

1.10. Радиационные термометры.

Радиационные термометры являются пассивными локаторами. Они основаны на законах теплового излучения.

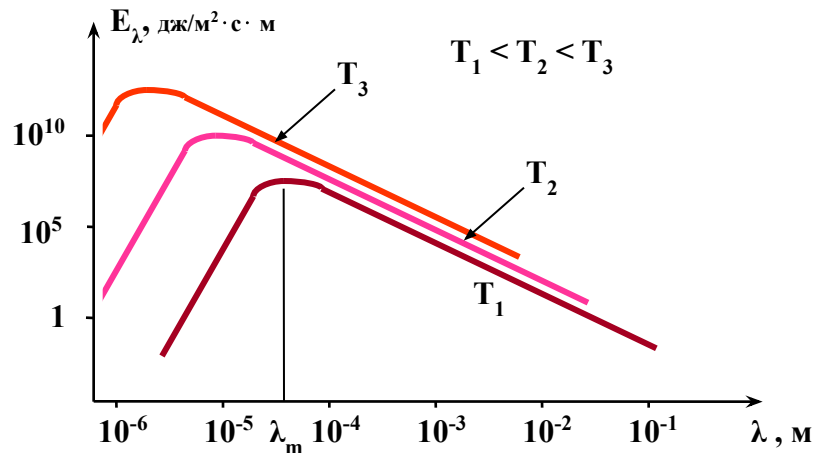


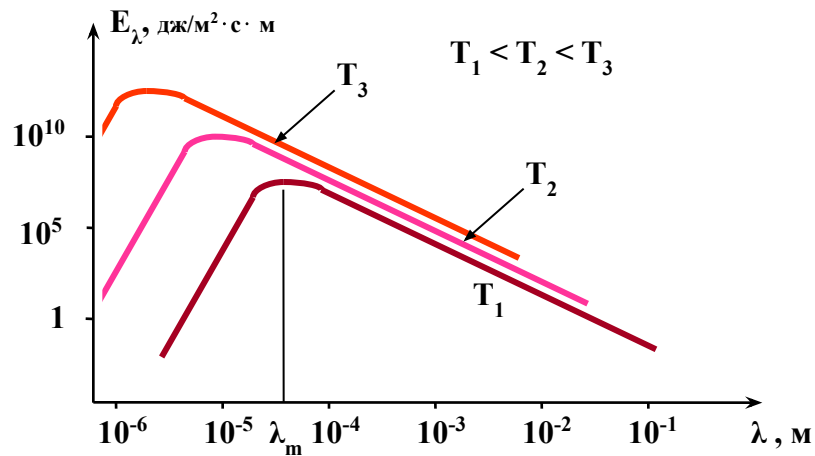
Рис.1.10.1. Спектр излучения абсолютно черных тел.

1. Закон Вина (закон смещения максимума излучения в коротковолновую часть спектра).

$$\lambda_m \cdot T = C \quad (1.10.1).$$

λ_m - длина волны, соответствующая максимуму излучения.

1.10. Радиационные термометры.



2. Закон Стефана-Больцмана
(закон зависимости интегрального излучения от температуры).

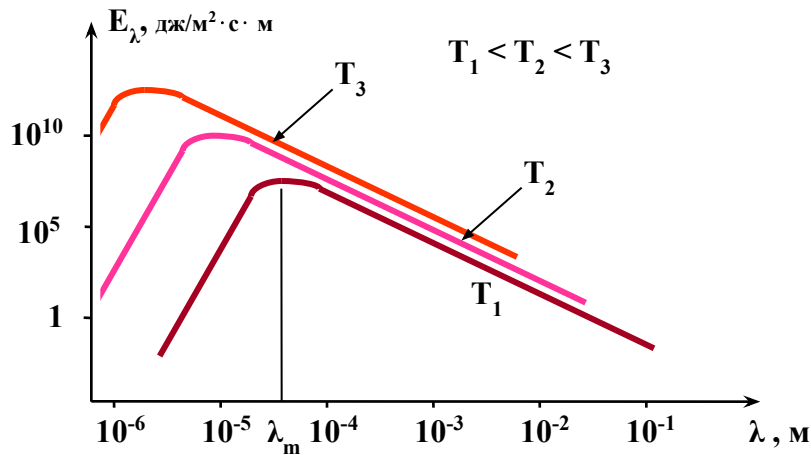
$$E = \int_0^{\infty} E_\lambda \cdot d\lambda = a\sigma \cdot T^4 \quad (1.10.2).$$

