

неск. частиц, то датчик реагирует на положение их электрич. центра тяжести и имеет место не коррекция, а демпфирование колебаний (при N частицах в устройстве корректируется один, а не N параметров). Стохастич. охлаждение происходит постепенно и требует большого числа оборотов.

Отметим, что электронное охлаждение оказывается более эффективным при малых энергиях пучка, а стохастическое — при не слишком большом числе частиц.

Перспективы развития ускорителей. Среди проектов крупных ускорителей, к-рые находятся в стадии разработки, строительства или уже вступили в строй, можно перечислить следующие.

В России (г. Троицк, Моск. обл.) заканчивается сооружение «мезонной фабрики» на энергию 600 МэВ со ср. током 70 мкА. В 1993 она уже выдавала пучок с энергией 430 МэВ. Для произ-ва изотопов используется пучок протонов с энергией 160 МэВ и со ср. током 100 мкА. В Противно ведётся сооружение ускорительно-накопительного комплекса (УНК), рассчитанного на ускорение протонов до 3 ТэВ. УНК располагается в подземном туннеле с периметром 21 км. Ожидается интенсивность частиц в импульсе $\approx 5 \cdot 10^{12}$.

В ФРГ (Гамбург) вступил в строй У. на встречных пучках (HERA), предназначенный для изучения взаимодействия протонов (820 ГэВ) с электронами и позитронами (30 ГэВ). Проектная светимость $\sim 2 \cdot 10^{31} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Протонный синхротрон содержит сверхпроводящие магниты, а электронный — обычные (чтобы не увеличивать потери на синхротронное излучение). В оснащении этого У. и в работе на нём принимают участие 37 ин-тов из разных стран.

В Германии разрабатывается также проект линейного коллайдера DESY с энергией частиц 250×250 ГэВ (1-й вариант) или 500×500 ГэВ (2-й вариант). В ЦЕРНе (Швейцария) в туннеле кольцевого электронно-позитронного У. (LEP) начинается сооружение коллайдера для тяжёлых частиц LHC (Large Hadron Collider). На нём можно будет изучать столкновения протонов (2×7 ТэВ), протонов и электронов, протонов и ионов (вкл. свинец, 1148 ТэВ).

Ускорение тяжёлых ионов может производиться на нуклотроне (Дубна, Россия). Начиная с 1977 на протонном синхротроне в Дубне ускорялись разл. ионы вплоть до углерода (4,2 ГэВ/нуклон, а с 1992 — до 6 ГэВ/нуклон).

На У. «Сатурн» в Сакле (Франция) ускоряются ионы вплоть до аргона (до 1,15 ГэВ/нуклон). Ускоритель SPS (ЦЕРН) позволяет ускорять ионы кислорода и серы до 200 ГэВ/нуклон.

В США разработан проект наиб. крупного сверхпроводящего суперколлайдера (SSC) на энергию 2×20 ТэВ. Сооружение этого ускорителя отложено.

В Междунар. комитете по ускорителям рассматриваются ещё более крупные проекты, осуществление к-рых требует совместных усилий развитых государств. Конкретный проект такого У. ещё не определён. Все осуществляемые и разрабатываемые проекты основаны на известных, хорошо зарекомендовавших себя принципах. Новые методы ускорения, о к-рых говорилось выше, могут в случае успеха полностью изменить эти планы.

Применение ускорителей. Кроме научного У. имеют и практич. применение. Так, линейные У. используются для создания нейтронных генераторов для радиац. испытания материалов, активно обсуждаются электроядерные методы наработки ядерного горючего и ускорения тяжёлых малозарядных ионов для управляемого инерционного термоядерного синтеза. В Лома-Линде (США) заканчивается сооружение специализир. комплекса с протонным синхротроном для лучевой терапии. Аналогичный проект рассматривается в России.

