Лекционный курс
«Экспериментальные методы физических исследований»

Раздел
ТЕМПЕРАТУРА

Темы

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ.

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ШКАЛЫ.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НЕФТИ И ГАЗА им. И.М. ГУБКИНА

Кафедра физики

И.Н. Евдокимов

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЙ

Часть 1.

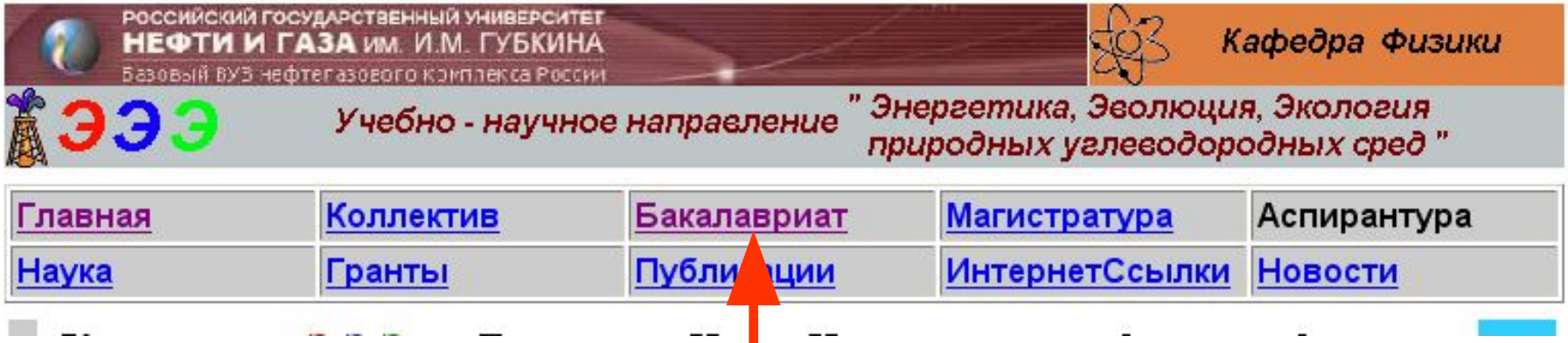
Т Е М П Е Р А Т У Р А

**Определение понятия.
Методы получения и контроля.
Измерительная аппаратура.**

МОСКВА 2004

http://eee.gubkin.ru

http://eee.gubkin.ru



http://eee.gubkin.ru

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НЕФТИ И ГАЗА им. И.М. ГУБКИНА
Базовый ВУЗ нефтегазового комплекса России

Кафедра Физики

ЭЭЭ Учебно - научное направление " Энергетика, Эволюция, Экология природных углеводородных сред "

Главная	Коллектив	Бакалавриат	Магистратура	Аспирантура
Наука	Гранты	Публикации	ИнтернетСсылки	Новости

Бакалавриат

Подготовка студентов для получения степени (квалификации)
"Бакалавр техники и технологии"
проводится по направлению 553600 «Нефтегазовое дело».

[ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ.- **PDF(830 kB)**]

Лекционные курсы, читаемые бакалаврам преподавателями Учебно-научного направления ЭЭЭ : .

1. Дисциплина:
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Лектор - И.Н. Евдокимов

ДИСЦИПЛИНА

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Календарный план лекций и контрольных мероприятий в осеннем семестре 2012 года

[Файл в формате MS Word (0,04 MB)]

Часть 1
"ТЕМПЕРАТУРА"

1. Лекционные презентации по части 1:

   Темы: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ. ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ШКАЛЫ.

   [Файл в формате PPT (0,45 MB)]

   Раздел: МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР (ЭЛЕМЕНТЫ КРИОГЕННОЙ ТЕХНИКИ). Тема: ОХЛАЖДЕНИЕ ПРИ РАСШИРЕНИИ ГАЗОВ. ЭФФЕКТ ДЖОУЛЯ-ТОМСОНА.

