231	112	26	35	18	11
6	14118	1827	559	251	121	40	25	17	16
7	14065	1872	569	208	137	42	32	21	11
8	14043	1828	575	233	127	53	28	24	9
9	14069	1840	551	229	123	46	23	19	11
10	14083	1848	537	261	115	37	30	19	15
DN	140793	18473	5585	2369	1233	399	276	204	126
R	40,87	82,84	119,85	148,06	170,07	157,71	154,19	147,83	109,57

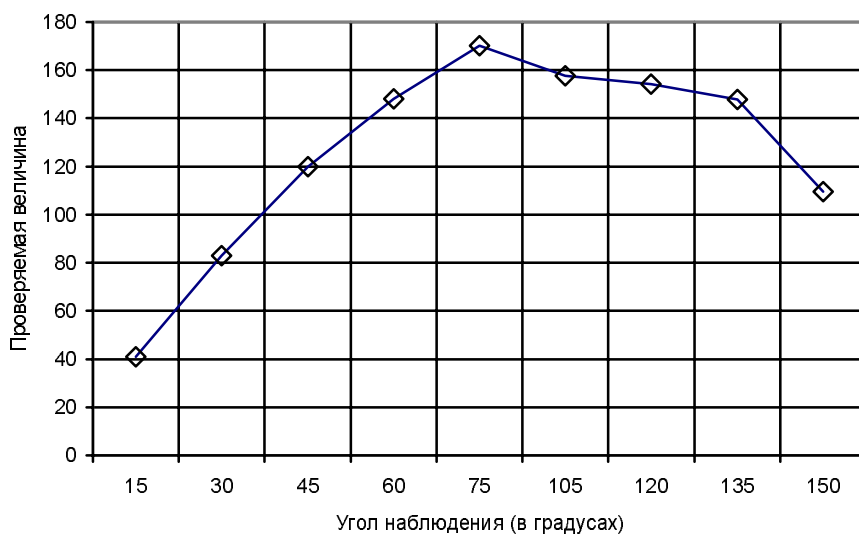


Рис. 6. Рассеяние дифференцированного по сечению пучка

Несмотря на то, что разброс значений у дифференцированного пучка гораздо меньше, чем у недифференцированного, он остается очень большим. Он может быть уменьшен путем увеличения числа разбиений радиуса пучка, т.е. улучшения его однородности. Но даже при таком разбросе можно сделать вывод о практическом постоянстве исследуемой величины, если учесть колоссальные изменения сомножителей, составляющих это произведение.

На рис. 7 приведены два графика:

а) график изменения числа сцинтилляций dN при изменении угла наблюдения,

б) график изменения исследуемого произведения $R = dN \sin^4 \frac{\theta}{2}$.

На фоне изменения dN величина $R = dN \sin^4 \frac{\theta}{2}$ выглядит практически постоянной.

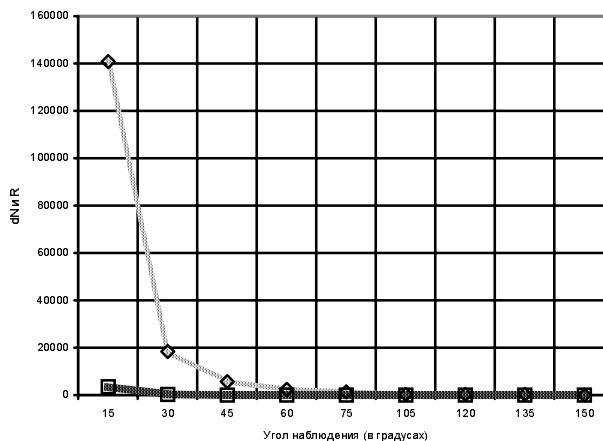


Рис. 7 Проверяемая постоянная R на фоне изменения числа сцинтилляций dN

На рис. 8 приведены графики исследуемой величины для обоих пучков – дифференцированного и недифференцированного. Таким образом, увеличивая плотность заполнения случайного пучка пропорционально расстоянию до его оси, можно улучшить однородность цилиндрического пучка и уменьшить отклонение рассчитываемой величины от постоянной.

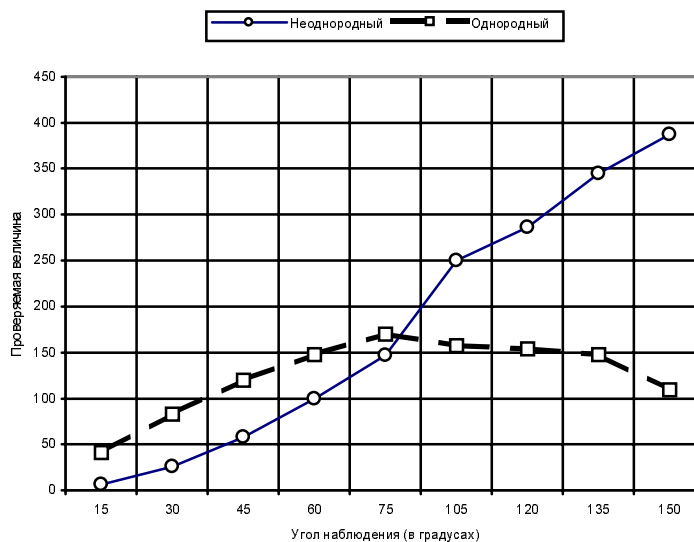


Рис. 8. Зависимость результатов измерений от распределения частиц в пучке

Литература

1. «Педагогические нововведения в высшей школе». Материалы IV Всероссийской научно-методической конференции. КубГТУ. Часть VI. Инновации в методиках преподавания учебных дисциплин. Краснодар. 1998. С. 14-16.
2. Любарский Г.Я., Слабочинский Р.П. Математическое моделирование и эксперимент. – Киев: Наукова думка. 1987. С.5-7.

Computing modeling of flow accidental particles

L.F. Dobro, I.A. Parvenova, V.I. Chigikov

The flow of accidental particles modeling for Reserford scattering.