

ИЗ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ**ПЕРВЫЙ РАБОТАЮЩИЙ СИНХРОТРОН НА 8 МИЛЛИОНОВ
ЭЛЕКТРОН-ВОЛЬТ**

Ф. К. Говард и Д. Е. Барнес¹ построили небольшой синхротрон на 8 миллионов электрон-вольт. Принцип синхронного ускорения частиц был предложен В. И. Векслером^{2,3} и Е. Мак Милланом⁴ и состоит в том, что в ускорителе типа циклотрона медленно изменяется магнитное поле^{5,6,7,8}. Рост магнитного поля позволяет в среднем сохранить постоянство частоты обращения частицы, несмотря на то, что её энергия увеличивается. Как известно, период обращения электрона равен $T = \frac{2\pi\epsilon}{ecH}$, где ϵ — полная энергия, а H напряжён-

ность магнитного поля. В синхротроне в среднем $\frac{\epsilon}{H}$ — постоянная величина. Таким образом резонансное ускорение частиц происходит до тех пор, пока растёт магнитное поле. В. И. Векслер показал, что для сохранения постоянства $\frac{\epsilon}{H}$ нет необходимости подбирать закон изменения H , а лишь следует адиабатически непрерывно увеличивать его значение.

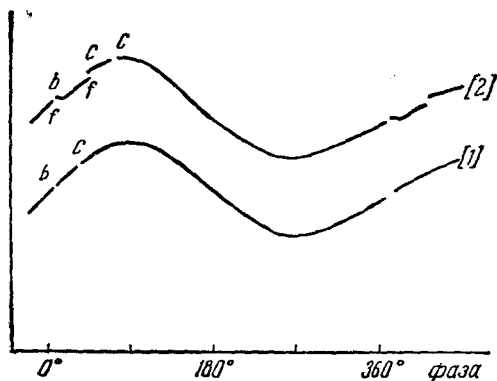
Ф. К. Говард и Д. Е. Барнес для быстрой проверки основных принципов синхронного ускорения частиц решили использовать имеющийся в их распоряжении бетатрон на 4 миллиона электрон-вольт. Этот бетатрон обладал рядом особенностей и являлся одной из ранних моделей Керста⁹.

Радиус равновесной бетатронной орбиты равнялся 7,5 см. Но электроны совершали движение на этом радиусе только незначительное время, так как при фазе магнитного поля 24° относительно минимального значения (это значит, что в этот момент магнитное поле равнялось $H_{\max} \sin 24^\circ$) сердечник магнита начинает насыщаться. Электроны, недополучая энергию от магнитного поля, движутся по спирали с уменьшающимся радиусом, и когда фаза магнитного поля равняется 90° ударяются о мишень, находящуюся на радиусе 4,6 см. В этот момент поле на орбите ($r = 7,5$ см) достигает 2000 гаусс. Эффективный 50-периодный ток в намагничивающих катушках равнялся 35 ампер. Повышение тока до 70 ампер, т. е. до максимального значения, достигаемого без пробоя, не увеличивало конечной энергии электронов, так как в этом случае сердечник насыщался уже при фазе в 12° и электроны ударялись о мишень при фазе в 30° , т. е. когда поле достигало лишь половины своего нового максимального значения.

Ф. К. Говард и Д. Е. Барнес решили полностью использовать возможности магнита превратив бетатрон в синхротрон. Для этой цели была изготовлена самыми простыми средствами высокочастотная система. В поле магнита была помещена фарфоровая тороидальная вакуумная камера, покрытая аквадагом. Высокая частота возбуждалась в четверть-волновом резонаторе типа коаксиальной линии с помощью небольшой петли. Частота равнялась 640 мегациклов/сек. Электроны получали энергию в щели, проходя сквозь резонатор. Резонатор не мог быть сделан сплошным, так как в этом случае токи Фуко привели бы к возмущению электронной орбиты. Поэтому он был изготовлен

из 26 проволок, отстоящих друг от друга на расстоянии 1/16 дюйма и смонтированных на дистироловых распорках. Проволочки были связаны вместе в пучностях тока. Вся система была изогнута, чтобы охватывать ускорительную камеру. Такая система обладала рядом недостатков, так как поле было очень неоднородно и ослаблялось фарфоровыми стенками камеры. Но её простота искупала все недостатки. Средняя доставляемая мощность равнялась 1 ватту. Амплитуда напряжения не превышала 100 вольт и устанавливалась за 10 микросекунд. Можно было регулировать продолжительность действия электрического поля и момент включения.

Контроль работы ускорителя осуществлялся следующим образом. На горизонтальные пластины осциллографа подавалось напряжение питающего электромагнит тока. С вертикальными пластинами осциллографа были связаны генератор и гейгеровские счётчики, регистрирующие наличие излучения. Всё время, пока высокая частота подавалась в резонатор, синусоида смещалась на постоянную величину. Кривая 1 на рисунке изображает осциллограмму, когда ускоритель работал как бетатрон (без высокочастотного электрического поля); кривая 2 изображает осциллограмму для синхротрона. Буква *b* показывает момент инъекции, *c* — сигнал от счётчиков, а *f* — интервал времени, в течение которого включена высокая частота.



1 — схема осциллограммы бетатрона; 2 — схема осциллограммы синхротрона.

На кривой 1 (бетатрон) сигнал от счётчиков подучается при фазе в 36° . На кривой 2 сигнал от счётчиков приходит при фазе 80° . Однако счётчики срабатывают также и при 130° . Это показывает, что не все частицы были захвачены в синхронный режим работы и ускорились до тех же энергий, что и раньше. Таким образом, с помощью ничтожных средств авторы увеличили максимально достигаемую энергию в 2 раза и получили электроны с энергией 8 миллионов электрон-вольт.

Рентгеновский пучок направлялся в ионизационную камеру. При включении высокой частоты ионизация возрастала в 4 раза. Было подсчитано, что если бы все электроны были ускорены до 8 миллионов электрон-вольт, то ионизация возрасла бы в 6 раз. Авторы отмечают, что ионизация возрастала при повышении амплитуды высокой частоты, а также при увеличении скорости возрастания амплитуды.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. F. K. Loward and D. E. Barnes, *Nature* **158**, 413.
2. В. И. Векслер, *ДАН* **44**, № 9, 393 (1944).
3. V. I. Veksler, *Journ. of Phys.* **9**, 153 (1945).
4. E. M. Millan *Phys. Rev.* **68**, 143 (1945).
5. M. Rabinovich, *Journ. of Phys.* **10**, 523 (1946).
6. D. M. Dennison and T. H. Berlin, *Phys. Rev.* **70**, 58 (1946).
7. N. N. Frank, *Phys. Rev.* **70**, 177 (1946).
8. Z. Foldy and D. Bohm, *Phys. Rev.* **70**, 249 (1946).
9. D. W. Kerst, *Phys. Rev.* **60**, 47 (1941).

М. С. Рабинович