   [Файл в формате PPT (0,9 MB)]

2. Методическое пособие по части 1;

   Евдокимов И.Н. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЙ. Часть 1. ТЕМПЕРАТУРА. Определение понятия. Методы получения и контроля. Измерительная аппаратура. М.: Изд. «Отдел оперативной полиграфии РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина», 2004. 107 с

   [В библиотеке Университета]

3. "Распределенные системы контроля температуры на базе современных волоконно-оптических датчиков" (Статья из журнала *Технологии ТЭК*)

   [Файл в формате PDF (0,25 MB)]

4. "Определение мест утечки в трубопроводах с помощью контроля температуры вдоль волоконно-оптического кабеля". (По материалам статьи: “Leakage detection using fiber optics distributed temperature monitoring.” *11th SPIE Annual International Symposium on Smart Structures and Materials, March 14-18, 2004, San Diego, California, USA, Proc. SPIE* Vol. 5384, pp.18 -25)

   [Файл в формате PDF (0,25 MB)]

5. Вопросы для контроля по части 1

   [Файл в формате MS Word (0,04 MB)]

Измерения расстояний, времени – с глубокой древности

Измерения температуры – только с 18 века

Возникновение терминов

Клавдий Гален
(врач, II век н.э., 129-199 г.)

классификация лекарственных препаратов
по 12 градусам
(лат. gradus - ступень)

Свой «градус» имело каждое правильное лекарство от данной болезни, т.е. правильная смесь препаратов, которую называли температурой.
(лат. temperatura - надлежащее смешение, правильное соотношение)

Появление приборов

Галилео Галилей (1597 г.)

термоскоп

Начало измерений

Исаак Ньютон (1701 г.)

температурная шкала из 12 градусов.

Реперные температуры:

0° - замерзание воды

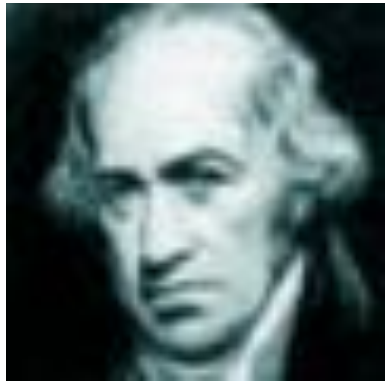
12° - тело здорового человека.

Даниэль Габриель Фаренгейт (1714 г.)

Реперные температуры:

0° - смесь вода-лед-соль

12° (96°) - тело здорового человека



Андерс Цельсий - 1742 г.

100° шкала

0° – кипение воды,

100° – таяние льда

Карл Линней – (1707-1778)

«поворот» шкалы Цельсия

к современному виду

Что такое температура ?

Эксперимент -
температура тел,
находящихся
в термическом равновесии,
одинакова

Температура как термодинамическая величина

$$\frac{dS}{dE} = \frac{1}{T}.$$

Энтропия - безразмерна
[T] - Джоули

$$\frac{dS}{dE} = \frac{1}{kT}.$$

[T] - Кельвины

Термодинамическая шкала температур может быть воспроизведена в цикле Карно

$$\frac{Q_н}{Q_х} = \frac{T_н}{T_х}$$

Температура
как параметр уравнений состояния

$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$

«Шкала газового термометра»

