

## Опыт 7. Зависимость излучающей способности металла и его электрического сопротивления от температуры

**Цель опыта:** продемонстрировать зависимость сопротивления металлической нити и мощности, отводимой от нее за счет излучения, от температуры.

### *Оборудование:*

- электронная лампа
- реостат  $100\text{ Ом}$
- цифровой вольтметр (милливольтметр)
- цифровой миллиамперметр
- ключ
- источник постоянного тока

Катод электронной лампы выполнен в виде 14 тонких нитей, натянутых вдоль длинной стороны корпуса. Нити закреплены на виняных в стекло токоведущих пластинах, и таким образом, в электрической цепи накала они соединены параллельно. При протекании электрического тока в нити накала электронной лампы выделяется энергия, и она нагревается. При номинальных значениях тока накала нить лампы не светится, т.е. не излучает энергию в видимой области спектра. Излучение происходит в более длинноволновой области спектра – инфракрасной. Конструкция лампы позволяет считать, что практически единственным механизмом отвода тепловой энергии от нити является излучение.

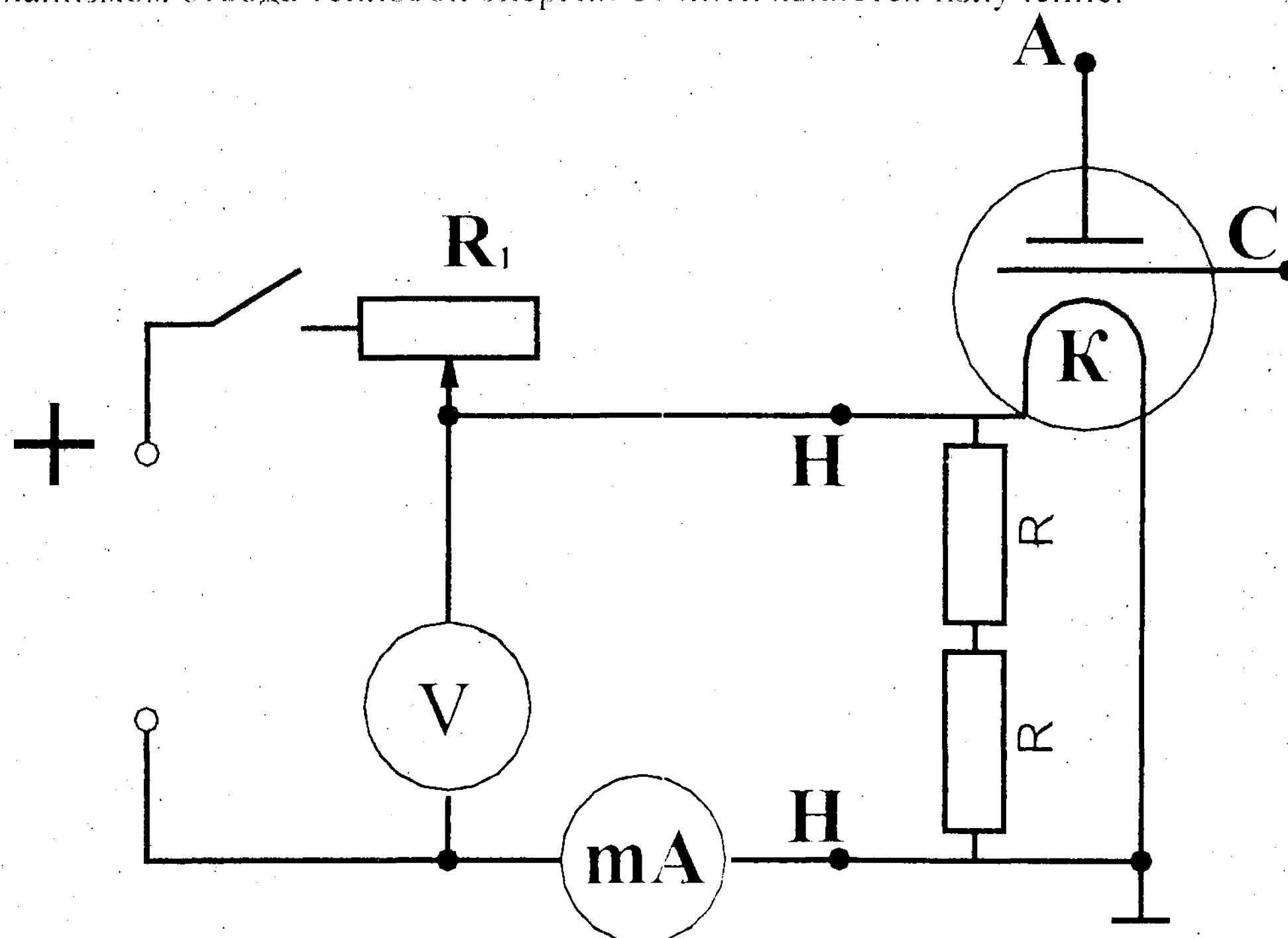


Рис. 1

Соберите электрическую цепь по схеме, изображенной на рис. 1. Для питания накала следует использовать источник постоянного тока. При этом особое внимание следует обратить на то, чтобы не превысить номинальные параметры накала (3В, 0.5А). Для регулирования тока накала служит реостат  $R_1$  (100 Ом). Напряжение на нити накала измеряется цифровым вольтметром (милливольтметром), а ток, протекающий в цепи, – цифровым миллиамперметром постоянного тока.