Лит.: Коломенский А. А., Лебедев А. Н., Теория циклических ускорителей, М., 1962; Вальднер О. А., Власов А. Д., Шальнов А. В., Линейные ускорители, М., 1969; Брук Г., Циклические ускорители заряженных частиц, пер. с франц., М., 1970; Комар Е. Г., Основы ускорительной техники, М., 1975; Линейные ускорители ионов, под ред. Б. П. Мурина, т. 1—2, М., 1978; Вахрушин Ю. П., Анацкий А. И., Линейные индукционные ускорители, М., 1978; Лебедев А. Н., Шальнов А. В., Основы физики и техники ускорителей, т. 3, М., 1981; Москалев В. А., Бета-

троны, М., 1981; Капчинский И. М., Теория линейных резонансных ускорителей, М., 1982.

Л. Л. Гольдин.

УСКОРЯЮЩЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ — электрич. поле (постоянное, высокочастотное, вихревое), используемое для увеличения энергии (ускорения) движущихся заряд. частиц. Обычно вектор скорости частиц направлен вдоль вектора напряжённости У. э. п. или под небольшим углом к нему. Подробнее см. *Ускорители заряженных частиц*.

УСЛОВНАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ события A при условии B — вероятность того, что произойдёт событие A при условии, что произошло событие B .

Более подробно: пусть на вероятностном пространстве Ω (пространстве случаев или всех мыслимых исходов к.-н. испытания) задано распределение вероятностей $\{P(A), A \subseteq \Omega\}$. Это означает, что каждому событию (множеству) $A \subseteq \Omega$ приписана его вероятность $P(A)$, причём так, что

$$P(\Omega) = 1, P(A \cup B) = P(A) + P(B),$$

если два множества A и B не пересекаются (т. е. события A и B несовместны); $A \cup B$ означает объединение множеств A и B , т. е. событие, включающее и A и B . Любое фиксир. множество B , такое, что $P(B) > 0$, можно рассматривать как новое вероятностное пространство (состоящее лишь из тех случаев, к-рые принадлежат B), и на нём можно задать новое вероятностное распределение:

$$P_B(A) = P(A)/P(B), A \subseteq B.$$

Вероятность $P_B(A)$ наз. У. в. A при условии B [часто пишут $P(A|B)$]. В случае, когда множество A целиком не лежит в B , полагают

$$P_A(B) = P_B(A \cap B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)},$$

где $A \cap B$ — пересечение множеств A и B (т. е. событие, означающее, что A и B произошли одновременно).

В случае, когда $\Omega = G \subseteq R^v$ — область v -мерного пространства, $v = 1, 2, \dots$, $B \subseteq G$ — гладкое подмножество в R^v , а распределение $\{P(A), A \subseteq G\}$ имеет плотность $p(x)$, условное распределение $P(A|B)$ определяется ф-лой

$$P(A|B) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \left[\frac{P(A \cap B_\varepsilon)}{P(B_\varepsilon)} \right], \quad (*)$$

где B_ε — ε -окрестность B [предел (*) существует].

Лит.: Гнеденко Б. В., Курс теории вероятностей, 6 изд., М., 1988; Феллер В., Введение в теорию вероятностей и ее приложения, пер. с англ., [3 изд.], т. 1, М., 1984.

Р. А. Минлов.

УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ — способность систем слабо менять (в том или ином смысле) своё состояние или свойства под действием возмущений. Теория устойчивости (У.) — это совокупность представлений и методов, обобщающих и формализующих разл. аспекты У. разнообразных систем. Наиб. распространёнными понятиями теории У. являются У. по Ляпунову, орбитальная У., асимптотическая У., структурная У.

Наглядным примером, демонстрирующим нек-рые аспекты понятия У., является простейшая динамическая система: тяжёлый шарик на неровной поверхности (рис. 1); в точке 1 потенц. энергия шарика имеет максимум, и это положение равновесия неустойчиво: под действием малых возмущений шарик скатывается в более низкую точку (2 или 3), где его потенц. энергия имеет минимум. Если пренебречь трением, то шарик будет в течение бесконечного времени совершать колебания вблизи положения устойчивого равновесия (точек 2 и 3). Если шарик начнёт скатываться с точки, более низкой, чем точка 1, то амплитуда колебаний будет меньше (т. к. нач. энергия системы меньше). Однако близким нач. данным будут отвечать траектории с близкими периодами и амплитуда-

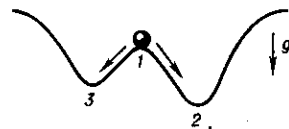


Рис. 1.