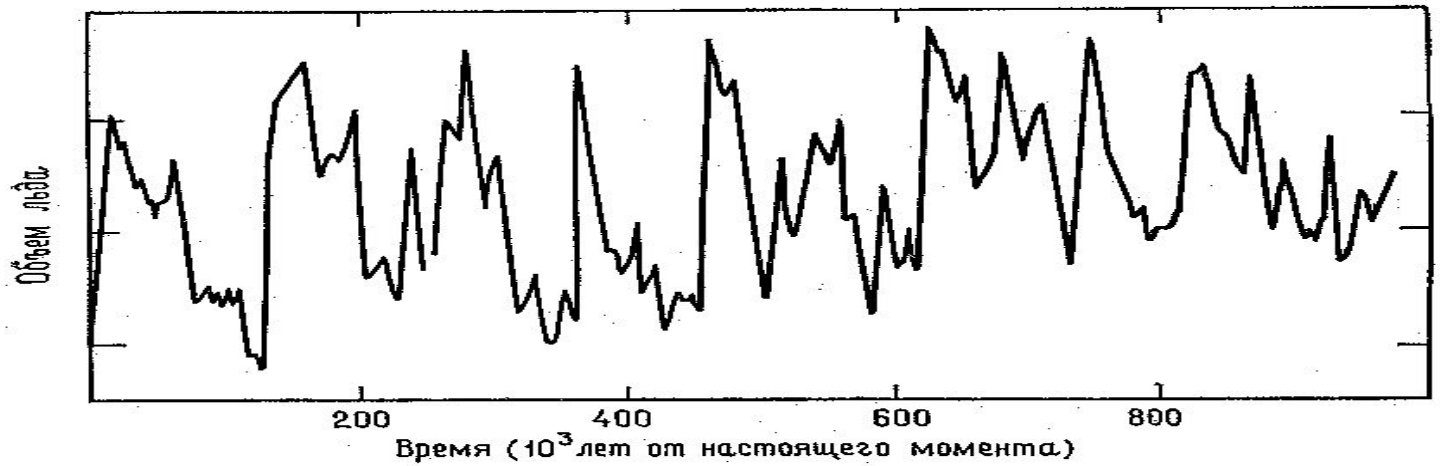
$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = \frac{m}{\mu} RT$$

Температура как параметр уравнений тепловых процессов

Уравнение теплового баланса Земли

$$\frac{dT_з}{dt} = \frac{Q(t)[1-\alpha(T_з)] - \varepsilon\sigma T_з^{\,4}}{C}$$

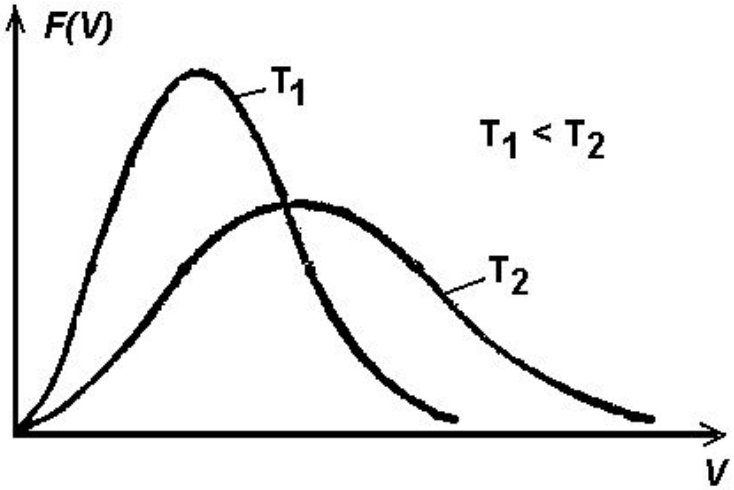
Q – солнечная постоянная, α - альбедо (коэф-т отражения) Земли, σ - постоянная Стефана-Больцмана, ε - эмиссионная способность (коэф-т серости)