### Проведение измерений и обработки данных

1. Определите электрическую мощность, которая выделяется в нити накала при различных значениях протекающего через нее тока. Для этого измерьте напряжение, приложенное к клеммам «Накал», и ток, протекающий в цепи. В цепи накала имеются два соединенных последовательно резистора, которые включены параллельно нити. Их суммарное сопротивление  $R_1$  составляет 100 Ом. Сопротивление нити сравнимо с этим значением, поэтому при расчете выделяющейся мощности следует учитывать, что часть тока не течет через нить накала.

Ток, протекающий через резисторы ( $I_1$ ), может быть рассчитан по формуле  $I_1=U/R_1$ , а ток в нити накала ( $I_2$ ) равен:  $I_2=I-I_1=I-U/R_1$ , где  $U$ ,  $I$  – показания цифровых измерительных приборов в собранной электрической цепи. Таким образом мощность, выделяющаяся в нити накала, определяется по формуле:  $P=U \cdot I_2=U \cdot (I - U/R_1)$ . Сопротивление нити накала  $R_2$  рассчитывается по формуле:  $R_2=U/I_2=U/(I - U/R_1)$ .

2. Установите ток накала равным 5 мА и с помощью милливольтметра измерьте напряжение, подводимое к клеммам «Накал». Нагревом нити при таком небольшом значении тока можно пренебречь и снявая при этих условиях точка позволит оценить сопротивление холодной нити накала.
3. Плавно увеличивая ток накала, получите данные для расчета мощности и сопротивления нити при 5 – 7 значениях тока. Помните, что ток накала не должен превышать 500 мА. Пример зависимости протекающего через катод тока от приложенного напряжения приведен на рис. 2.

