

Handledning (3 sid) + manus (21 sid)



Jakten på atomerna

Allt omkring oss är uppbyggt av atomer, från kaffekoppen vi dricker ur till våra egna kroppar. Allt omvandlas ständigt; dör och föds på nytt, då jorden varje dag återskapas med 92 grundämnen. Det blir programledaren varse då hans "inre atom" tar med honom på en fascinerande resa! Och du får hänga med och se hur processen går till.

Lär dig bl.a. mer om det antika Greklands syn på atomer, hur livet uppstod på jorden, varför förrådet av atomer inte tar slut och betydelsen av "stora smällen" (Big Bang) och supernovor. Filmen berör även existentiella och religiösa frågeställningar.

Speltid: 53 min.

Från: 13 år

Ämne: NO, Filosofi, Religion

Produktionsland:

Frankrike, 2015

Svensk version:

© Filmo, 2015

Ansvarig utgivare:

Mia Lund Arnell

Filmnr: 7317

För ytterligare källinformation:

Kontakta Filmo

08-445 25 50



Redan för 2300 år sedan fanns idén om atomer. Lucretius vidareutvecklade och menade att atomer är allt, bara sammansättning och rörelse skiljer tingen åt. Nästan två tusen år senare, 1869, kunde Mendelejev sortera de olika atomslagen, och introducerade det periodiska systemet. Mendelejev såg ett matematiskt mönster i atomnumren, och förstod att alla grundämnen inte var upptäckta än. Han lämnade därför luckor som framtida vetenskapsmän skulle få fylla. Än idag utgör det periodiska systemet kemins stadgar. Det visar ett hundratal grundämnen, varav 92 finns naturligt på jorden. För att bygga en människa behöver man åtminstone 20 av grundämnena.

De atomer som finns i och på jorden är väldigt gamla. Nio av tio atomer i universum är väteatomer, och skapades vid big bang. Andra har skapats genom fusion i en stjärnas mitt. Atomerna utgör byggstenarna i allt vi kan röra vid, även luft och vatten. De ingår i ett stort återvinningssystem, och de atomer som finns i dagens djur och växter är samma atomer som en gång byggde upp dinosaurierna. Man kan tänka på atomerna som legobitar som kan sättas ihop till olika former med olika egenskaper. I ett laboratorium försöker man bygga de molekyler som behövs för att skapa liv. Man vill se om man kan återskapa exakt den sammansättning som en gång gjorde att atomer sattes ihop till levande organismer på jorden. Men det är mycket svårt, och än har forskarna inte kunnat återskapa de förhållanden som krävs för en exakt kopia av livets början.

FILMO

En del av Swedish Film AB

Box 6014 • 171 06 Solna • SWEDEN • Tel: 08-445 25 59 • Fax: 08-445 25 60
info@filmo.se • www.filmo.se

Länge har vi trott att atomerna är universums minsta beståndsdelar, men även atomerna är uppbyggda av något ännu mindre. Varje atom består av partiklar, som elektroner, protoner och neutroner. Dessutom finns det ännu mindre beståndsdelar – elementarpartiklar såsom fotoner och kvarkar. Partiklarna är mycket svåra att studera, men i Schweiz finns en gigantisk partikelaccelerator, där forskare från hela världen försöker ta reda på mer om partiklarnas egenskaper. Att studera universums minsta beståndsdelar har redan lärt mänskligheten mycket om den värld vi lever i, och hela tiden görs nya upptäckter. Och visst är väl insikten hur små byggstenarna är, minst lika svindlande som tanken på universums storhet?

Nyckelord

Atomer, partiklar, återanvändning, liv, universum, periodiska systemet, CERN.

Frågor efter visning

1. Vad är en atom?
2. Varifrån kommer atomerna?
3. Vad menas med att allt återvinns?
4. Hur bidrar levande organismer till återvinningen?
5. Hur kan forskare använda kunskaper om atomer för att återskapa livets början?
6. Vad är partiklar?
7. Vad vet du om periodiska systemet? Vad ger det för information om de olika atomslagen?
8. Vad försöker man ta reda på med hjälp av partikelacceleratorn CERN?
9. Fundera och diskutera kring vilken betydelse upptäckten av atomer fått på synen på människan inom religionen.
10. Ta reda på mer om Demokritos filosofiska resonemang kring atomer. Använd t.ex. <http://www.filosofer.se/grekiska-filosofer.html>. Jämför t.ex. hans världsbild med den rådande under antiken.



Internetkällor

<http://periodiskasystemet.nu/> - Periodiska systemet i klickbar form.

<http://illvet.se/fysik/periodiska-systemet/hur-bildas-tunga-grundamnen> - Illustrerad vetenskap om hur tunga grundämnen bildas.

<http://illvet.se/fysik/periodiska-systemet/det-periodiska-systemet-vate> - Illustrerad vetenskap om väte.

<http://illvet.se/fysik/periodiska-systemet/grundamnen-las-om-jordens-fantastiska-grundamnen> - Om grundämnen.

<http://illvet.se/fysik/periodiska-systemet/periodiska-systemet-grundamnenas-periodiska-system> - Om periodiska systemet.

<http://periodicvideos.com/> - Sajt med filmer om grundämnen.

http://www.nyteknik.se/popular_teknik/smatt_gott/article2461208.ece - Ny teknik om kemin bakom rosor och choklad.

www.ne.se - Nationalencyklopedin

www.google.se - Användbar sökmotor

www.dn.se - Dagens nyheter

<http://factlab.com/#lo=1> - Dagens nyheter skolsajt

www.wikipedia.se - Bra nätencyklopedi

www.filmo.se - Filmos hemsida

FILMO

En del av Swedish Film AB

Box 6014 • 171 06 Solna • SWEDEN • Tel: 08-445 25 59 • Fax: 08-445 25 60
info@filmo.se • www.filmo.se

Kapitelindelning

Du kan välja att visa hela filmen eller ett speciellt avsnitt.
För starttider till respektive kapitel, se nedan.

Nr	Kapitel	Starttid:	Längd:
1	Inledning	00:00	ca 05 min
2	Antiken och atomer	04:45	ca 05 min
3	Några av de vanligaste atomerna	09:35	ca 05 min
4	Livets uppkomst på jorden	15:01	ca 11 min
5	Atomernas ständiga återfödelse	25:59	ca 04 min
6	Påfyllning från rymden	29:14	ca 06 min
7	En supernovas betydelse	34:49	ca 04 min
8	Döende stjärnor och Big bang...	38:55	ca 14 min
	Sluttid:	52:39	

Jakten på atomerna passar bra för undervisning i grundskolans naturorienterande ämnen. Här enligt det centrala innehållet i Lgr11:

I årskurs 7-9, fysik, sid 130-131, Lgr11

Fysiken och världsbilden:

"Aktuella forskningsområden inom fysik, till exempel elementarpartikelfysik och nanoteknik" och "Universums utveckling och atomslagens uppkomst genom stjärnornas utveckling"

I årskurs 7-9, kemi, sid 147-148, Lgr11

Kemin i naturen:

"Partikelmodell för att beskriva och förklara materiens uppbyggnad, kretslopp och oförstörbarhet. Atomer, elektroner och kärnpartiklar" och

"Kemiska föreningar och hur atomer sätts samman till molekyl- och jonföreningar genom kemiska reaktioner"

Kemin och världsbilden:

"Historiska och nutida upptäckter inom kemiområdet och deras betydelse för världsbild, teknik, miljö, samhälle och människors levnadsvillkor" och

"Gruppering av atomslag ur ett historiskt perspektiv"

I gymnasiet, humanistiska programmet, inriktning kultur, sid 45-46

"Genom utbildningens betoning på människans tänkande och skapande ska eleverna ges möjlighet att reflektera över etiska och filosofiska frågeställningar, samt att utveckla humanistisk bildning och kunskaper som är betydelsefulla inom andra områden."

I gymnasiet, naturvetenskapsprogrammet, sid 47

"Utbildningen ska utveckla elevernas kunskaper om sammanhang i naturen, om livets villkor, om fysikaliska fenomen och skeenden och om kemiska processer."