Температура как параметр равновесных функций распределения

Распределение МАКСВЕЛЛА

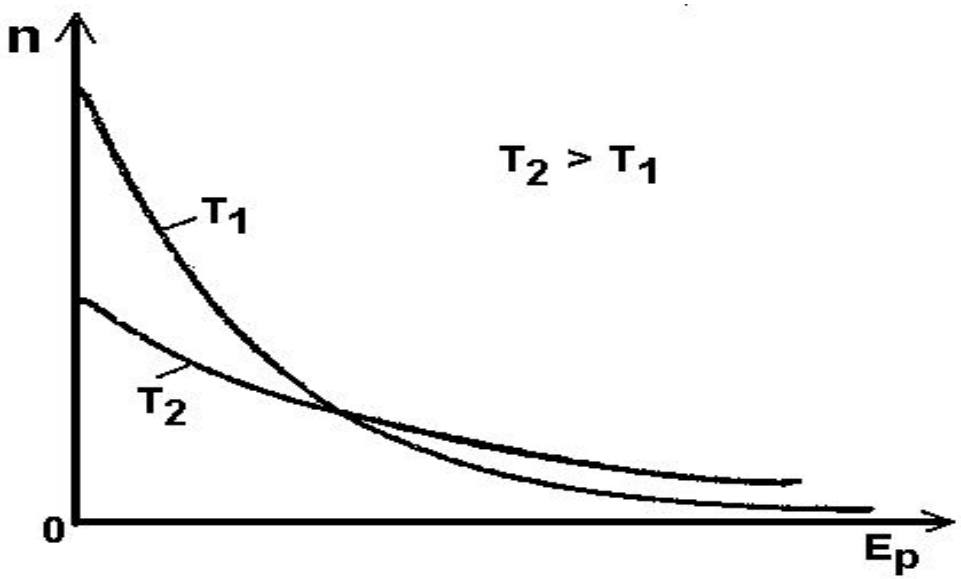
$$F(V) = \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} \exp\left(-\frac{mV^2}{2kT}\right) 4\pi V^2$$



Температура как параметр равновесных функций распределения

Распределение БОЛЬЦМАНА

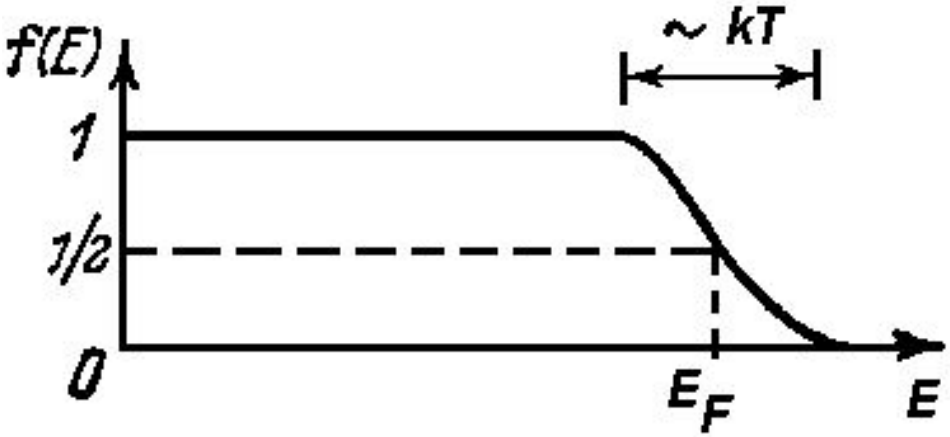
$$n(E_p) = n_0 e^{\left(-\frac{E_p}{kT}\right)}$$