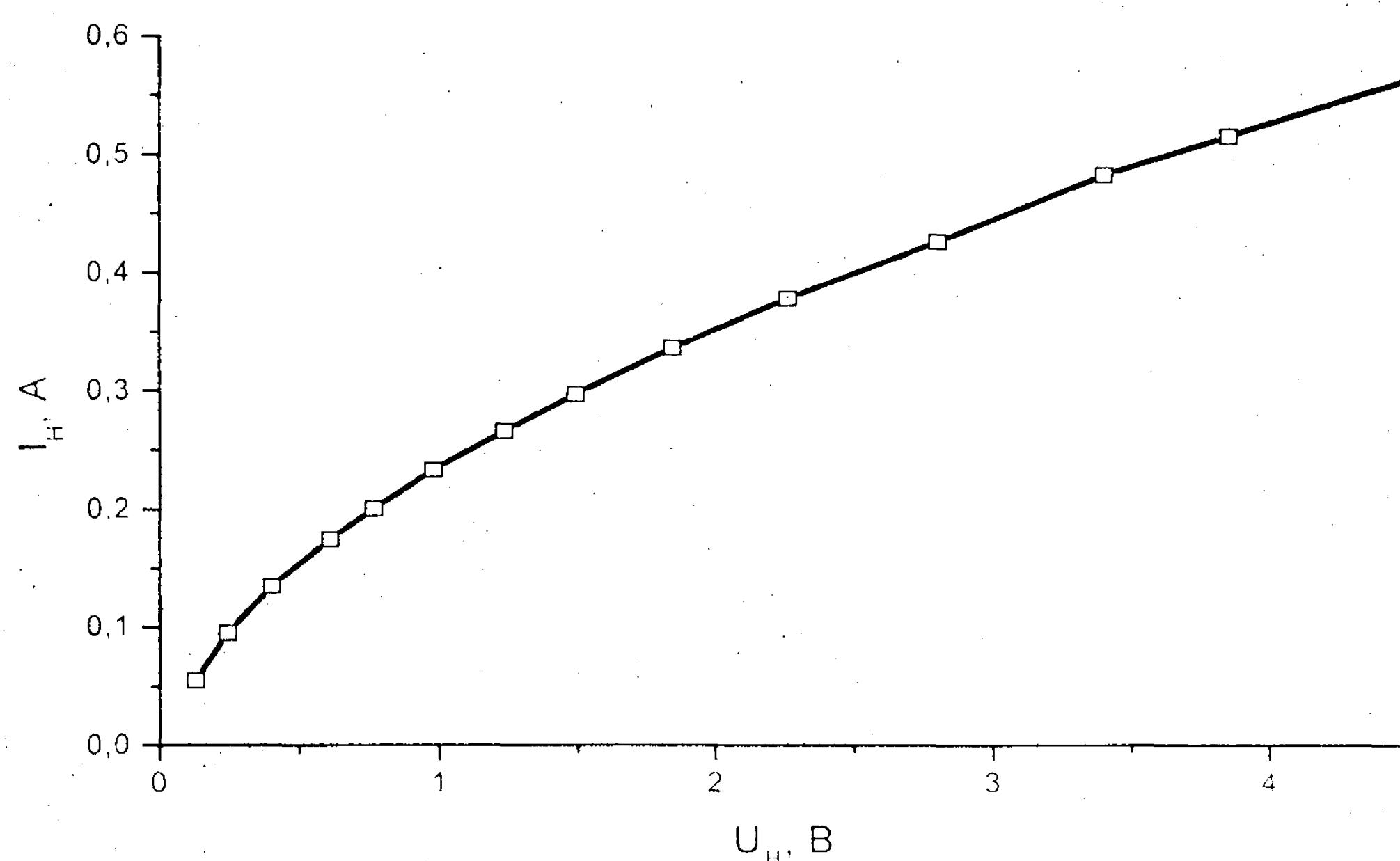


Рис. 2.

4. Постройте зависимость сопротивления от мощности и обратите внимание учащихся на характер полученной зависимости. Пример указанной зависимости представлен на рис. 3.

