

Carbon dating

Earth is a constant subject to cosmic radiation from space. These cosmic rays are composed of charged particles, such as protons and nuclei of helium and heavier elements, but also high-energy photons (γ radiation) and neutrinos. When these particles, travelling at a high speed of millions of kilometres per hour, collide with atoms and molecules in the earth's atmosphere nuclear reactions take place, which result in yet other particles and electromagnetic radiation, which has a shorter wavelength than γ radiation. The earth's atmosphere consists for 80% of nitrogen. When neutrons from the cosmic rays collide with the atmosphere's nitrogen atoms, a part of the nitrogen is transformed to radioactive carbon-14 ${}^{14}\text{C}$.
$$\text{}^1_0\text{n} + \text{}^{14}_7\text{N} \rightarrow \text{}^{14}_6\text{C} + \text{}^1_1\text{H}$$
 Carbon-14 and ordinary carbon (carbon-12) are chemically equivalent. In the atmosphere they both react with oxygen, producing carbon dioxide.
$$\text{}^{14}_6\text{C} + \text{}^{16}_8\text{O}_2 \rightarrow \text{}^{44}_{14}\text{CO}_2 \quad \text{and} \quad \text{}^{12}_6\text{C} + \text{}^{16}_8\text{O}_2 \rightarrow \text{}^{44}_{12}\text{CO}_2$$

As it turns out, the balance between ${}^{14}\text{CO}_2$ and ${}^{12}\text{CO}_2$ in the atmosphere has been as good as constant throughout time. This means that the amount of carbon-14, produced by cosmic radiation, must decay equally fast as a consequence of other factors. Plant tissue, which is made up of hydrocarbon compounds and contains both carbon-12 as carbon-14, absorbs carbon dioxide from the atmosphere during photosynthesis. As long as plants are alive, their tissue contains the same proportions of ${}^{14}\text{C}$ and ${}^{12}\text{C}$ as can be found in the atmosphere. When a plant dies, however, the photosynthesis stops, which eventually leads to a decrease in the amount of carbon-14.

The half-life of carbon-14 is approximately 5730 years. So if you find a dead plant (in the form of wood, burnt ashes, a cloth, corncobs, coal, peat or grain) which contains only half of the ${}^{14}\text{C}$ of a living plant this means the material is approx. 5730 years old. Living plants have a radioactive decay of approx. 15.3 carbon-14 atoms per minute for each gram of carbon they contain. The transformation of plant tissue to pure carbon would thus result in 15.3 counts per minute per gram of carbon on the Geiger counter, or in short 15.3 cpm/gC.

The facts above are the underlying basis of the ${}^{14}\text{C}$ dating method. This is a radiometric dating technique which makes use of the isotope carbon-14 in order to determine the age of dead organic material. The age t (expressed in years) is given by the formula
$$t = -t_{\text{half}} \times \log_2 \frac{N}{N_0}$$
 In this formula t_{half} represents the half-life of ${}^{14}\text{C}$, N_0 the number of ${}^{14}\text{C}$ atoms in the original (living) material and N the number of ${}^{14}\text{C}$ atoms in the dead material. This dating method is suitable for materials up to about 60,000 years old. The method was developed in 1949 by Willard Frank Libby and his colleagues from the University of Chicago. In 1960, Libby was awarded the Nobel Prize in chemistry.

Input

One line with the value of N , the number of ${}^{14}\text{C}$ atoms in an examined sample, expressed in terms of cpm/gC.

Output

The age of the sample, based on the formula above, with $t_{\text{half}}=5730$ years and $N_0=15.3$ cpm/gC. You don't have to do anything in particular if the age is estimated above 60,000 years.