0001 00:02:26:00 00:02:30:19
-Universum i all sin oändlighet.
-Och däribland finns jag.

0002 00:02:30:21 00:02:37:15
Miljarder galaxer som var och en
innehåller miljarder stjärnor.

0003 00:02:37:17 00:02:42:01
Och runt dessa miljarder stjärnor
snurrar miljarder planeter.

0004 00:02:42:03 00:02:46:05
Och ensam bland dem finns jag,
människan.

0005 00:02:46:07 00:02:49:15
Hur är det möjligt?

0006 00:02:49:17 00:02:55:16
Hur har något
så unikt och annorlunda uppstått?

0007 00:02:55:18 00:02:58:15
Så exceptionell är du inte.

0008 00:02:58:17 00:03:04:05
-Vem är du som kan säga något sådant?
-Din inre röst som alltid har rätt.

0009 00:03:04:07 00:03:08:00
Ja, den som jag lyssnar på
när det är för sent...

0010 00:03:11:19 00:03:13:13
Jag är mer än så.

0011 00:03:13:15 00:03:18:24
Jag är universums minne
och allt som finns där i.

0012 00:03:19:01 00:03:22:23
Jag vet vad jag talar om,
för jag var med från början.

0013 00:03:23:00 00:03:26:17
Kom! Följ med på upptäcktsfärd!

0014 00:03:31:05 00:03:35:15
Föreställ dig tingen så som de är
och inte som du ser dem.

0015 00:03:35:17 00:03:38:05
-Hur är de?
-Så här...

0016 00:03:38:22 00:03:41:16
Åh! Vad fint!

0017 00:03:41:18 00:03:48:17
Ser du hur allt i hela universum
ser likadant ut?

0018 00:03:48:19 00:03:54:04
Det beror på att
allt består av samma sak.

0019 00:03:54:06 00:04:00:09
-Allt består av samma råvara: atomer.
-Det vet jag vad det är.

0020 00:04:00:11 00:04:06:21
-Jorden består också av atomer.
-Vår fina jord.

0021 00:04:06:23 00:04:13:11
Haven, floderna, bergen
- allt består av atomer.

0022 00:04:13:13 00:04:19:20
Städerna, bilarna, allt som människan
har skapat - ett enormt atom-lego.

0023 00:04:19:22 00:04:22:13
Min kaffekokare.

0024 00:04:22:15 00:04:26:08
Ja! Och se nu allt runt omkring dig
på samma sätt.

0025 00:04:26:10 00:04:31:00
Dina hushållsapparater,
dina kläder, din bostad...

0026 00:04:31:02 00:04:33:18
Din kaktus likaså. Och i akvariet...

0027 00:04:33:20 00:04:38:22
Nej, nej, nej! Inte mina guldfiskar!
De är djur som jag.

0028 00:04:38:24 00:04:42:15
-Du får passera mig först. -Gärna.

0029 00:04:42:17 00:04:45:02
Vad gör du? Sluta!

0030 00:04:45:04 00:04:48:17
Blanda inte in mig i det här!
Överdriv inte! Sluta!

0031 00:04:50:00 00:04:54:01
Inte jag. Att alla objekt
består av atomer går jag med på.

0032 00:04:54:03 00:04:57:24
Tack vare den gemensamma råvaran
går de att återvinna.

0033 00:04:58:01 00:05:01:10
Men jag är människa
och oss återvinner man inte.

0034 00:05:01:12 00:05:03:23
Jag är unik.

0035 00:05:04:00 00:05:08:04
Jag har drömmar, önskningar, bekymmer.
Jag har ont i ryggen.

0036 00:05:08:06 00:05:13:12
-Atomer. Allt består av atomer.
-Mitt kött och blod kanske gör det.

0037 00:05:13:14 00:05:18:07
Finns det annat än atomer
i ditt kött och blod? Får jag se?

0038 00:05:18:09 00:05:21:23
-Vad letar du efter?
-Dina atomer.

0039 00:05:22:00 00:05:24:12
Jag utforskar dina atomer.

0040 00:05:24:14 00:05:31:06
I början är det lite för stort.
Där finns överhud, muskelfiber...

0041 00:05:31:08 00:05:33:22
Vem ger dig rätt att gå in i mig?

0042 00:05:33:24 00:05:40:01
I dina muskler hittar jag celler
och i dem finns det en kärna.

0043 00:05:40:03 00:05:42:20
-Vad innehåller den?
-Kromosomer.

0044 00:05:42:22 00:05:46:24
Och ännu lite djupare finns din DNA,
din arvs massa-

0045 00:05:47:01 00:05:51:21
-ett stort, långt molekyelhalsband
bestående av en rad mindre molekyler.

0046 00:05:51:23 00:05:54:18
-Det är DNA-basen.
-Jag vet vad DNA är!

0047 00:05:54:20 00:05:57:10
Och vad består de av? Jo, atomer.

0048 00:05:57:12 00:06:01:22
En sammansättning av atomer
- kol, väte, syre, kväve.

0049 00:06:01:24 00:06:04:03
Samma sak gäller proteiner:

0050 00:06:04:05 00:06:07:15
En blandning aminosyror
som består av atomer.

0051 00:06:07:17 00:06:09:22
Ut med dig nu!

0052 00:06:09:24 00:06:13:13
Vet du förresten vilka atomer
ditt skelett består av?

0053 00:06:13:15 00:06:16:15
Öh... Benatomer?

0054 00:06:16:17 00:06:21:06
Kalciumatomer.
En av alla atomer som utgör din kropp.

0055 00:06:21:08 00:06:25:00
Det finns ingenting annat -
du består enbart av atomer.

0056 00:06:25:02 00:06:28:21
Men det är ju skillnad
mellan stolen och mig.

0057 00:06:28:23 00:06:32:06
Vad säger mitt atomsamvete om det?

0058 00:06:32:08 00:06:36:00
Att den grundläggande skillnaden
är själva sammansättningen.

0059 00:06:36:02 00:06:38:21
Håll i dig - nu blir det åka av!

0060 00:06:49:02 00:06:53:18
Det är som återvinning,
men i stor skala.

0061 00:06:53:20 00:06:56:19
En ny sammansättning atomer
med andra molekyler.

0062 00:07:01:10 00:07:05:13
Med en del av dina atomer
kan man tillverka mycket...

0063 00:07:05:15 00:07:09:10
...bland annat kaffekokaren
som du nämnde förut.

0064 00:07:09:12 00:07:15:09
"Jag tänker, alltså är jag."
Vi människor är rika på annat.

0065 00:07:15:11 00:07:18:13
Du tänker atomer,
alltså är du atomer.

0066 00:07:18:15 00:07:21:09
Det har jag aldrig läst.

0067 00:07:21:11 00:07:24:24
Skynda dig!
Du ska få lyssna på antika texter.

0068 00:07:25:01 00:07:29:13
Redan för 2 300 år sen
talade Epikuros om atomer.

0069 00:07:29:15 00:07:32:04
Sätt dig i ett hörn och var tyst!

0070 00:07:32:06 00:07:37:21
Epikuros teori om naturen
är atomistisk.

0071 00:07:37:23 00:07:44:10
Denna teori skrevs ner
och spreds av en poet-

0072 00:07:44:12 00:07:49:22
-i antikens Rom några sekler senare.

0073 00:07:49:24 00:07:52:23
Han hette Lucretius.

0074 00:07:53:00 00:07:58:02
Han skrev:
"Det är samma atomer överallt."

0075 00:07:58:04 00:08:02:23
"De som bildar himmel, hav"-

0076 00:08:03:00 00:08:06:19
-"jord, floder och solen"-

0077 00:08:06:21 00:08:12:02
-"bildar även grödor, träd
och levande väsen."

0078 00:08:12:04 00:08:18:10
"Blandningen, i vilken ordning de sätts
ihop och rörelsen skiljer dem åt."

0079 00:08:18:12 00:08:22:19
"Utgångspunkten", skriver Lucretius-

0080 00:08:22:21 00:08:29:03
-"är att gudarna inte kan
skapa någonting av ingenting."

0081 00:08:29:05 00:08:35:15
Vad säger er det jag läste?
Vad ställs atomer mot?

