**Thermometer and Temperature Measurement**

Thermometer is an instrument used to measure the temperature of a body or system quantitatively. A thermometer is made based on the properties of a substance that changes regularly to temperature. The basic property of a substance that changes regularly to its temperature is called thermometric property. There are several thermometric properties of substance which can be used to make thermometers; such as volume of liquid, metal length, electric resistance, electromotive force and the color of glowing wires.

Basically, the substances used to make a thermometer has a linear characteristic, that is, the relation of thermometric property of the substance is linear with the temperature and follows the equation below.

**t (x) = ax + b(temperature (x) equal total constants that depend on the substance used)**

where

t = temperature

x = thermometric property

a,b = constants that depend on the substances used

1. The Kinds of Thermometer

Because there are several thermometric properties of substances, then of course thermometer also provided are in several kinds. The table below shows kinds thermometer and their characteristics.

Table 5.1 kinds of thermometer

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Thermometer | Thermometric property | Range of measurement (oC) |
| Mercury | Liquid substance volume | -39 – 500 |
| Constant volume gas | Gas pressure at constant volume | -270 – 1500 |
| Platinum resistance | Electric resistance | -200 – 1200 |
| Thermocouple | Electromotive force | -250 – 1500 |
| Pyrometer | Luminous intensity | More than 1000 |

1. Thermometer Calibration

Thermometer calibration is an activity to fix the thermometer scale by using the certain marks. There are four steps to calibrate a thermometer, those are:

1. Determine the lower fixed point

Usually the lower fixed point of a thermometer is the freezing point (melting point) of pure water at 1 (one) atm pressure and it is used as measurement reference of the lowest temperature of the thermometer. For example, the under fixed point of a Celcius thermometer is marked where scale of zero (0oC).

1. Determine the upper fixed point

Usually the upper fixed point of a thermometer is the boiling point of pure water at 1 (one) atm pressure and it is used as measurement reference of the highest temperature of the thermometer. For example, the upper fixed point of the Celcius thermometer is marked with scale of 100 oC (one hundred).

1. Divide the distance between the under fixed point and upper fixed point on the thermometer into several same parts. For example, a Celcius thermometer is divided into 100 (one hundred) parts and each part is 1oC (one).
2. To obtain the better range of measurement, then the thermometer scale can be extended by fixing the scale below the under fixed point or above the upper fixed point.
3. The Kinds of Thermometer Scale

In physics, there are four kinds of scale which usually used in the measurement of temperature, those are Celcius, Fahrenheit, Kelvin, and Reamur scales. The following are explanations about the four scales of thermometer.

1. Celcius Scale

In celcius scale, the under fixed point is marked with number 0 (zero)oC and the upper fixed point is marked with number 100 (one hundred)oC. This scale is proposed by Anders Celcius by fixing the melting point of ice as the under fixed point and the boiling point of water as the upper fixed point.

1. Fahrenheit Scale

Fahrenheit scale was proposed by German physicist, Daniel Gabriel Fahrenheit. In Fahrenheit scale, the under fixed point is marked with number 32 (thirty two)oF and the upper fixed point is marked 212 (two hundred twelve) oF. Fahrenheit fixed the upper fixed point and under fixed point based on freezing point and boiling point of pure water at 1 (one) atm pressure.

The relation of Celcius scale with Fahrenheit scale can be expressed by the following equation.

= 9 : 5

Where

TF = temperature in Fahrenheit scale

Tc = temperature in celcius scale

1. Kelvin scale

Kelvin scale was proposed by England physicist, Lord William Thomson Kelvin. In Kelvin scale, the under fixed point is marked with number 273 K (two hundred seventy three Kelvin) and upper fixed point is marked 373 K (three hundred three Kelvin). Measurement of temperature in Kelvin scale is based on the absolute zero temperature. To understand the concept of the absolute zero temperature, read the following explanation.

Every substance consists of particles that vibrate, and the vibration of the particles producing the kinetic energy. The average kinetic energy of particles of a substance is proportional with the substances temperature. If the substance is getting warmer, it means the average kinetic energy of particles is also increasing. Thus, temperature is the measure of average kinetic energy of a substance particles.