Температура как параметр равновесных функций распределения

Распределение ФЕРМИ-ДИРАКА

$$f(E) = \frac{1}{\exp\left(\frac{E-\mu}{kT}\right)+1}$$

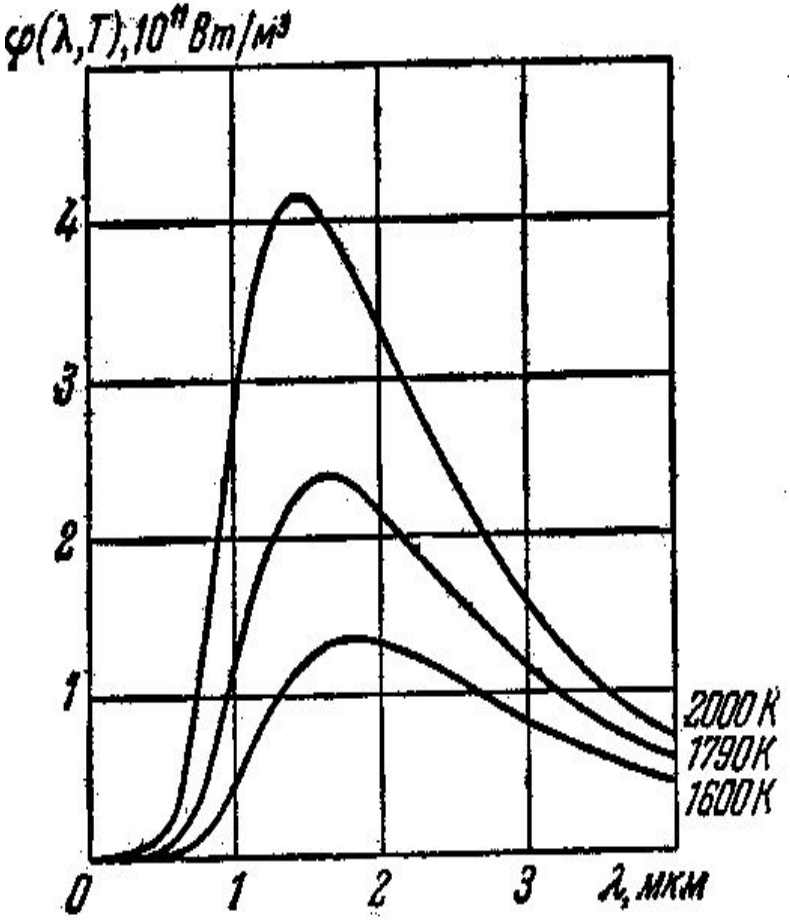


Температура как параметр равновесных функций распределения

Функция Планка

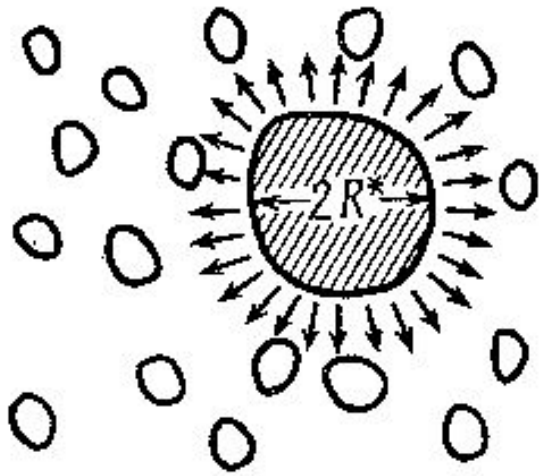
$$\varphi(\lambda) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{kT\lambda}\right) - 1}$$