0082 00:08:35:17 00:08:42:16
-Religionen?
-Mot religiös tro. Mot gudarna.

0083 00:08:42:18 00:08:49:16
Det är ett försök till en förklaring
för att kunna avfärda gudarna-

0084 00:08:49:18 00:08:55:24
-och klara sig utan dem.
Det kvittar om de finns eller inte.

0085 00:08:56:01 00:09:01:01
Man förnimmer lidande.

0086 00:09:01:03 00:09:06:15
Gudlösa människors lidande.

0087 00:09:06:17 00:09:09:10
De oliktankande.

0088 00:09:09:12 00:09:14:01
Och under de perioder-

0089 00:09:14:03 00:09:18:21
-då kyrkan styrde naturläran-

0090 00:09:18:23 00:09:21:08
-var atomister illa sedda.

0091 00:09:27:03 00:09:31:02
Atomens historia
är ungefär 2 500 år gammal-

0092 00:09:31:04 00:09:35:13
-från Demokritos på 400-talet f.Kr-

0093 00:09:35:15 00:09:40:14
-till dagens nanoteknik
där man kan se och hantera atomer.

0094 00:09:40:16 00:09:45:03
Under dess långa historia
har en period utmärkt sig-

0095 00:09:45:05 00:09:48:16
-nämligen den som rör
atomernas mångsidighet.

0096 00:09:48:18 00:09:54:20
Man delade in de kemiska grundämnena
efter antal atomer-

0097 00:09:54:22 00:10:01:12
-och det resulterade i Mendelejevs
periodiska system 1869.

0098 00:10:03:14 00:10:09:17
Mendelejev ställde upp alla ämnen man
kände till efter stigande atomnummer-

0099 00:10:09:19 00:10:13:22
-och klassificerade dem.

0100 00:10:13:24 00:10:21:08
Han såg då att atomnumren hade
en aritmetisk följd-

0101 00:10:21:10 00:10:23:16
-från lättast till tyngst-

0102 00:10:23:18 00:10:27:17
-och att förhållandena
nästan var identiska.

0103 00:10:27:19 00:10:33:00
Där det inte stämde förstod han
att det saknades ett ämne.

0104 00:10:33:02 00:10:38:24
Mellan de tyngsta grundämnena,
som torium och uran-

0105 00:10:39:01 00:10:45:00
-lämnade han en tom ruta
och ännu fler tomma rutor efter uran.

0106 00:10:45:02 00:10:50:07
Det nya var
att han inkluderade alla grundämnen-

0107 00:10:50:09 00:10:53:13
-inte bara de kända,
utan även de som fanns att upptäcka.

0108 00:10:53:15 00:11:00:11
Det finns de
som försöker göra nya indelningar-

0109 00:11:00:13 00:11:04:19
-men i alla kemilaboratorier
finns det vanliga periodiska systemet.

0110 00:11:04:21 00:11:12:01
Det är det här som sitter uppsatt
och är kemins stadgar-

0111 00:11:12:03 00:11:16:01
-och finns över hela världen.

0112 00:11:16:03 00:11:21:15
Det är universellt,
ett slags alfabet över grundämnena.

0113 00:11:21:17 00:11:25:16
Blev det som Mendelejev förutspådde?

0114 00:11:25:18 00:11:29:17
Ingen ifrågasätter längre
att världen är uppbyggd av atomer.

0115 00:11:29:19 00:11:33:05
Man kallar det "Mandelejevs schema".

0116 00:11:33:07 00:11:35:09
Hur många atomer finns det?

0117 00:11:35:11 00:11:40:06
Ett hundratal,
varav 92 finns naturligt på jorden.

0118 00:11:40:08 00:11:44:05
Små och stora, ovanliga och vanliga,
aktiva och lugna.

0119 00:11:44:07 00:11:48:06
-Och alla finns inom mig?
-Nej, men många av dem.

0120 00:11:52:21 00:11:57:03
-Den här?
-Si står för kisel.

0121 00:11:57:05 00:12:00:03
Det finns i glasflaskor.

0122 00:12:00:05 00:12:03:19
-Men inte i mig.
-Jo.

0123 00:12:03:21 00:12:08:05
Det är en väsentlig beståndsdel
i din hud och dina artärer.

0124 00:12:10:02 00:12:14:16
Järn känner jag väl till.
Det finns i min kaffekokare.

0125 00:12:14:18 00:12:17:16
Och i ditt blods hemoglobin.

0126 00:12:17:18 00:12:20:11
Det är därför som jag har en järnfysik.

0127 00:12:22:17 00:12:25:06
Vänta, säg ingenting.

0128 00:12:25:08 00:12:30:17
C är kol. Det kan man göra allt med.

0129 00:12:34:12 00:12:36:22
Jag visste väl att jag är exceptionell.

0130 00:12:36:24 00:12:43:02
Hos dig är det inte diamanter,
utan ditt kolesterol.

0131 00:12:43:04 00:12:48:23
Fr! Det älskar jag.
Det har jag väl i mig?

0132 00:12:49:00 00:12:53:01
Nej, det är väldigt ovanligt.
Det är francium.

0133 00:12:53:03 00:12:59:18
Det finns bara några gram
innanför jordskorpan.

0134 00:12:59:20 00:13:04:11
-Hur många av de här består jag av?
-Ett tjugotal.

0135 00:13:04:13 00:13:11:18
Kväve, väte, syre, kalium, mangan...
Om jag skulle förklara dig...

0136 00:13:11:20 00:13:16:23
Då säger du att jag är en man i
40-årsåldern med ljust hår, blå ögon-

0137 00:13:17:00 00:13:20:12
-livfull och intelligent.

0138 00:13:20:14 00:13:25:12
Nej, jag skulle förklara dig
mer på det här sättet:

0139 00:13:25:14 00:13:32:02
H15750, N310, O6500, C2250-

0140 00:13:32:04 00:13:36:19
-Ca65, P48, K13, S15,
Na10, Cl6, Mg3, Fe1...

0141 00:13:36:21 00:13:41:19

En människa kan inte reduceras till en kemisk formel.

0142 00:13:41:21 00:13:44:20

Du vet ingenting om människan.

0143 00:13:47:03 00:13:50:10

Mina tårar, är det atomer?

0144 00:13:50:12 00:13:54:15

Mina tårar är känslor, förstår du.

0145 00:13:54:17 00:13:58:21

Tårar är vatten och består av syre- och väteatomer.

0146 00:13:58:23 00:14:02:07

Dessutom innehåller det salt, det vill säga klor och sodium.

0147 00:14:02:09 00:14:05:14

Men det är skillnad mellan atomerna och mig.

0148 00:14:07:15 00:14:10:00

Nej. Titta.

0149 00:14:10:02 00:14:14:15

Om vi analyserar din mjölkflaska hittar vi kol och väte.

0150 00:14:16:24 00:14:21:18

Vad kan man göra om man sätter ihop dem på ett annat sätt?

0151 00:14:21:20 00:14:25:21

En jacka. Och kaffekokaren är ännu enklare, inte sant?

0152 00:14:30:02 00:14:33:15

-Ser du?

-Återvinning är ju riktigt kul.

0153 00:14:33:17 00:14:38:08

Det är samma sak med guldfisken, men det tar längre tid.

0154 00:14:38:10 00:14:43:09

Den består av kol, väte och fosfat och återvinns också.

0155 00:14:43:11 00:14:48:03

Både organismer och icke levande väsen återvinns.

0156 00:14:48:05 00:14:52:20

Har jag inte en enda atom som särskiljer mig?

0157 00:14:55:10 00:14:59:24

En atom som bara du har? Glöm det!

0158 00:15:00:01 00:15:04:03

Vi återskapar jorden varje dag med de 92 grundämnena.

0159 00:15:04:05 00:15:07:09

Följ med mig!

0160 00:15:07:11 00:15:10:12

Hitåt!

0161 00:15:10:14 00:15:14:15

Kan jag inte få tillbaka mitt vanliga huvud?

0162 00:15:21:13 00:15:24:03

Den här vägen.