Example

Input:

8.2

Output:

5156.05935217

De aarde is constant onderhevig aan kosmische straling die ons vanuit de ruimte bereikt. Onder deze straling bevinden zich geladen deeltjes, zoals protonen en kernen van helium en zwaardere elementen, maar ook hoog-energetische fotonen (γ -straling) en neutrino's. Wanneer dergelijke deeltjes die reizen met hoge snelheden van miljoenen kilometer per uur in botsing komen met atomen en moleculen die zich in de atmosfeer van de aarde bevinden, doen er zich kernreacties voor die resulteren in andere deeltjes en elektromagnetische straling die een kortere golflengte heeft dan γ -straling. De aardatmosfeer bestaat voor 80% uit stikstof. Wanneer neutronen van de kosmische straling botsen met atmosferische stikstofatomen, wordt een deel van het stikstof omgezet in radioactieve koolstof-14 ${}^{14}\text{C}$. ${}^1\text{n} + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^{14}\text{C} + {}^1\text{H}$ Koolstof-14 en gewoon koolstof (koolstof-12) zijn chemisch gezien in wezen equivalent. In de atmosfeer reageren ze beide met zuurstof waar ze koolstofdioxide produceren.
$${}^{14}\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow {}^{14}\text{CO}_2 \quad \text{and} \quad {}^{12}\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow {}^{12}\text{CO}_2$$

Nu blijkt in de atmosfeer de verhouding van ${}^{14}\text{CO}_2$ ten opzichte van ${}^{12}\text{CO}_2$ quasi constant te blijven doorheen de tijd. Dit betekent dat de hoeveelheid koolstof-14 die door kosmische straling wordt geproduceerd even snel vervalst door toedoen van andere factoren. Plantaardig weefsel maakt tijdens de fotosynthese gebruik van koolstofdioxide in de atmosfeer. Plantenweefsel bestaat uit koolwaterstofverbindingen en bevat zowel koolstof-12 als het radioactieve koolstof-14. Zolang planten in leven zijn, bevat hun weefsel dezelfde verhouding van ${}^{14}\text{C}$ ten opzichte van ${}^{12}\text{C}$ als deze die wordt teruggevonden in de atmosfeer. Op het ogenblik dat de plant sterft komt er echter een einde aan de fotosynthese, en neemt de hoeveelheid koolstof-14 af doorheen de tijd.

De halveringstijd van koolstof-14 is ongeveer 5730 jaar. Wanneer je dus een dode plant (onder de vorm van hout, verbrande as, een stuk doek, maïskolven, steenkool, turf of graan) vindt die slechts de helft van de hoeveelheid ${}^{14}\text{C}$ bevat ten opzichte van een levende plant, dan betekent dit dus dat het afgestorven materiaal ongeveer 5730 jaar oud is. Levende planten hebben een radioactief verval van ongeveer 15.3 koolstof-14 atomen per minuut voor elke gram koolstof die ze bevatten. Plantaardig materiaal dat wordt omgezet naar zuivere koolstof zorgt er dus voor dat een Geigerteller 15.3 keer per minuut tikt per aanwezige gram koolstof. Dit wordt afgekort tot 15.3 cpm/gC (15.3 *counts per minute per gram of carbon*).

Bovenstaande feiten vormen de achterliggende basis van de ${}^{14}\text{C}$ -dateringsmethode. Dit is een radiometrische dateringsmethode die gebruik maakt van de isotoop

koolstof-14 om de ouderdom van afgestorven organisch materiaal te bepalen. De ouderdom t (uitgedrukt in jaren) wordt dan gegeven door de formule $t = -t_{\text{half}} \times \log_2 \frac{N}{N_0}$. Hierbij stelt t_{half} de halveringstijd van ${}^{14}\text{C}$ voor, N_0 het aantal ${}^{14}\text{C}$ atomen in het oorspronkelijke (levende) materiaal en N het aantal ${}^{14}\text{C}$ atomen in het dode materiaal. Deze dateringsmethode is bruikbaar voor materialen tot circa 60.000 jaar oud. De methode werd in 1949 ontwikkeld door Willard Frank Libby en zijn collega's van de Universiteit van Chicago. In 1960 ontving Libby hiervoor de Nobelprijs in de scheikunde.

Invoer

Eén regel met daarop de waarde van N , het aantal ${}^{14}\text{C}$ atomen in een onderzocht staal, uitgedrukt in cpm/gC.

Uitvoer

De ouderdom van het staal, gebaseerd op bovenstaande formule, waarbij $t_{\text{half}}=5730$ jaar en $N_0=15.3$ cpm/gC. Je moet niets speciaals doen indien de geschatte ouderdom groter is dan 60.000 jaar.

Voorbeeld

Invoer:

8.2

Uitvoer:

5156.05935217