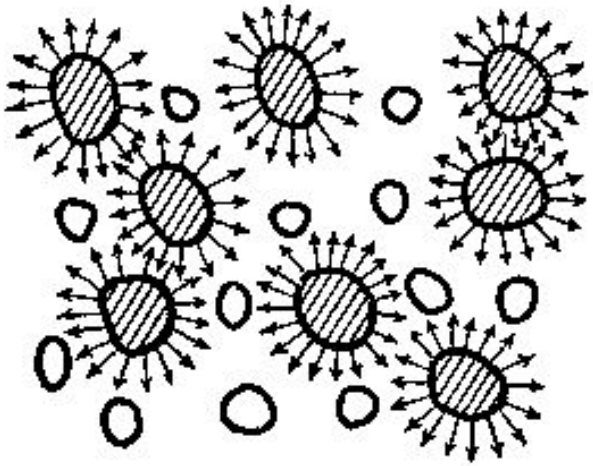
$$T = \frac{hc}{4{,}965 k\lambda_m}$$



Флуктуации температуры

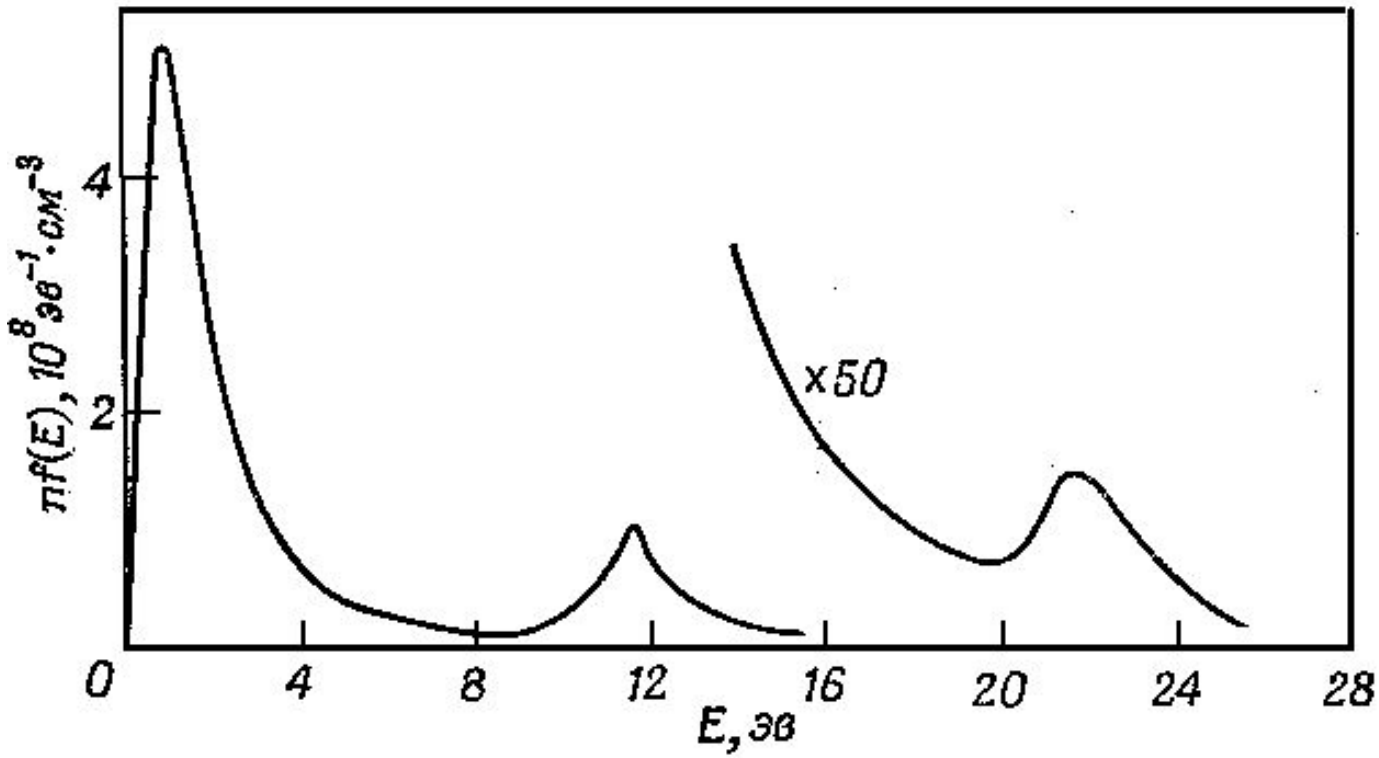
$$\overline{(\Delta T)^2} = \frac{kT^2}{C_v}.$$





Неравновесные функции распределения

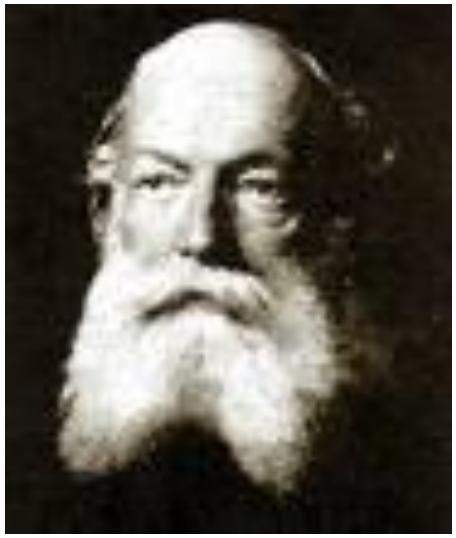
Распределение по энергиям для электронов в газовом разряде



ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ШКАЛЫ

Термодинамическая температурная шкала

Единица измерения температуры *T*
- кельвин (К) -
- 1/273,16
термодинамической температуры
тройной точки воды.