0163 00:15:29:05 00:15:31:24

-1 miljard år.

0164 00:15:35:24 00:15:38:16

-2 miljarder år.

0165 00:15:38:18 00:15:44:15

Organismernas återvinning började så fort de uppstod på jorden-

0166 00:15:44:17 00:15:48:11

-långt innan

man kom på att återvinna plastflaskor.

0167 00:15:48:13 00:15:51:11

Så föreställde jag mig inte en tidsvandrig.

0168 00:15:51:13 00:15:56:08

-3,5 miljarder år.

0169 00:15:56:10 00:15:59:02

Framme!

0170 00:16:10:24 00:16:14:00
Vad är det här?

0171 00:16:14:02 00:16:18:16
Vi befinner oss under en tid då det
bara fanns bakterier på jorden.

0172 00:16:18:18 00:16:22:21
De visste redan då hur man återvinner.

0173 00:16:22:23 00:16:26:24
Dess nutida kusiner
kan vittna om det.

0174 00:16:27:01 00:16:29:23
Var finns de?

0175 00:16:42:21 00:16:45:09
Ser du de vita klipporna?

0176 00:16:45:11 00:16:51:22
De skapas av bakterier,
kusiner till jordens första invånare.

0177 00:16:53:00 00:16:57:14
Än i dag
sysslar de enbart med återvinning.

0178 00:17:02:02 00:17:04:03
Titta så vacker!

0179 00:17:04:05 00:17:09:02
Det som ligger i skugga blir grönt.

0180 00:17:09:04 00:17:12:22
Jag lägger den här i.
Den är även ihålig här.

0181 00:17:14:13 00:17:18:16
Den där är mycket mörkare på ytan.
Ser du?

0182 00:17:20:16 00:17:25:14
Vi är vid Alchichicasjön,
som ligger i botten av en krater.

0183 00:17:25:16 00:17:28:11
Vi tar prover på stromatoliter-

0184 00:17:28:13 00:17:32:10
-klippor skapade av mikroorganismer.

0185 00:17:32:12 00:17:36:22
Komplexa mikrobiella kolonier
avsöndrar mineraler-

0186 00:17:36:24 00:17:40:05
-och skapar klipporna vi ser här.

0187 00:18:13:10 00:18:17:21
Foto! Kan du ta ett foto?

0188 00:18:17:23 00:18:21:24
-Vad säger du?
-Helt svart.

0189 00:18:25:07 00:18:28:03
Först undersöker vi vilka
mineraler den består av.

0190 00:18:28:05 00:18:32:16
Sen ser vi om det finns mikroorganismer
som bryter ner mineralerna-

0191 00:18:32:18 00:18:35:17
-och skapar formen.

0192 00:18:37:08 00:18:42:17
Det finns bakterier som förvandlar
mineraler till andra mineraler-

0193 00:18:42:19 00:18:45:22
-genom nedbrytning.

0194 00:18:45:24 00:18:51:22
Det visar hur bakterier
kan förändra mineraler.

0195 00:19:06:09 00:19:11:12
Vi extraherar bakteriernas
och mikroorganismernas DNA-

0196 00:19:11:14 00:19:14:19
-och analyserar markörgenens sekvens-

0197 00:19:14:21 00:19:19:14
-som på sätt och vis är
mikroorganismernas ID-kort.

0198 00:19:21:17 00:19:28:10
Tack vare molekyläranalyser vet vi att
det finns många olika slags bakterier.

0199 00:19:31:15 00:19:34:10

Det finns
hundratals olika sorters bakterier.

0200 00:19:35:23 00:19:42:05

De överensstämmer
med precisa funktionella grupper.

0201 00:19:44:11 00:19:48:08

Det ser man här,
där man ser olika färglager.

0202 00:19:48:10 00:19:53:09

Längst ut finns mikroorganismer
som fäster kolet i CO₂-

0203 00:19:53:11 00:19:55:21

-med hjälp av fotosyntesen.

0204 00:19:58:04 00:20:05:02

Därefter har vi lager
som överensstämmer med åren före-

0205 00:20:05:04 00:20:09:19

-och som kolonieras av bakterier
som konsumerar organiska produkter-

0206 00:20:09:21 00:20:13:14

-organisk materia
som fixeras av fotosyntesbakterierna.

0207 00:20:15:12 00:20:18:12

Bakterierna visar
att det finns ett metaboliskt utbyte.

0208 00:20:22:08 00:20:26:24

Det som jag inte konsumerar
tar min granne.

0209 00:20:27:01 00:20:32:23

Det här utbytet är en ständig
återvinning av organiskt materia.

0210 00:20:33:00 00:20:36:16

Det är det bakterierna har gjort-

0211 00:20:36:18 00:20:40:18

-ända sen liv uppstod på vår planet
för över 3,5 miljarder år sen.

0212 00:20:40:20 00:20:44:13

Det är de som håller planeten vid liv.

0213 00:20:47:07 00:20:52:03

Min familj är fantastisk!
Det är bara den som kan göra så.

0214 00:20:52:05 00:20:57:16

Glöm inte din kusin som glimmar där.

0215 00:20:57:18 00:21:00:22

Livet är unikt.

0216 00:21:00:24 00:21:05:07

Det var ju det jag sa - vi lever!

0217 00:21:13:21 00:21:18:09

Om jag lämnar mina stövlar i ett rum
och släcker ljuset-

0218 00:21:18:11 00:21:22:13

-har jag inte bebisstövlar
efter nio månader.

0219 00:21:22:15 00:21:28:09

Nej. Förmåga att reproducera sig
är ett av tre kriterier för organismer.

0220 00:21:28:11 00:21:33:21

Den för vidare karaktärsdrag
generation efter generation.

0221 00:21:33:23 00:21:37:23

Riktigt så enkelt är det inte.

0222 00:21:38:00 00:21:41:02

Det andra kriteriet är höljet.

0223 00:21:41:04 00:21:45:02

Du har hud, bakterien membran.

0224 00:21:45:04 00:21:48:08

Inuti finns proteiner, DNA...

0225 00:21:48:10 00:21:51:01

Det är väldigt vackert.

0226 00:21:51:03 00:21:54:09

Tredje kriteriet är
en egen produktion-

0227 00:21:54:11 00:21:58:10

-av molekyler och energi
för att få allt att fungera.

0228 00:21:58:12 00:22:02:22

Så om ett av de tre kriterierna saknas
är det ingen organism?

0229 00:22:02:24 00:22:05:12

Precis.

0230 00:22:05:14 00:22:09:15

Då är inte du en organism. Eller?

0231 00:22:09:17 00:22:14:17

Det finns lika många definitioner av
organismer som det finns forskare.

0232 00:22:14:19 00:22:17:07

Men alla är överens om-

0233 00:22:17:09 00:22:21:11

-att både organismer och icke levande
väsen lyder under fysikens lagar.

0234 00:22:21:13 00:22:25:22

Du och kaffekokaren
delar samma kemiska grundämnen-

0235 00:22:25:24 00:22:30:02

-men det som urskiljer organismer
är evolutionsläran.

0236 00:22:30:04 00:22:32:09

Då hade jag rätt.

0237 00:22:32:11 00:22:37:24

Allt består av atomer,
men på olika sätt.

0238 00:22:38:01 00:22:40:00

Ja, men det finns en klar gräns.

0239 00:22:40:02 00:22:42:08

Akta glaset!

0240 00:22:45:05 00:22:47:13

Gör dig så liten du kan och titta.

0241 00:22:47:15 00:22:52:04

Här framställer man organismer
med icke levande molekyler.

0242 00:22:56:12 00:22:59:18

Cellen är organismens byggsten.

0243 00:22:59:20 00:23:03:10

I dess enklaste form är den
ett hölje bestående av lipider.

0244 00:23:03:12 00:23:10:22

Innanför finns genetiskt material,
antingen DNA eller RNA.

0245 00:23:13:15 00:23:17:09

RNA har fyra baser.

0246 00:23:17:11 00:23:23:23

Här finns även andra makromolekyler,
som proteiner bestående av aminosyror.