E_λ - излучение тела на длине волны λ ,

σ - коэффициент Стефана-Больцмана,

a - коэффициент серости ($0 < a < 1$).

1.10. Радиационные термометры.



3. Закон Планка (закон зависимости E_λ от температуры).

$$E_\lambda = \frac{A}{\lambda^5} \cdot \frac{B}{e^{\frac{C}{\lambda \cdot T} - 1}}, \quad (1.10.3).$$

- где **A**, **B** и **C** - константы.

На основании этих трех законов можно предложить три вида радиационных термометров.

1.10. Радиационные термометры.

- 1. Термометр максимального излучения.** Основан на законе Вина, измеряемая характеристика - величина λ_m .
- 2. Термометр интегрального излучения.** Основан на законе Стефана-Больцмана, измеряемая характеристика - величина E .
- 3. Термометр селективного излучения.** Основан на законе Планка, измеряемая характеристика - величина E_λ .

1.10. Радиационные термометры.

Сравним все три термометра по их **относительной чувствительности**.

Относительная чувствительность прибора – это отношение абсолютной чувствительности к выходной величине прибора.

$$S_{\text{отн.}} = \frac{1}{Y} \frac{dY}{dX}$$

(1.10.4)

Применим это определение ко всем предложенным термометрам.

1.10. Радиационные термометры.

Относительная чувствительность термометра максимального излучения:

$$S_{R(m)} = \frac{1}{\lambda_m} \frac{d\lambda_m}{dT} = \frac{1}{\lambda_m} \frac{d}{dT} \left(\frac{C}{T} \right) = -\frac{T}{C} \frac{C}{T^2} = -\frac{1}{T} \quad (1.10.5)$$

Относительная чувствительность термометра интегрального излучения:

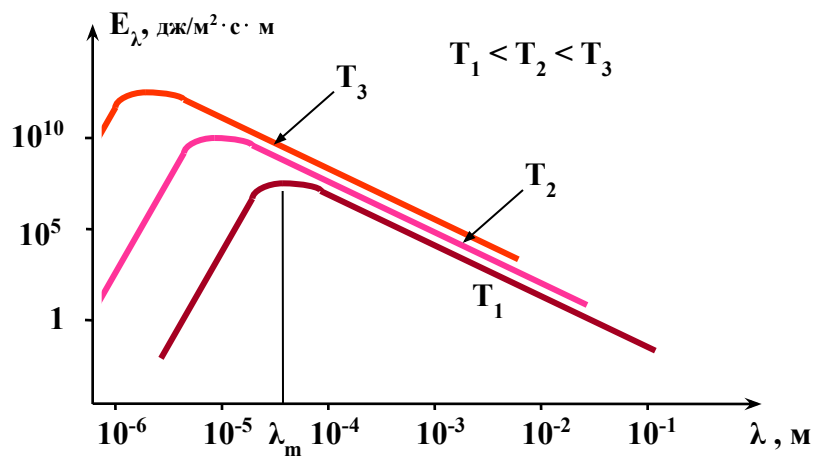
$$S_{R(int)} = \frac{1}{E} \frac{dE}{dT} = \frac{1}{a\sigma \cdot T^4} \frac{d}{dT} (a\sigma \cdot T^4) = \frac{4}{T} \quad (1.10.6)$$

Относительная чувствительность термометра селективного излучения:

$$S_{R(sel)} = \frac{1}{E_\lambda} \frac{dE_\lambda}{dT} = \frac{C}{\lambda \cdot T^2} \frac{1}{\left(1 - e^{-\frac{C}{\lambda \cdot T}}\right)} \quad (1.10.7)$$

1.10. Радиационные термометры.