Лорд Кельвин
(Уильям Томсон)
(1824 – 1907)

Стандартная температурная шкала МПТШ-68

Международная практическая температурная шкала (МПТШ-68) (с уточнениями Консультативного комитета по термометрии 1984 г)

Шкала основана:

А) на 12 температурах фазовых переходов (реперных точках) измеренных эталонным газовым термометром

Б) на интерполяционных приборах (термометрах), для получения температур в диапазонах между реперными точками

В) на интерполяционных формулах, коэффициенты в которых определяются из условий гладкости сшивания с интерполяционными кривыми соседних диапазонов.

РЕПЕРНЫЕ ТОЧКИ МПТШ-68

Реперные точки	T_{68}[K]	t_{68}[^{o}C]	p[Н/м 2]
Тройная точка водорода	13,81	-259,34	--
Точка кипения водорода	17,042	-256,108	33 330,6
Точка кипения водорода	20,23	-252,87	101 325
Точка кипения неона	27,102	-246,048	101 325
Тройная точка кислорода	54,361	-218,789	--
Точка кипения кислорода	90,188	-182,962	101 325
Тройная точка воды	273,16	0,01	--
Точка кипения воды	373,15	100	101 325
Точка затвердевания олова	505,1181		
Точка затвердевания цинка	692,73	419,58	101 325
Точка затвердевания серебра	1235,08	961,93	101 325
Точка затвердевания золота	1337,58	1064,43	101 325

Интерполяционные приборы и формулы МПТШ-68

Например, выше точки затвердевания золота T_{Au} = 1337,58 К интерполяционный прибор - спектральный пирометр, а интерполяционная формула - закон излучения Планка :

$$\frac{L(\lambda, T)}{L(\lambda, T_{Au})} = \frac{\exp\left(\frac{c}{\lambda T_{Au}}\right) - 1}{\exp\left(\frac{c}{\lambda T}\right) - 1}$$

L(λ, T) - спектральная плотность излучения

c = 0,014388 м·К

Интерполяционные приборы и формулы МПТШ-68

В диапазоне от T=903,89 К до T=1337,58 К

интерполяционный прибор - Pt-Pt10Rh термопара

интерполяционная формула :

$$E(T) = a + bT + cT^2$$

E(T) - термоэлектродвижущая сила

РЕПЕРНЫЕ ТОЧКИ НИЖЕ 30К (ШКАЛА ВПТШ-76)

Реперные точки	Т , К
Точка перехода сверхпроводимости кадмия	0,519
Точка перехода сверхпроводимости цинка	0,851
Точка перехода сверхпроводимости алюминия	1,1796
Точка перехода сверхпроводимости индия	3,4145
Точка кипения гелия	4,2221
Точка перехода сверхпроводимости свинца	7,1999
Тройная точка водорода	13,8044
Точка кипения водорода при р= 33 330,6 Па	17,0373
Точка кипения водорода при р=101 325 Па	20,2735
Тройная точка неона	24,5591
Точка кипения неона	27,102

Нестандартные температурные шкалы

Шкала Цельсия.

Тройная точка воды: 0,01°C

1°C = 1 К

T[K] = t[°C] – 273,15

Шкала Фаренгейта.

Таяние льда 32 °F

Кипение воды 212 °F

t[°F] = (9/5) t[°C] + 32

Шкала Рэнкина.

0°Rn = 0 К

1°Rn = 1°F

Тройная точка воды 491,67 °Rn

t[°Rn] = 491,67 + (9/5) t[°C]