

Length of human DNA

The chromosomes in the nucleus of a cell contain all the information a cell needs to carry on its life processes. They are made up of a complex chemical (a nucleic acid) called *deoxyribonucleic acid*, or DNA for short. Scientist's decoding of the chemical structure of DNA has led to a simple conceptual understanding of genetic processes. DNA is the hereditary material of all cells. It is a double-stranded helical macromolecule consisting of nucleotide monomers with deoxyribose sugar and the nitrogenous bases adenine (A), cytosine (C), guanine (G), and thymine (T). In the chromosomes of a cell, DNA occurs as fine, spirally coiled threads that in turn coils around another, like a twisted ladder. The DNA molecule is threaded so fine that it is only possible to see it under high powerful electron microscopes.

On May 10, 2006 an article entitled "*Unravel your DNA and it would stretch from here to the moon*" appeared on the [WNET-DT blog](#). This post mentions that uncoiled DNA extracted from all cells in the human body measures something like $3,85 \times 10^8 \text{ m}$. But is this correct? To get a sense of exactly how long the uncoiled DNA molecules are, we first need to know a) the total number of base pairs per cell, b) the length of a single base pair, and c) the total number of cells in the human body.

The *human genome* is a concept that refers to the complete set of human genetic information stored within a single cell of the human body. Such a cell contains 46 chromosomes (22 autosome pairs + 2 sex chromosomes), containing about 3 billion base pairs (bp) of DNA in total. Below we quote some sources that give an estimate for the total length of a human genome.

reference	quote	length
N.A. Campbell, et al. Biology: Concepts & Connections . California, 2009.	At actual size, a human cell's DNA totals about 3 meters in length.	$3,0 \times 10^0 \text{ m}$
McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology . New York, McGraw Hill, 2012.	If stretched out, would form very thin thread, about 6 feet (2 meters) long.	$2,0 \times 10^0 \text{ m}$
H.R. Matthews. <i>DNA Structure Prerequisite Information</i> . 1997.	The length is (length of 1 bp)(number of bp per cell) which is $(0.34 \text{ nm})(6 \times 10^9)$.	$2,0 \times 10^0 \text{ m}$
A.L. Leltinger. <i>Principles of Biochemistry</i> . New York, Worth, 1975.	Chromosome 13 contains a DNA molecule about 3.2 cm long.	$1,5 \times 10^0 \text{ m}$
The World Book Encyclopedia . Chicago, World Book, 1999.	On the average, a single human chromosome consists of DNA molecule that is about 2 inches long.	$2,3 \times 10^0 \text{ m}$

If we then know that the body of an adult contains some 10^{13} cells, we can calculate the total length of DNA in one adult human as
$$\underbrace{2 \times 3 \times 10^9}_{a)} \underbrace{(0,34 \times 10^{-9})}_{b)} \underbrace{(10^{13})}_{c)} = 2,0 \times 10^{13} \text{ m}$$
 That is the equivalent of nearly 70 trips from the earth to the sun and back.
$$\begin{eqnarray} 2,0 \times 10^{13} \text{ m} & = & 136,37 \text{ AU} \\ & \approx & \frac{136,37}{2} = 68,18 \text{ round trips to the Sun} \end{eqnarray}$$

Input

The input contains the following three floating point numbers, each on a separate line:

- estimate of the total number of base pairs per cell
- estimate of the length of a single base pair, expressed in nanometer (nm)
- estimate of the total number of cells in the human body

Output

Compute the total length of all DNA in the human body from the estimates given in the input. This length must be printed three times, each time on a separate line:

- length expressed in meter
- length expressed in astronomical units ($1 \text{ AU} = 149.597.870,691 \text{ kilometer}$)
- length expressed in number of round trips to the Sun

