



ПОРЯДОК
ПРОВЕДЕНИЯ
ОПЫТА

- Измерение зависимости тока коллектора I_R от ускоряющего напряжения U_A .
- Сравнение положений максимумов тока с известными критическими потенциалами атома гелия.
- Выявление дублетной структуры в схеме энергетических уровней гелия (ортогелий и парагелий).

ЦЕЛЬ ОПЫТА

Определение критических потенциалов атома гелия

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Выражение «критический потенциал» является общим названием всех энергий возбуждения и ионизации в электронных оболочках атома. Соответствующие состояния электронов можно возбудить различными способами, например, с помощью неупругих столкновений с электронами. Если кинетическая энергия электрона соответствует критическому потенциалу, электрон может передать всю свою кинетическую энергию атому при неупругом столкновении. В этом опыте для определения критических потенциалов используется экспериментальная установка, изначально предложенная Густавом Герцем.

НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Кол-во	Наименование	№ по каталогу
1	Трубка для определения критического потенциала возбуждения атомов модели S с гелиевым заполнением	U18560
1	Держатель электровакуумных приборов модели S	U185002
1	Блок управления для трубок определения критического потенциала возбуждения атомов (230 В, 50/60 Гц)	U186501-230 или
	Блок управления для трубок определения критического потенциала возбуждения атомов (115 В, 50/60 Гц)	U186501-115
1	Источник питания постоянного тока, 0–20 В, 0–5 А (230 В, 50/60 Гц)	U33020-230 или
	Источник питания постоянного тока, 0–20 В, 0–5 А (115 В, 50/60 Гц)	U33020-115
1	Универсальный цифровой измерительный прибор P3340	U118091
1	USB-осциллограф 2x50 МГц	U112491
2	Высокочастотный соединительный шнур, байонетный разъем/4-мм штекер	U11257
1	Набор из 15 безопасных соединительных проводов для опытов длиной 75 см	U138021
1	Прибор 3B NETlog™ (230 В, 50/60 Гц)	U11300-230 или
	Прибор 3B NETlog™ (115 В, 50/60 Гц)	U11300-115
1	Программное обеспечение 3B NETlab™	U11310

3

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

Выражение «критический потенциал» является общим названием всех энергий возбуждения и ионизации в электронных оболочках атома. Соответствующие состояния электронов атома можно возбудить различными способами, например, с помощью неупругих столкновений с электронами. Если кинетическая энергия электрона в точности соответствует критическому потенциалу, электрон может передать всю свою кинетическую энергию атому при неупругом столкновении. С помощью экспериментальной установки, изначально предложенной Густавом Герцем, можно использовать этот эффект для определения критических потенциалов.

В трубке, из которой откачан воздух, и которая затем заполнена гелием, свободные электроны ускоряются напряжением U_A , чтобы сформировать расходящийся пучок, проходящий сквозь пространство с постоянным потенциалом. Для того чтобы предотвратить накопление заряда на стенках трубки, ее внутренняя поверхность покрыта проводящим материалом и соединена с анодом А (см. рис. 1). В трубке имеется кольцеобразный электрод коллектора R, через который расходящийся пучок может проходить, не касаясь его, даже если кольцо имеет несколько более высокий потенциал.

Однако в коллекторном кольце можно измерить небольшой ток I_R , порядка пикоампер, и этот ток будет зависеть от ускоряющего напряжения U_A . Характеристика имеет максимумы, которые обусловлены тем, что электроны могут претерпевать неупругие столкновения с атомами гелия, когда они пролетают через трубку. Кинетическая энергия E электрона выражается следующим образом:

(1)
$$E = e \cdot U_A$$

e: элементарный заряд электрона

Если эта энергия в точности соответствует критическому потенциалу атома гелия, вся кинетическая энергия может быть передана атому гелия. В этом случае электрон затем может быть притянут и захвачен кольцом коллектора, тем самым внося вклад в возросший ток коллектора I_R . По мере увеличения ускоряющего напряжения, могут возбуждаться все более и более высокие уровни атома гелия, пока, наконец, кинетическая энергия электрона не станет достаточной для ионизации атома гелия. При дальнейшем увеличении ускоряющего напряжения ток коллектора устойчиво увеличивается.