0247 00:23:24:00 00:23:28:16

Vi försöker se om vi på kemisk väg-

0248 00:23:28:18 00:23:33:15

-kan återskapa det som hände
under jordens första timme-

0249 00:23:33:17 00:23:36:24

-och sen skapa
de första levande cellerna.

0250 00:23:37:01 00:23:39:16

Det påminner om matlagning.

0251 00:23:39:18 00:23:44:01

Vi blandar olika ingredienser
och ser om de passar ihop.

0252 00:23:45:07 00:23:48:05

Här är en av RNA:s molekyler.

0253 00:23:48:07 00:23:52:23

Man ser att den består av
två delar som har sammanfogats.

0254 00:23:53:00 00:23:59:13

Man har försökt skapa de olika delarna
och sammanfoga dem, utan framgång.

0255 00:23:59:15 00:24:03:23
Men om man tar två ännu mindre delar-

0256 00:24:04:00 00:24:09:04
-och först gör så här och sen så här,
då går det.

0257 00:24:09:06 00:24:12:22
De två delarna är glykolaldehyd-

0258 00:24:12:24 00:24:18:00
-ett enkelt socker bestående av två
kol-, två syre- och fyra väteatomer-

0259 00:24:18:02 00:24:24:05
-och cyanamid, som är en kol-,
två kväve- och två väteatomer.

0260 00:24:26:08 00:24:31:07
I flaskan håller jag reagens
som ersätter de naturliga grundämnena.

0261 00:24:32:22 00:24:35:14
Först den ena...

0262 00:24:35:16 00:24:37:12
...sen den andra.

0263 00:24:37:14 00:24:41:12
De här två ämnena fanns
när jorden skapades.

0264 00:24:41:14 00:24:46:07
Vi har i vatten
för att simulera regn.

0265 00:24:49:03 00:24:53:06
Nu har vi en damm
där kemikalierna blir upplösta.

0266 00:24:55:12 00:24:59:12
Vi blandar allt och värmer blandningen
tills det sker en reaktion.

0267 00:25:02:08 00:25:06:12
Det är lite som en damm
som värms upp under en varm dag.

0268 00:25:12:17 00:25:18:21
Blandningen bildar
den första länken mellan molekylerna.

0269 00:25:18:23 00:25:21:22
Då sitter de så här.

0270 00:25:21:24 00:25:27:16
För att skapa vinden
som får blandningen att avdunsta-

0271 00:25:27:18 00:25:30:21
-sätter vi flaskan
vid en avdunstningsapparat.

0272 00:25:30:23 00:25:33:21
Vi sätter igång den...

0273 00:25:33:23 00:25:37:07
...låter den rotera...

0274 00:25:37:09 00:25:41:12
...och sänker ner den
i en värmande lösning.

0275 00:25:44:05 00:25:46:02
Lite till...

0276 00:25:49:03 00:25:53:21
Nu har allt avdunstat
och det som är kvar är en syn för ögat.

0277 00:25:53:23 00:25:58:04
Nu består det av lite C,
RNA:s minsta molekyl.

0278 00:26:00:01 00:26:04:20
Nu ska vi återskapa
regn och sen skinande sol.

0279 00:26:04:22 00:26:09:17
I början fanns inte ozonlagret,
så ljuset var ultraviolet.

0280 00:26:09:19 00:26:14:13
Ultraviolet ljus förstör vissa
orenheter i den här syntesen-

0281 00:26:14:15 00:26:20:05
-och gör lite av C till U,
en annan av RNA:s komponenter.

0282 00:26:21:15 00:26:25:00
Vi tänder ljuset
och låter det belysa det hela dagen.

0283 00:26:48:00 00:26:50:13

Här har vi vårt spektrum.

0284 00:26:50:15 00:26:54:04

Vi förstorar det för att se bättre.

0285 00:26:55:16 00:27:01:17

Med hjälp av staplarnas placering ser jag att det är en C- och U-blandning.

0286 00:27:01:19 00:27:05:09

Vi vill nu även skapa A och G.

0287 00:27:05:11 00:27:09:07

Men om vi ska återskapa allt som behövs för att skapa en cell-

0288 00:27:09:09 00:27:13:24

-måste vi även skapa aminosyror och lipider.

0289 00:27:14:01 00:27:19:06

Men det räcker inte med det, för när man har skapat de byggstenar som krävs-

0290 00:27:19:08 00:27:22:07

-måste de sammanfogas till en större molekyll.

0291 00:27:22:09 00:27:26:20

Vi tror att det kräver uttorkning och uppvärmning följt av rehydrering-

0292 00:27:26:22 00:27:31:19

-som upprepas flera gånger. Lite som en återvinning.

0293 00:27:31:21 00:27:35:21

Om de här reaktionerna uppstår på olika platser-

0294 00:27:35:23 00:27:40:07

-och de går igenom cyklerna som jag nämnde-

0295 00:27:40:09 00:27:45:06

-och att systemet rehydreras och de olika dammarna blandas-

0296 00:27:45:08 00:27:50:07

-då skapas rätt miljö för att skapa ett lipidhölje-

0297 00:27:50:09 00:27:54:12

-runt genetiska molekyler och proteiner.

0298 00:27:54:14 00:27:57:11

Så uppstod livet på jorden.

0299 00:27:57:13 00:28:04:04

Jag är bara en hög med atomer. Ibland inert, ibland levande.

0300 00:28:04:06 00:28:06:17

Tur att atomer inte har ditt själstillstånd.

0301 00:28:06:19 00:28:09:13

Varifrån kommer atomerna? Är de ett själstillstånd?

0302 00:28:09:15 00:28:11:23

Följ med mig under jord.

0303 00:28:20:00 00:28:23:20

Är du säker på att det här är ofarligt?

0304 00:28:23:22 00:28:28:10

Ja. Ovanför dig har du jordskorpan.

0305 00:28:29:14 00:28:34:07

Och nedanför dig, långt ner, finns manteln.

0306 00:28:36:01 00:28:39:04

Mellan dem finns alla sorters atomer.

0307 00:28:39:06 00:28:42:22

Jorden är en enda stor återvinningsfabrik.

0308 00:28:42:24 00:28:50:05

Här återvinns och återbördas till ytan miljarder, miljarder, miljarder-

0309 00:28:50:07 00:28:55:04

-miljarder, miljarder, miljarder...

0310 00:28:56:18 00:29:01:15

-Som jag använder när jag vill? -Hela tiden, utan att märka det.

0311 00:29:02:18 00:29:05:19

När jag äter och andas?

0312 00:29:05:21 00:29:08:17

Du fyller på ditt atomlager-

0313 00:29:08:19 00:29:13:09

-som du behöver för att göra nya celler
som ersätter de gamla som har dött.

0314 00:29:18:03 00:29:21:02

Så atomerna som jag består av
förnyas hela tiden?

0315 00:29:21:04 00:29:24:00

Det finns ovanliga
och fantastiska undantag.

0316 00:29:24:02 00:29:28:07

Vissa atomer har funnits
ända sen du föddes.

0317 00:29:28:09 00:29:33:10

Jag ska visa dig. Du kommer att känna
dig mycket mindre speciell efteråt.

0318 00:29:33:12 00:29:36:21

Det var en gång en kolatom.

0319 00:29:36:23 00:29:40:12

Den som sitter längst ut
på dina hårstrån på armarna.

0320 00:29:40:14 00:29:45:15

Innan den hamnade där
fanns den i din kropp.

0321 00:29:45:17 00:29:50:11

Den fanns i din mammas kropp
när du blev till.

0322 00:29:50:13 00:29:55:11

Din mor svalde en koldioxidmolekyl-

0323 00:29:55:13 00:29:58:01

-under en bergspromenad.

0324 00:29:58:03 00:30:04:00

Molekylen hade funnits
i vår atmosfär i 2 000 år-

0325 00:30:04:02 00:30:10:20

-ända sen Vesuvius hemska utbrott
den 24 augusti år 79.

0326 00:30:10:22 00:30:17:17

Innan dess hade kolatomen legat i
blöt i hundratusentals år i magman.

0327 00:30:17:19 00:30:22:14

Där hamnade den
efter en resa på flera miljoner år-

0328 00:30:22:16 00:30:24:14

-ända sen jorden skapades.