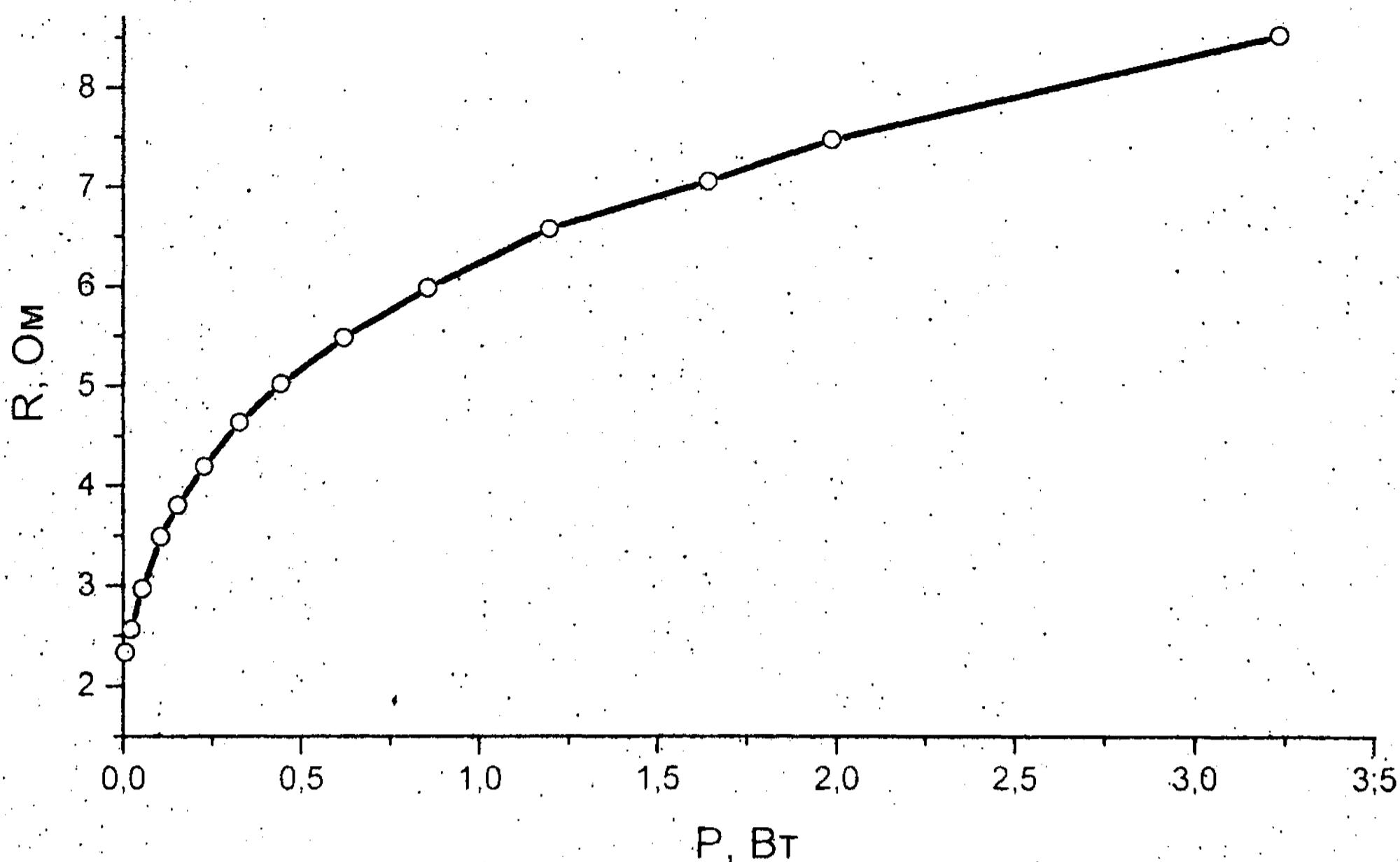


Рис. 3.

5. Используя зависимость сопротивления металла от температуры  $R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$ , оцените значения температуры нити для точек, представленных на графике. Для вольфрама, из которого изготовлен катод электронной лампы, температурный коэффициент сопротивления  $\alpha$  составляет  $\alpha = 0.0051 \text{ K}^{-1}$ . Расчетная формула для температуры имеет

$$\text{вид: } t = t_0 + \left( \frac{R}{R_0} - 1 \right) \cdot \frac{1}{\alpha}$$

6. Сопротивление нити, рассчитанное для минимального значения тока, можно подставить в расчетную формулу в качестве сопротивления при нулевой температуре ( $R_0$ ), а в качестве начальной температуры ( $t_0$ ) вполне допустимо взять комнатную (Так как температура катода в рабочем состоянии составляет несколько сотен градусов, при ее определении можно пренебречь различием в значениях  $R_0$  – сопротивлением при 0°C и сопротивлением лампы при комнатной температуре).

7. Мощность  $P$ , излучаемая телом с абсолютной температурой  $T$ , пропорциональна четвертой степени температуры ( $P = \sigma T^4$ ). Поскольку излучение – единственный механизм отвода тепла от нити, должно быть справедливо соотношение:

$$\sigma T^4 = U I_2$$

Постройте зависимость электрической мощности, выделяющейся в нитях катода, от рассчитанных значений температуры. Пример такой зависимости приведен на рис. 4.