Example

Input:

```
6e+9
0.34
1e+13
```

Output:

```
2.04e+13
136.365577302
68.1827886512
```

De chromosomen in de kern van onze cellen bevatten alle instructies die de cellen nodig hebben om hun taken uit te voeren waarmee ze ons in leven houden. Ze bestaan uit een chemische substantie (een nucleïnezuur) die bekend staat onder de naam *desoxyribonucleïnezuur*, of kortweg DNA. De decodering van de chemische structuur van het DNA heeft ertoe geleid dat wetenschappers een conceptueel inzicht hebben verkregen in de manier waarop genetische processen werken. DNA is het erfelijke materiaal van de cellen. Het is een dubbelstrengige, spiraalvormige macromolecule opgebouwd uit nucleïnemonomeren met desoxyribose en de stikstofhoudende basen adenine (A), cytosine (C), guanine (G) en thymine (T). DNA komt voor in chromosomen als twee fijne, spiraalvormig opgewonden draden die als een wenteltrap rond elkaar verstrengeld zitten. DNA moleculen zijn zo fijn besnaard dat ze enkel kunnen waargenomen worden onder zeer krachtige elektronenmicroscopen.

Op de [WNET-DT blog](#) verscheen op 10 mei 2006 een artikel met als titel "*Unravel your DNA and it would stretch from here to the moon*". In dit artikel wordt vermeld dat de lengte van het ontrafelde DNA uit alle cellen van het menselijk lichaam in totaal $3,85 \times 10^8 \text{ m}$ bedraagt. Maar klopt dit wel? Om een schatting te kunnen maken van de totale lengte van het DNA, moeten we eerst een idee hebben van a) het aantal baseparen per cel, b) de lengte van één enkel basepaar, en c) het aantal cellen in het menselijk lichaam.

Met de term *menselijk genoom* bedoelt men het geheel aan erfelijke informatie in één enkele cel

uit het menselijk lichaam. Zo'n cel bevat 46 chromosomen (22 autosomale paren + 2 geslachtschromosomen), voor een totaal van ongeveer 3 miljard baseparen (bp) aan DNA. Voorts citeren we hieronder enkele bronnen die een schatting geven van de totale genomelengte.

bron	citaat	lengte
N.A. Campbell, et al. Biology: Concepts & Connections . California, 2009.	At actual size, a human cell's DNA totals about 3 meters in length.	\$3,0\,\text{m}\$
McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology . New York, McGraw Hill, 2012.	If stretched out, would form very thin thread, about 6 feet (2 meters) long.	\$2,0\,\text{m}\$
H.R. Matthews. <i>DNA Structure Prerequisite Information</i> . 1997.	The length is (length of 1 bp)(number of bp per cell) which is $(0.34\,\text{nm})(6 \times 10^9)$.	\$2,0\,\text{m}\$
A.L. Leltinger. <i>Principles of Biochemistry</i> . New York, Worth, 1975.	Chromosome 13 contains a DNA molecule about 3.2 cm long.	\$1,5\,\text{m}\$
The World Book Encyclopedia . Chicago, World Book, 1999.	On the average, a single human chromosome consists of DNA molecule that is about 2 inches long.	\$2,3\,\text{m}\$

Als we dan nog weten dat het lichaam van een volwassen mens bestaat uit zo'n 10^{13} cellen, dan kan de totale lengte van het DNA van een volwassene berekend worden als $(\underbrace{2 \times 3 \times 10^9}_{a})(\underbrace{0,34 \times 10^{-9}}_{b})(\underbrace{10^{13}}_{c}) = 2,0 \times 10^{13}\,\text{m}$. Dat is het equivalent van ongeveer 70 reizen naar de zon en terug.
$$2,0 \times 10^{13}\,\text{m} \times \frac{136,37}{2} = 68,18 \times 10^6 \times \text{naar de zon en terug}$$

Invoer

De invoer bestaat uit de volgende drie reële getallen, die elk op een afzonderlijke regel staan:

- schatting van het totaal aantal baseparen per cel
- schatting van de lengte van één enkel basepaar, gegeven in nanometer (nm)
- schatting van het totaal aantal cellen in het menselijk lichaam

Uitvoer

Op basis van de gegeven schattingen moet de totale lengte van alle DNA in het menselijk lichaam berekend worden. Deze lengte moet drie keer uitgeschreven worden, telkens op een afzonderlijke regel:

- lengte uitgedrukt in meter
- lengte uitgedrukt in astronomische eenheden ($1\,\text{AE} = 149.597.870,691\,\text{kilometer}$)
- lengte uitgedrukt in aantal keer naar de zon en terug

Voorbeeld

Invoer:

6e+9

0.34

1e+13

Uitvoer:

2.04e+13

136.365577302

68.1827886512