0329 00:30:24:16 00:30:30:18

Den kom från en ruttande jätteödlå,
som i sin tur hade svalt alger-

0330 00:30:30:20 00:30:34:01

-som hade funnits i dygt vatten...

0331 00:30:34:03 00:30:38:00

Sluta! Jag härstammar inte
från en ruttande jätteödlå!

0332 00:30:38:02 00:30:42:11

Ända sen den dagen
har kolatomen varit den samma.

0333 00:30:42:13 00:30:45:17

Den har inte förändrats ett dugg.

0334 00:30:45:19 00:30:50:10

Samma atomer återanvänds konstant-

0335 00:30:50:12 00:30:53:12

-och samma sak gäller de 92 grundämnen-

0336 00:30:53:14 00:30:55:21

-som finns naturligt på jorden.

0337 00:30:55:23 00:30:58:11

Men säg mig en sak:

0338 00:30:58:13 00:31:03:11

Om nu jorden inte producerar något,
utan bara återanvänder-

0339 00:31:03:13 00:31:07:16

-varifrån kommer då atomerna?

0340 00:31:07:18 00:31:11:08

De som utgör min kaffekokare
och mig själv...

0341 00:31:11:10 00:31:14:02
-Varifrån kommer de?
-Rymden.

0342 00:31:14:04 00:31:20:09
De 6 miljarders miljarder
miljarder atomer på jorden-

0343 00:31:20:11 00:31:25:19
-kommer från rymden
och de fortsätter att komma...

0344 00:31:25:21 00:31:28:19
...med meteorexpress.

0345 00:31:50:01 00:31:53:20
Varje år faller 20-30 miljoner ton
rymdstoft ner på jorden.

0346 00:31:53:22 00:31:56:08
Det landar över hela jorden-

0347 00:31:56:10 00:32:00:20
-men det är bara här på Antarktis
som det inte blir förorenat.

0348 00:32:00:22 00:32:04:01
Nu ska vi smälta snön
och sen filtrera det.

0349 00:32:21:04 00:32:24:18
Orsay
3 månader senare

0350 00:32:24:20 00:32:27:15
Då så...

0351 00:32:28:21 00:32:32:24
Vi har gjort en smältning
och två filtreringar.

0352 00:32:33:01 00:32:37:00
Ja. Vi började med att smälta snön.

0353 00:32:39:16 00:32:43:17
Men då så, då kör vi.

0354 00:32:43:19 00:32:47:15
Det var längesen vi såg det.

0355 00:32:47:17 00:32:52:11
-Vi avslutar väl under fläkten?
-Ja. Jag ska bara ta av det här.

0356 00:32:52:13 00:32:59:19
Rymdstoftet som hamnar på jorden
är resterna av stjärnfall.

0357 00:32:59:21 00:33:05:10
Stjärnfall består av många små
objekt, några millimeter stora bara-

0358 00:33:05:12 00:33:09:06
-men det som faller ner
är mindre än så.

0359 00:33:09:08 00:33:12:17
Vi börjar med
att titta på det i mikroskop.

0360 00:33:12:19 00:33:18:07
Det vi söker är stoft som bär spår av
inträdandet i atmosfären.

0361 00:33:18:09 00:33:24:20
Det kan vara svart
och en del har smält vid inträdandet.

0362 00:33:36:08 00:33:40:05
Vänta lite. Det är inte så rent.

0363 00:33:43:13 00:33:45:19
Så där, ja.

0364 00:33:47:12 00:33:51:07
Det innehåller rätt mycket
föreningar, men...

0365 00:33:51:09 00:33:56:23
...här finns några rymdkorn.
Ett syns väldigt bra.

0366 00:33:57:00 00:34:00:22
Det är en partikel
som har smält vid inträdandet.

0367 00:34:00:24 00:34:05:05
Det kallas för kosmiskt stoft,
är runt och glittrar.

0368 00:34:05:07 00:34:08:01
Den har en otrolig form.

0369 00:34:09:13 00:34:14:21
Ena sidan är rund
medan den andra är som om den aldrig...

0370 00:34:15:24 00:34:19:07
Det är som två stora mineraler.

0371 00:34:19:09 00:34:26:04
-Vad stort det är!
-Ja. Och det har två "horn".

0372 00:34:27:24 00:34:31:11
Det är något vi inte ser så ofta-

0373 00:34:31:13 00:34:37:05
-så vi ska ta ut och lägga det
på en liten platta av aluminium-

0374 00:34:37:07 00:34:40:13
-och granska det i elektronmikroskop.

0375 00:34:47:00 00:34:52:21
Bland alla korn som vi har samlat ihop
är vissa mer intressanta än andra.

0376 00:34:53:24 00:34:57:06
Vi ska titta på
ett fragment av en mikrometeorit.

0377 00:34:57:08 00:35:00:04
Det här är ungefär en millimeter.

0378 00:35:01:18 00:35:08:10
Kornen ligger på rad.
Zooma in på det där.

0379 00:35:10:05 00:35:13:23
Det är den här sortens korn
som är intressant.

0380 00:35:14:00 00:35:17:16
Det har nästan inte smält
vid inträdandet.

0381 00:35:17:18 00:35:23:18
Det är oregelbundet och
består av flera korn som sitter ihop.

0382 00:35:23:20 00:35:29:14
Det är mineralkorn
som sitter ihop i ett slags form-

0383 00:35:29:16 00:35:37:04
-bestående av
primitivt organiskt kolmaterial.

0384 00:35:37:06 00:35:40:07
Det kan komma från en komet.

0385 00:35:40:09 00:35:44:02
De objekt som har färdats längst-

0386 00:35:44:04 00:35:49:03
-är nedfrysta.

0387 00:35:49:05 00:35:55:07
Det är de som är grunden
till resten av himlakropparna.

0388 00:35:56:20 00:36:00:04
Här ser vi då kornet som vi ska avsöka-

0389 00:36:00:06 00:36:07:02
-för att se vad det består av.
Det gör vi med röntgenstrålar.

0390 00:36:07:04 00:36:10:13
Nu ska vi kunna få fram
vad kornet består av.

0391 00:36:10:15 00:36:16:15
Det består främst av
magnesium, kisel och järn.

0392 00:36:16:17 00:36:18:18
Det är stapeln här.

0393 00:36:18:20 00:36:22:15
När man ser ett sånt här spektra
över ett sånt här objekt-

0394 00:36:22:17 00:36:26:16
-kan man nästan vara säker på
att det är från rymden.

0395 00:36:26:18 00:36:34:04
Jorden består av rymdmaterial-

0396 00:36:34:06 00:36:37:18
-för det fanns innan jorden fanns.

0397 00:36:37:20 00:36:41:21
Det vi vill veta
när vi undersöker stoftet-

0398 00:36:41:23 00:36:47:14
-är med vilket material
planeten skapades.

0399 00:37:03:00 00:37:08:10
För över 3,9 miljarder år sen
drabbades jorden av meteoritregn-

0400 00:37:08:12 00:37:12:08
-som varade i tiotals miljoner år.

0401 00:37:12:10 00:37:16:13
Fel väder för en kosmonaut.

0402 00:37:23:23 00:37:27:22
En stor del av jordens atomer kom hit
med de här meteoriterna.

0403 00:37:27:24 00:37:31:09
De var samlade i dess molekyler-

0404 00:37:31:11 00:37:33:21
-bland annat vattenmolekyler.

0405 00:37:35:16 00:37:38:06
Det vill säga väte och syre.

0406 00:37:38:08 00:37:43:00
Men de flesta av dagens atomer
kom från någon annanstans.

0407 00:37:43:02 00:37:46:08
Vi ska hitåt. Kom!

0408 00:37:52:13 00:37:55:18
-5 miljarder år.

0409 00:38:13:14 00:38:21:04
Alla jordens organismers
och icke levande väsens atomer-

0410 00:38:21:06 00:38:25:22
-flöt runt i rymden på den här tiden.

0411 00:38:27:10 00:38:30:03
Var är jorden?

0412 00:38:30:05 00:38:33:18
Framför dig. Där!