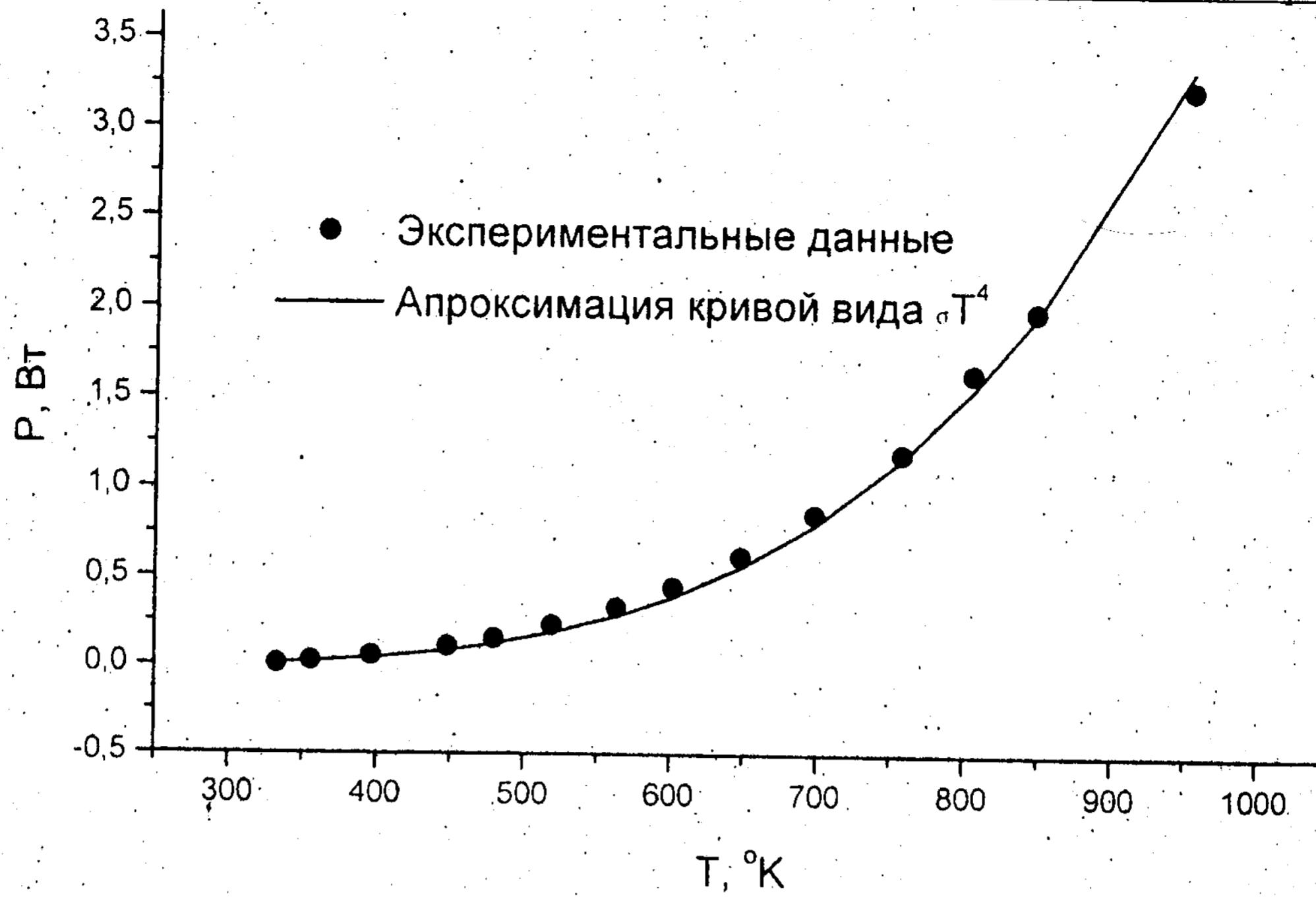


Рис. 4.

8. Данные, полученные в эксперименте, позволяют проверить справедливость соотношения  $P = \sigma T^4$ . Если оно справедливо, то зависимость будет линейной.

$$T = f(\sqrt[4]{P})$$

9. Постройте график зависимости абсолютной температуры нити от корня четвертой степени из электрической мощности и, убедившись в ее линейности, подтвердите таким образом одну из фундаментальных зависимостей, изучаемых в курсе физики. Пример построения приведен на рис. 5.