Подставив константы, заметим, что селективные термометры – самые чувствительные.



При температурах $\sim 300 \text{ К}$ максимум излучения приходится на **инфракрасный диапазон**. Поэтому селективные термометры применяемые в метеорологии работают в ИК диапазоне.

1.10. Радиационные термометры.

Достоинства радиационных термометров:

1. Возможность бесконтактного измерения температуры далеких объектов.
2. Полное отсутствие тепловой инерции.

Недостатки радиационных термометров:

1. Сложность изготовления и высокая стоимость.

1.10. Радиационные термометры.

Приемники излучения, используемые в радиационных термометрах.

1. Зачерненный спай термопары.
2. Зачерненный терморезистор (болومتر).
3. Фоторезистор. Сопротивление фоторезистора уменьшается при облучении светом. Кванты света сообщают энергию атомам, электроны переходят в зону проводимости, сопротивление уменьшается.

1.10. Радиационные термометры.

4. Вакуумный фотоэлемент.

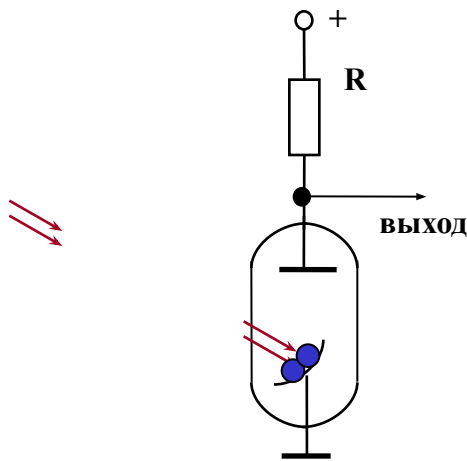


Рис. 1.10.2. Вакуумный фотоэлемент.

Кванты света сообщают энергию электронам на катоде. Они покидают катод и летят к аноду. Напряжение на аноде падает (рис. 1.10.3).

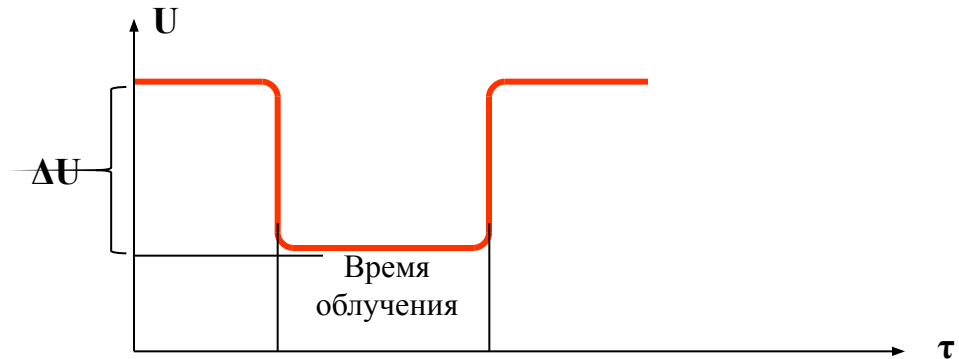


Рис. 1.10.3.

Падение напряжения ΔU есть мера поступившего излучения.

1.10. Радиационные термометры.

5. Вакуумный фотоумножитель (ФЭУ).

Выбитые с катода электроны летят к **диноду**. Динод имеет промежуточное напряжение. Каждый электрон выбивает с динода несколько электронов. Они летят к следующему диноду и т.д. На анод поступает целая лавина электронов.

Фотоумножитель обладает гораздо большей чувствительностью, чем фотоэлемент. Его чувствительность зависит от количества динодов и от напряжения питания.