0413 00:38:35:00 00:38:37:11
I form av rymdstoft.

0414 00:38:43:02 00:38:45:14
Här är jorden.

0415 00:38:45:16 00:38:48:22
Den har funnits i 4,4 miljarder år.

0416 00:38:48:24 00:38:54:18
Innan dess kokade den
i några hundratals miljoner år.

0417 00:38:54:20 00:38:57:07
Och innan den blev en planet?

0418 00:38:57:09 00:39:01:16
En myriad av himlakroppar med
några kilometer långa diameter.

0419 00:39:02:15 00:39:05:11
Planetesimal kallas de för.

0420 00:39:05:13 00:39:08:07
Tyngdkraften
hade ännu inte sammanfört dem.

0421 00:39:08:09 00:39:14:22
Innan de blev så stora
var de småpartiklar de med.

0422 00:39:14:24 00:39:17:18
Planetesimalembryon.

0423 00:39:17:20 00:39:20:24
Tyngdkraften
hade inte satt ihop dem än.

0424 00:39:21:01 00:39:25:19
Och innan dess
var de bara stjärnstoft-

0425 00:39:25:21 00:39:30:05
-som i sin tur var
en samling molekyler-

0426 00:39:30:07 00:39:32:22
-molekyler bestående av atomer-

0427 00:39:32:24 00:39:37:04
-atomer som finns i allt
som existerar på jorden.

0428 00:39:38:22 00:39:43:03
Det interstellära mediet är verkligen
inte tomt, utan tvärtom fullt.

0429 00:39:45:00 00:39:50:07
Både universum och du
består av det här stoftet.

0430 00:39:50:09 00:39:57:00
Jag består av återvunnet rymdstoft.

0431 00:39:57:02 00:39:59:15
Vilken tanke!

0432 00:39:59:17 00:40:04:18
Men atomerna som rymdstoftet består av,
varifrån kommer de?

0433 00:40:04:20 00:40:07:12
Ser du det vita ljuset bakom dig?

0434 00:40:07:14 00:40:10:17
Stjärnan där
som lyser starkare än de andra?

0435 00:40:10:19 00:40:15:21
Det är en supernova,
en exploderande stjärna.

0436 00:40:15:23 00:40:21:18
Vad har den med mina atomer att göra?
Var passar jag in i allt det?

0437 00:40:21:20 00:40:23:22
Så här...

0438 00:40:30:02 00:40:33:00
Underbart! Rena rama Broadway!

0439 00:40:35:08 00:40:38:16
En del av dina atomer
kommer från den här supernovan.

0440 00:40:38:18 00:40:42:22
När en supernova exploderar
utstrålar den så mycket kraft-

0441 00:40:42:24 00:40:48:05
-värme och energi
att den formar tunga atomer-

0442 00:40:48:07 00:40:51:07
-som guld och uran,
på bara några sekunder.

0443 00:40:51:09 00:40:53:11
En högeffektiv atomfabrik!

0444 00:40:58:15 00:41:01:04
Är supernovafesten redan slut?

0445 00:41:01:06 00:41:04:19
Du hade tur - de är väldigt ovanliga.

0446 00:41:06:02 00:41:11:10
Men vänta nu, om det bara var
några atomer som skapades av den-

0447 00:41:11:12 00:41:14:11
-var och hur skapades då de andra?

0448 00:41:14:13 00:41:19:05
Kom! Vi måste ännu längre bak i tiden
för att se det.

0449 00:41:21:08 00:41:24:11
-12 miljarder år.

0450 00:41:24:13 00:41:29:07
-Nå? Varifrån kommer de?
-Från en lök.

0451 00:41:29:09 00:41:33:16
-Och jag är en potatis...
-Fånga stjärnan i stället!

0452 00:41:35:08 00:41:40:23
De flesta av dina atomer kommer från
stjärnor med ett lugnare slut.

0453 00:41:41:00 00:41:47:06
-Är det här en stjärna?
-De är uppbyggda som en lök.

0454 00:41:47:08 00:41:51:01

Det yttersta lagret består av väte och är väldigt tjockt.

0455 00:41:51:03 00:41:57:06

Därefter kommer helium, kol, syre etcetera.

0456 00:41:57:08 00:42:00:20

Och längst in en liten kula av järn.

0457 00:42:00:22 00:42:06:11

Järnkulan är
aska från förbränt kisel-

0458 00:42:06:13 00:42:09:00

-som i sin tur
är aska från förbränt syre.

0459 00:42:09:02 00:42:13:10

-En massa förbränning!
-Egentligen är det fusioner.

0460 00:42:13:12 00:42:17:19

I stjärnans mitt, mellan tyngdkraft och hög temperatur-

0461 00:42:17:21 00:42:22:11

-bildas det fusioner mellan ämnena och skapar nya och tyngre ämnen.

0462 00:42:22:13 00:42:27:15

Det är en stjärnnukleosyntes.

0463 00:42:27:17 00:42:33:05

En del stjärnor upplöser sig själva på slutet och släpper iväg atomerna.

0464 00:42:46:09 00:42:52:03

Jag är alltså en hög kolatomer som återvinner sig själva i all oändlighet.

0465 00:42:52:05 00:42:56:22

Människan är en urna vars aska berättar universums historia.

0466 00:42:56:24 00:43:02:09

Det är en vacker historia som redan har varat i 13 miljoner år.

0467 00:43:02:11 00:43:07:02

Hur känns det att veta din rätta ålder?

0468 00:43:07:04 00:43:12:19

Atomerna och jag är miljarder år gamla och lever ännu! Jag är speciell.

0469 00:43:12:21 00:43:15:11

En del av dig är ännu äldre.

0470 00:43:15:13 00:43:21:04

Dina väteatomer. Universums alla väteatomer skapades samtidigt.

0471 00:43:26:13 00:43:29:14

"Började användas för 13,8 miljarder år sen."

0472 00:43:30:15 00:43:34:04

-Varifrån kommer väteatomen?
-Följ mig!

0473 00:43:53:02 00:43:59:07

-Såg universum ut så här från början?
-Inte långt ifrån.

0474 00:43:59:09 00:44:02:07

Det ursprungliga universum.

0475 00:44:02:09 00:44:07:00

Då fanns varken galaxer, stjärnor eller planeter-

0476 00:44:07:02 00:44:12:20

-bara väteatomer. Nästan.

0477 00:44:12:22 00:44:16:19

Jag har verkligen förändrats på 13,8 miljarder år.

0478 00:44:16:21 00:44:19:00

Inte helt.

0479 00:44:19:02 00:44:23:00

Om vi räknar upp alla atomer som universum består av-

0480 00:44:23:02 00:44:27:10

-snubblar vi 9 gånger av 10 över en väteatom.

0481 00:44:33:24 00:44:37:06
I början fanns väteatomen...

0482 00:44:37:08 00:44:43:01
Nej. Kom och se vad som fanns
knappt 100 000 år tidigare.

0483 00:44:50:10 00:44:53:01
Vad fanns det innan?

0484 00:45:01:11 00:45:06:09
-Vad händer med min väteatom?
-Den var delad från början.

0485 00:45:06:11 00:45:08:20
-I två delar?
-Två partiklar.

0486 00:45:08:22 00:45:10:23
En proton och en elektron.

0487 00:45:11:00 00:45:16:16
Demokritos hade fel
om att atomerna var minst.

0488 00:45:18:02 00:45:21:21
Jag trodde att jag var en atombyggsats,
men är en partikelbyggsats.

0489 00:45:26:13 00:45:29:02
Jag är en byggsatsbyggsats.

0490 00:45:29:04 00:45:31:10
Vad söt du är!

0491 00:45:31:12 00:45:38:13
Dessutom är en del partiklar,
som protoner, ännu mindre.

0492 00:45:38:15 00:45:40:14
Är du beredd?

0493 00:45:47:04 00:45:50:22
Partiklar av partiklar.
Slutar det aldrig?

0494 00:45:50:24 00:45:55:21
Snart. Det finns inget mindre
än elementarpartiklar.

0495 00:45:55:23 00:45:59:11
Vad är jag?