The kinetic energy and speed of particles of a substance is decreasing along with the decrease of temperature, and when the temperature reaches approximately -273,16oC (minus two hundred seventy three point one six celcius), the particles motion stops, therefore no more temperature can be measured. This temperature is the lowest temperature of an object and is called the absolute zero temperature and the lowest temperature in the Kelvin scale is marked 0 K (zero Kelvin) which equal to -273,16 oC (minus two hundred seventy three point one six celcius).

The relation of Kelvin scale with Celcius scale can be expressed by the following equation.

Tk = Tc + 273 (temperature in Kelvin equal temperature in Celcius plus two hundred seventy three).

1. Reamur Scale

In the Reamur Scale, the under fixed point is marked with number 0oR (zero Reamur) and upper fixed point is marked 80oR (eighty Reamur). The relation of Reamur scale with Celcius scale can be expressed by the following equation.

= (temperature in Celcius divided by temperature in Reamur equal five divided by four).

Note: the relation of Celcius, Reamur, Fahrenheit and Kelvin scales is: Tc = 5/4 TR = 5/9 (TF – 32) = Tk – 273 ( temperature in Celcius is five divided by four temperature in Reamure is five divide by nine (temperature in Fahrenheit minus thirty two) is temperature in Kelvin minus two hundred seventy three.

Sample problem

An object has temperature of 25oC. Express the temperature of the object in the Reamur!

Solution

In reamur scale (oR)

Tc = 5/4 TR (temperature in Celcius is five divided by four temperature in Reamur)

TR = 4/5 Tc (temperature in Reamur is four divided bu five temperature in Celcius)

= 4/5 (25)oR

= 20 o R

Termometer dan Pengukuran Suhu

Thermometer adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur suhu suatu benda atau system secara kuantitatif. Thermometer dibuat berdasarkan sifat dasar suatu bahan yang berubah secara teratur terhadap suhu. Sifat dasar suatu bahan yang berubah secara teratur terhadap suhunya tersebut dinamakan sifat termometrik. Terdapat beberapa sifat termometrik bahan yang dapat digunakan untuk membuat thermometer, sperti volume zat cair, panjang logam, hambatan listrik, gaya gerak listrik, dan warna pijar kawat.

Pada dasarnya, bahan yang digunakan untuk membuat thermometer mempunyai karakteristik linier, yaitu, hubungan sifat termometrik bahan adalah linier dengan suhu dan mengikuti persamaan di bawah ini.

**t (x) = ax + b**

where

t = suhu

x = sifat termometrik

a,b = konstanta yang bergantung pada bahan yang digunakan

1. Jenis – jenis Termometer

Karena terdapat beberapa sifat termometrik bahan, maka tentu thermometer juga terdapat dalam beberapa jenis. Table dibawah ini menunjukkan jenis – jenis thermometer dan karakteristiknya.

Tabel 5.1 jenis – jenis thermometer

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Thermometer | Sifat termometrik | Jangkauan pengukuran (oC) |
| Raksa | Volume zat cair | -39 – 500 |
| Gas volume tetap | Tekanan gas pada volume tetap | -270 – 1500 |
| Hambatan platina | Hambatan listrik | -200 – 1200 |
| Termokopel | Gaya gerak listrik | -250 – 1500 |
| Pyrometer | Intensitas cahaya | Lebih dari 1000 |

1. Kalibrasi Termometer

Kalibrasi thermometer adalah suatu kegiatan untuk menetapkan skala thermometer dengan menggunakan tanda – tanda tertentu. Terdapat empat langkah untuk menkalibrasi thermometer, yaitu:

1. Menentukan titik tetap bawah

Biasanya titik tetap bawah suatu thermometer adalah titik beku (titik lebur) air murni pada tekanan 1 atm, dan titik tetap bawah ini digunakan sebagai acuan pengukuran suhu terendah thermometer tersebut. Sebagai contoh, titik tetap bawah thermometer Celcius ditandai dengan skala nol (0oC).

1. Menentukan titik tetap atas

Umumnya titik tetap atas suatu thermometer adalah titik didih air murni pada tekanan 1 atm dan titik tetap atas digunakan sebagai acuan ppengukuran suhu tertinggi temometer tersebut. Sebagai contoh, titik tetap atas thermometer Celcius ditandai dengan skala 100oC.