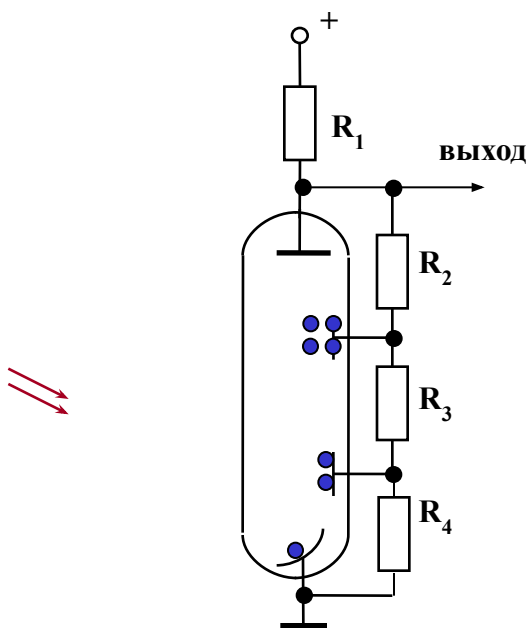
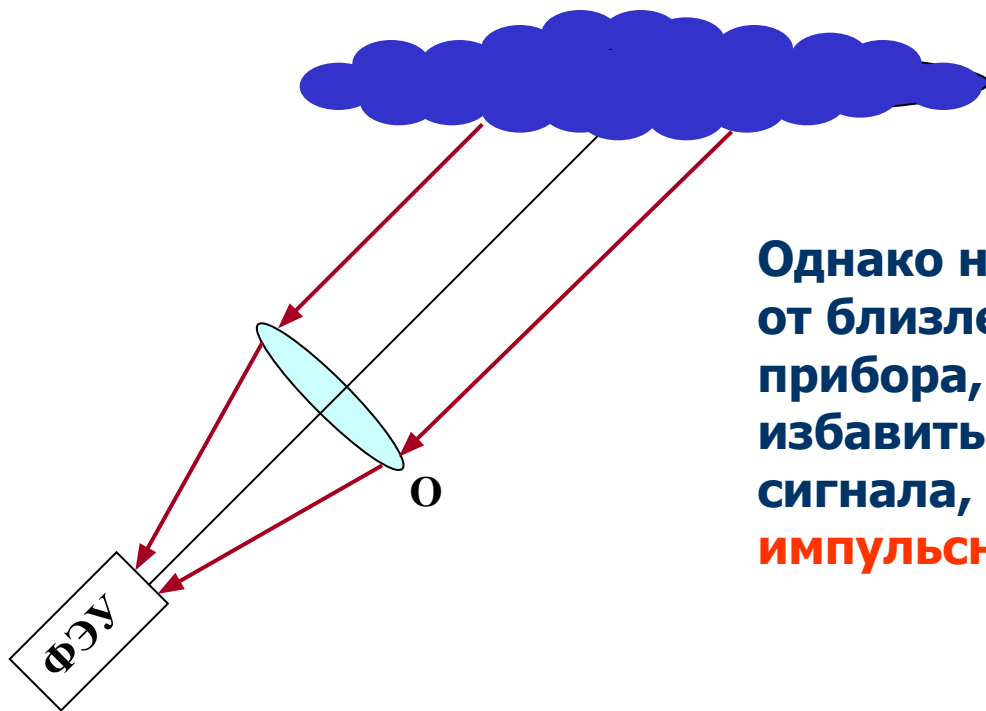


Рис.1.10.4. Вакуумный фотоумножитель.

1.10. Радиационные термометры.

Датчик излучения (например, ФЭУ) помещают в фокус объектива O и направляют его на исследуемый объект (Рис. 1.10.5).



Однако на ФЭУ попадает излучение от близлежащих предметов – стенок прибора, объектива и пр. Чтобы избавиться от этого паразитного сигнала, полезный сигнал делают **ИМПУЛЬСНЫМ.**

Рис. 1.10.5

1.10. Радиационные термометры.

Для этого перед объективом ставят вращающийся диск-модулятор (Рис. 1.10.6).