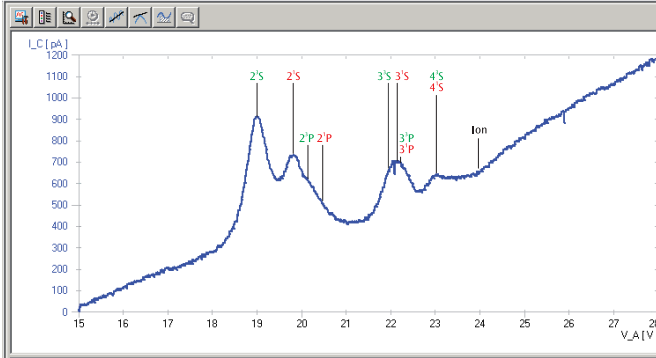


Рис. 3: Зависимость тока коллектора I_R от ускоряющего напряжения U_A

ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ

Положения наблюдаемых максимумов тока сравниваются с известными значениями энергий возбуждения и энергии ионизации атома гелия. Необходимо принять во внимание тот факт, что максимумы будут сдвинуты по отношению к известным значениям на величину, соответствующую так называемому контактному напряжению между катодом и анодом.

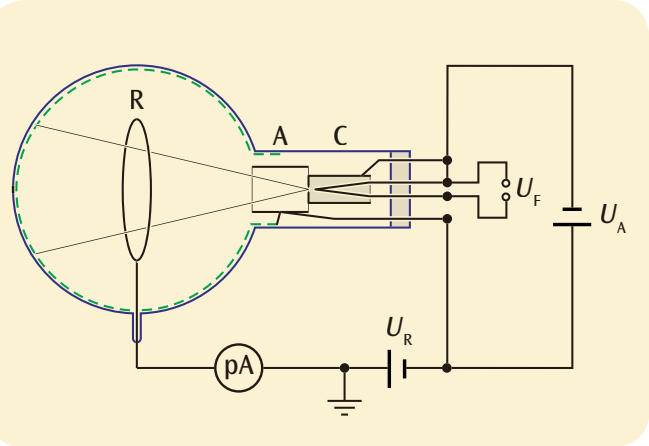


Рис. 1: Схема трубки для определения критического потенциала возбуждения атомов

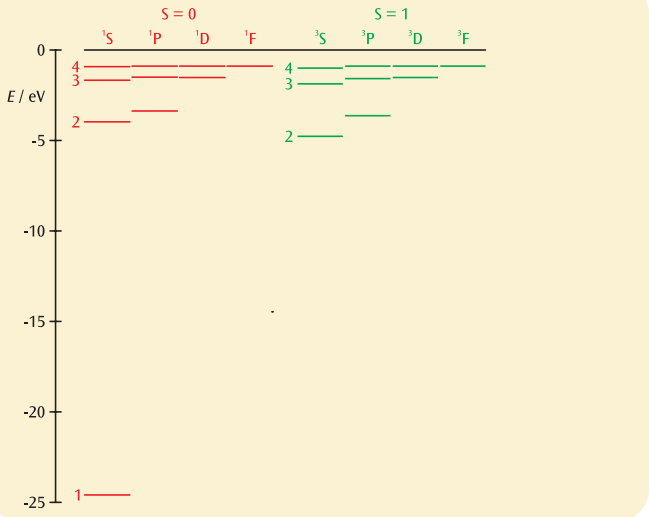


Рис. 2: Схема энергетических уровней гелия
красный: общий спин $S = 0$ (парагелий),
зеленый: общий спин $S = 1$ (ортогелий)