1. Membagi jarak antara titik tetap bawah dan titik tetap atas termoeter tersebut menjadi beberapa bagian yang sama. Sebagai contoh, pada thermometer celcius dibagi 100 bagian dan tiap bagiannya adalah 1oC.
2. Untuk memperoleh jangkauan pengukuran yang lebih baik, maka skala thermometer dapat diperluas dengan menetapkan skala di bawah titik tetap bawah atau di atas titik tetap atas.
3. Jenis – jenis Skala Termometer

Dalam fisika, terdapat empat macam skala yang biasa digunakan dalam pengukuran suhu, yaitu skala Celcius, Fahrenheit, Kelvin, dan Reamur. Berikut ini penjelasan tentang keempat skala thermometer tersebut.

1. Pada skala Celcius, titk tetap bawah ditandai dengan angka 0oC dan titik tetap atas ditandai dengan angka 100oC. Skala ini diajukan oleh Anders Celcius dengan menetapkan titik lebur es sebagai titik tetap bawah dan titik didih air sebagai titik tetap atas.
2. Skala Fahrenheit

Skala Fahrenheit diajukan oleh fisikawan Jerman, Daniel Gabriel Fahrenheit. Pada skala Fahrenheit, titik tetap bawah ditandai dengan angka 32oF and titik tetap atas ditandai 212oF. Fahrenheit menetapkan titik tetap atas dan titik tetap bawah berdasarkan titik beku dan titik didih air murni pada tekanan 1 atm.

Hubungan skala Celcius dengan skala Fahrenheit dapat dinyatakan dengan pesamaan sebagai berikut.

= 9 : 5

Dengan:

TF = suhu dalam skala Fahrenheit

Tc = suhu dalam skala Celcius

1. Skala Kelvin

Skala Kelvin diajukan oleh fisikawan Inggris, Lrd William Thomson Kelvin. Pada skala Kelvin, titik tetap bawah ditandai anka 273 K dan titik tetap atas ditandai denga373K. pengukuran suhu dalam skala Kelvin berdasarkan pada suhu mutlak nol. Untuk mengetahui konsep suhu mutlak nol tersebut, bacalah penjelasan berikut ini!

Setiap zat terdiri atas partikel – partikel yang bergetar dan getaran partikel – partikel tersebut menghasilkan energy kinetic. Energy kinetic rata – rata partikel suatu zat sebanding dengan suhu zat. Jika suatu zat bertambah panas, hal ini berarti energy kinetic rata – rata partikel zat tersebut juga bertambah. Jadi, suhu adalah ukuran energy kinetic rata – rata partikel suatu zat.

Energy kinetic dan laju partikel suatu zat berkurang dengan turunnya suhu dan saat suhu mencapai kira – kira -273,16oC gerak partikel – partikel tersebut berhenti, sehingga tidak tidak ada lagi suhu yang dapat diukur. Suhu tersebut merupakan suhu terendah suatu benda dan disebut suhu nol mutlak, dan suhu terendah pada skala Kelvin ditandai dengan 0 K yang sama dengan -273,16oC.

Hubungan skala Kelvin dengan skala Celcius dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

TK = Tc + 273

Dengan

Tk = suhu dalam skala Kelvin

1. Skala Reamur

Pada skala Reamur, titik tetap bawah ditandai dengan angka o0R dan titik tetap atas ditandai 80oR. hubungan skala Reamur dengan skala Celcius dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

=

Dengan

TR = suhu dalam skala Reamur

Catatan:

Hubungan skala Celcius, Reamur, Fahrenheit, dan Kelvin adalah: Tc = 5/4 TR = 5/9 (TF – 32) = Tk – 273

Contoh soal:

Sebuah benda mempunyai suhu 25oC. Nyatakan suhu suatu benda tersebut dalam skala Reamur!

Penyelesaian

Dalam skala Reamur (oR)

Tc = 5/4 TR

TR = 4/5 Tc

= 4/5 (25)oR

= 20 o R (twenty Reamur)