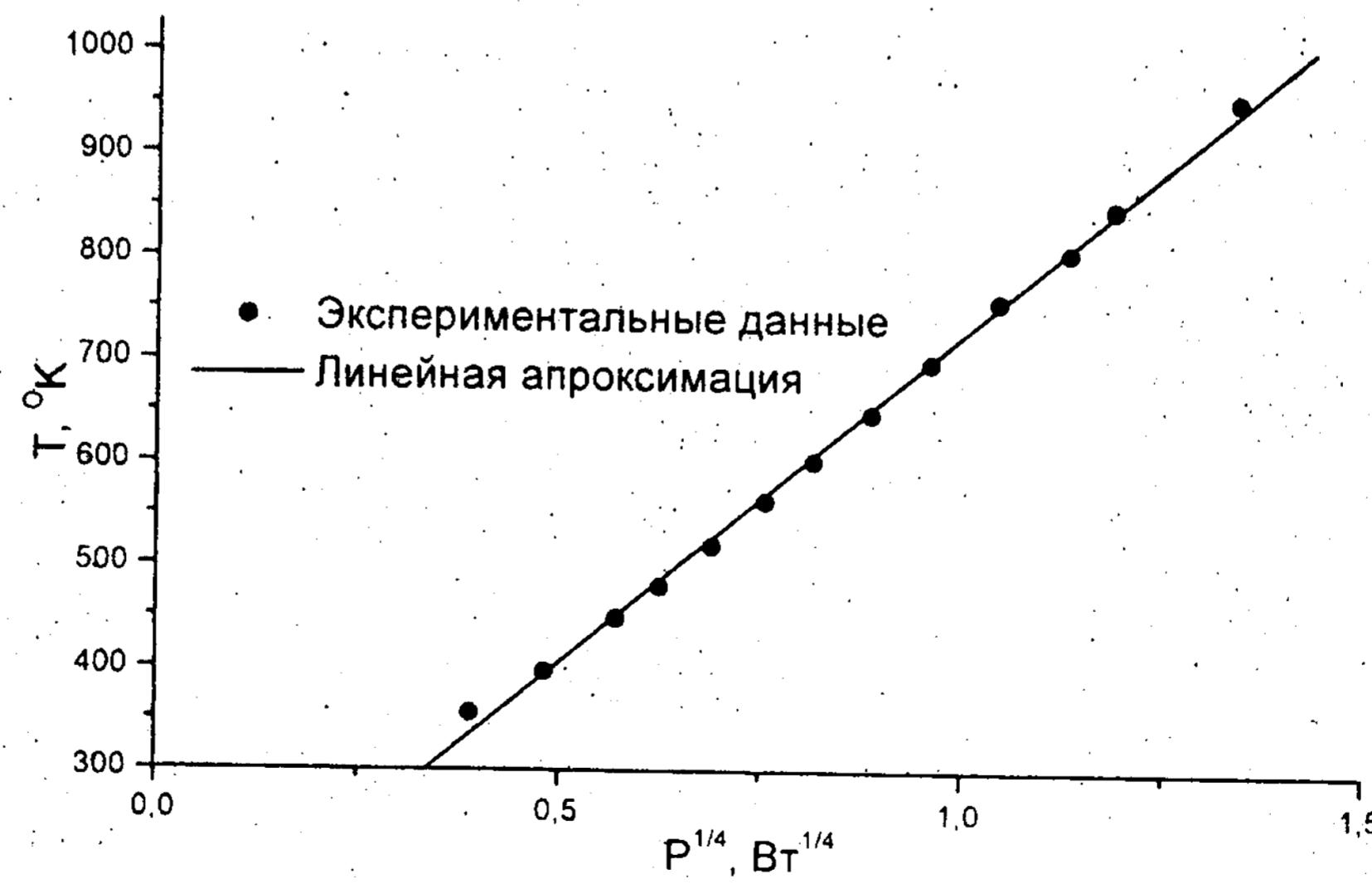


Рис. 5.