0496 00:45:59:13 00:46:03:24
Mendelejevs periodiska system
innehåller 92 atomer.

0497 00:46:04:01 00:46:09:03
Det finns ett annat, mer förfinat
system: partikelsystemet.

0498 00:46:11:01 00:46:16:00
17 partiklar som sammanfattar jorden
och jag mitt ibland dem.

0499 00:46:16:02 00:46:20:05
Du är en trippel kvark
sammanfogad av gluoner.-

0500 00:46:20:07 00:46:23:08
-runt vilken elektroner roterar.

0501 00:46:23:10 00:46:27:20
Dessutom åker neutriner,
myoner och tauoner igenom dig.

0502 00:46:27:22 00:46:30:01
-Har du inte glömt något?
-Jo!

0503 00:46:30:03 00:46:34:08
Man ser dig tack vare
fotoner och ovanför dig svävar bosoner.

0504 00:46:34:10 00:46:38:19
En hög med trippla kvarker
sammanfogade av gluoner.

0505 00:46:39:19 00:46:43:11
Ja, det är dina atomers protoner.

0506 00:46:43:13 00:46:47:12
Vilka partiklar! De är fulla av energi!

0507 00:46:51:03 00:46:57:22
Här studerar man hur kvarkar och
gluoner interagerar i en proton-

0508 00:46:57:24 00:47:02:24
-med hjälp av en energistråle
skapad av en partikelaccelerator.

0509 00:47:03:01 00:47:07:14
-Jag vill inte bli accelererad!
-Lugn! Den används inte i dag.

0510 00:47:17:16 00:47:21:17
Energistrålen är väldigt hög,
200 miljarder elektronvolt.

0511 00:47:21:19 00:47:25:24
Den avsnödrar
20 miljoner partiklar i sekunden.

0512 00:47:26:01 00:47:33:16
Partiklarna träffar ett mål
bakom det här instrumentet.

0513 00:47:33:18 00:47:38:24
Målet består av väte,
en atom med bara en proton.

0514 00:47:39:01 00:47:46:09
När strålen träffar protonen
slungas partiklarna ut-

0515 00:47:46:11 00:47:49:06
-och blir avlästa av spektrometern.

0516 00:47:56:19 00:48:02:19
Det här är en del av spektrometern
- en magnet med bipolärt fält.

0517 00:48:02:21 00:48:07:16
Partiklarna som åker igenom skickas
antingen höger eller vänster-

0518 00:48:07:18 00:48:11:04
-beroende på elspänning och energi.

0519 00:48:11:06 00:48:15:12
Deras bana mäts före och efter
de svänger av.

0520 00:48:15:14 00:48:19:05
På så vis
kan vi mäta partiklarnas energi.

0521 00:48:20:09 00:48:23:01
Den här stora sisternen
består av en gas-

0522 00:48:23:03 00:48:27:02
-som mäter partiklarnas hastighet.

0523 00:48:27:04 00:48:32:14
Med hjälp av allt det här
kan vi räkna ut massan-

0524 00:48:32:16 00:48:35:16
-och identifiera alla partiklar.

0525 00:48:38:00 00:48:41:15
Det är en enorm installation
- 60 meter lång.

0526 00:48:41:17 00:48:48:06
Den här storleken krävs
för att mäta oändligt små partiklar.

0527 00:48:48:08 00:48:53:20
Vi vill ta reda på
hur protonens inre ser ut.

0528 00:48:53:22 00:48:59:08
Protonen är sammansatt av tre kvarkar-

0529 00:48:59:10 00:49:06:05
-som hålls ihop av gluoner.

0530 00:49:06:07 00:49:13:13
Vi undersöker protonens inre partiklars
disposition och dess egenskaper.

0531 00:49:38:13 00:49:44:00
Under de tio år som man har forskat
har man upptäckt fantastiska saker.

0532 00:49:45:02 00:49:49:09
Protonen kan ritas upp som en kula.

0533 00:49:49:11 00:49:55:00
Inuti finns tre elementarpartiklar,
tre kvarkar.

0534 00:49:55:02 00:50:00:22
De interagerar med varandra
med hjälp av gluoner.

0535 00:50:02:16 00:50:05:16
Protonen
har något vi kallar för "spinn"-

0536 00:50:05:18 00:50:10:05

-som innebär
att den roterar runt sig själv.

0537 00:50:10:07 00:50:16:13

Vi trodde att rotationen berodde på
en egenrotation hos kvarkarna-

0538 00:50:16:15 00:50:18:19

-byggstenarna här.

0539 00:50:18:21 00:50:23:06

Men våra mätningar, som tog många år,
visade att det inte var så.

0540 00:50:23:08 00:50:29:14

Kvarkarnas rotation förklarar bara
30 procent av protonernas rotation.

0541 00:50:29:16 00:50:34:22

De mätningar vi förbereder nu ska mäta
alla olika partiklars rörelser-

0542 00:50:34:24 00:50:40:11

-för att se hur de kan öka i antal
och bidra till protonens rotation.

0543 00:50:40:13 00:50:45:09

Försöken kan verka
överdrivet detaljrika-

0544 00:50:45:11 00:50:52:00

-men är grundläggande för att förstå
hur protonens byggstenars disposition.

0545 00:50:52:02 00:50:58:20

Och inte bara för väteprotonen,
utan alla atomers protoner.

0546 00:50:58:22 00:51:04:06

Det är väldigt fascinerande
att protonen hjälper oss med-

0547 00:51:04:08 00:51:06:20

-att undersöka kvarkar och gluoner.

0548 00:51:08:05 00:51:14:21

-Men...vad händer?!
-Vi är vid slutet. Eller början.

0549 00:51:14:23 00:51:18:03

Jaha! Början av Big Bang.

0550 00:51:18:05 00:51:22:03

Under några bråkdelars sekund-

0551 00:51:22:05 00:51:28:09

-fanns det bara kvarkar och gluoner
i universum. Ingenting annat.

0552 00:51:28:11 00:51:31:12

Vi är i vad som kallas för
ett plasmatillstånd.

0553 00:51:31:14 00:51:34:24

Började mitt liv i ett plasma-a-a...?

0554 00:51:36:08 00:51:40:23

Strax innan hade universum
inte varit större än en apelsin.

0555 00:51:41:00 00:51:47:01

Det fanns inga partiklar. Det fanns
krafter och kanske något annat-

0556 00:51:47:03 00:51:50:08

-men det är bara hypoteser.

0557 00:51:50:10 00:51:52:11

Jag är ingen hypotes.

0558 00:52:27:05 00:52:31:12

Allt från galaxer till människor
är inget annat än atomer-

0559 00:52:31:14 00:52:37:22

-från vår stora återvinningsfabrik:
universum.

0560 00:52:37:24 00:52:39:23

Allt är likadant.

0561 00:52:40:00 00:52:45:16

Du har rätt.
Jag är kusin med en kaffekokare.

0562 00:52:45:18 00:52:52:01

-Ingenting skiljer oss åt.
-Ingenting skiljer oss åt.

0563 00:52:52:03 00:52:54:15

Vad är det?

0564 00:52:54:17 00:52:57:12

Vi är atomåtervinningsfabriker-

0565 00:52:57:14 00:53:00:21

-och skapar både moln och dikter.

0566 00:53:00:23 00:53:02:20

Är allt bra?

0567 00:53:02:22 00:53:06:06

Hur många partiklar

består kärleksord i ett öra av?

0568 00:53:06:08 00:53:09:16

Hur många partiklar

består en musiknot av?

0569 00:53:09:18 00:53:12:15

Hur många atomer finns det i en dröm?

0570 00:53:14:09 00:53:17:05

Vet du vad?

0571 00:53:17:07 00:53:20:13

Atomerna, universums totala materia-

0572 00:53:20:15 00:53:25:05

-alla galaxer, alla stjärnor

och alla atommoln-

0573 00:53:25:07 00:53:30:05

-utgör bara

5 procent av universums massa.

0574 00:53:30:07 00:53:34:24

Resterande 95 procent är

magnetisk svart materia-

0575 00:53:35:01 00:53:38:10

-som ingen vet vad den består av.