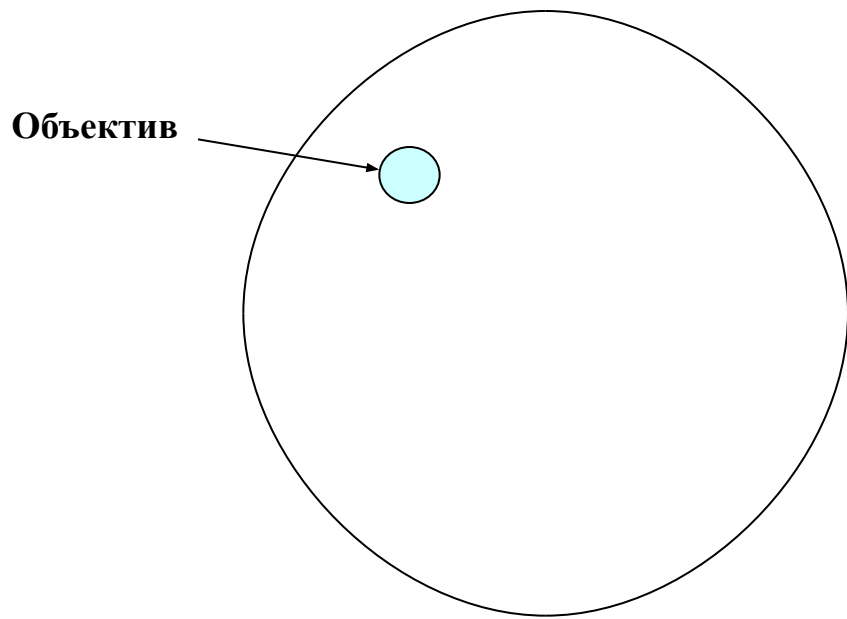


Рис.1.10.6. Диск-модулятор

1.10. Радиационные термометры.

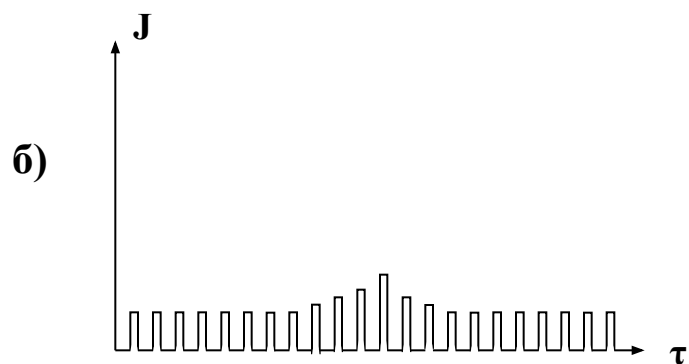
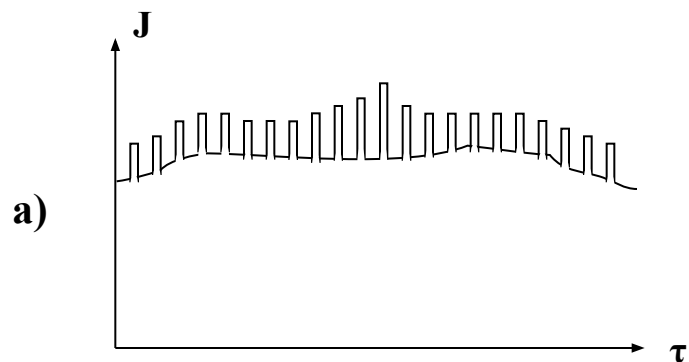


Рис.1.10.7. Полезный и паразитный сигналы.

Тогда полезный сигнал предстает в виде импульсов на фоне медленно меняющегося паразитного сигнала (Рис. 1.10.7а).

Затем с помощью электронного фильтра импульсы выделяют в чистом виде (Рис. 1.10.7б).

Говорят, что такой сигнал является **амплитудно-модулированным** импульсным сигналом.

Амплитуда импульсов выделенного полезного сигнала является мерой температуры объекта.