

Alkuaineiden synty

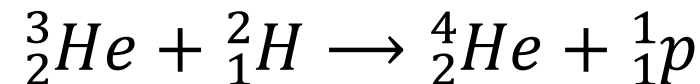
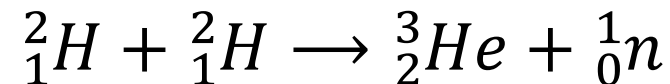
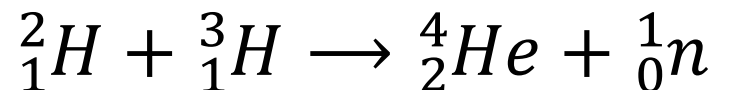
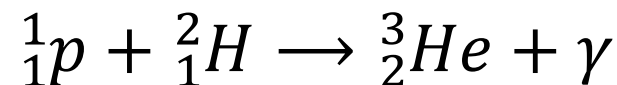
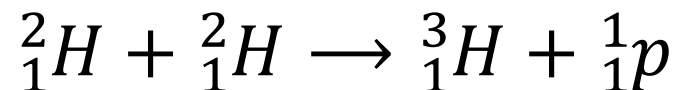
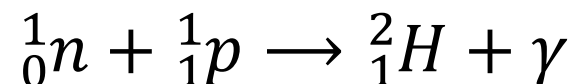
- Luonnossa esiintyy 94 eri alkuainetta vedystä plutoniumiin.
- Lisäksi raskaampia ja hyvin lyhytikäisiä muita alkuaineita on kyetty valmistamaan keinotekoisesti.
- Noin minuutin kuluttua alkuräjähdyksestä maailmankaikkeuden lämpötila oli laskenut riittävästi, jotta protonit ja neutronit saattoivat muodostaa keveimpien alkuaineiden ytimiä.
- Tätä protonien ja neutronien liittymistä yhteen kutsutaan *ydinsynteesiksi*.
- Varhaisessa maailmankaikkeudessa syntyneestä aineesta n. 75 % oli vetyä, n. 25 % heliumia. Tämän lisäksi syntyi hyvin pieniä määriä litiumia, mutta ei käytännössä ollenkaan sitä raskaampia alkuaineita.
- Kevyiden alkuaineiden (ja niiden isotooppien) havaitut suhteet noudattavat hyvin alkuräjähdysteorian mukaista ennustetta. Tämä on yksi tärkeä todiste alkuräjähdyksen puolesta.

- Käytännössä kaikki raskaammat alkuaineet ovat syntyneet tähdissä.
- Kevyet tähdet fuusioivat alkuaineita hiileen asti.
- Raskaammat alkuaineet ovat syntyneet joko tähtien supernovaräjähdyksissä tai neutronitähtien törmäyksissä
 - Tyypin Ia supernova: Valkoinen kääpiö kerää kaksoistähdeltään massaa ja räjähtää
 - Tyypin II supernova: Massiivinen (yli 10 Auringon massaa) tähti räjähtää.

Big Bang fusion		Cosmic ray fission		Dying low-mass stars		Merging neutron stars		Exploding massive stars		Exploding white dwarfs		Human synthesis No stable isotopes																																																																																										
H 1	He 2	Li 3	Be 4	B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10	Na 11	Mg 12	Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54	Cs 55	Ba 56	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86	Fr 87	Ra 88	La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71	Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103

Alkuräjähdyksen ydinsynteesi

- Vakaita heliumytimiä ${}^4_2\text{He}$ syntyi seuraavien ydinreaktioiden kautta:



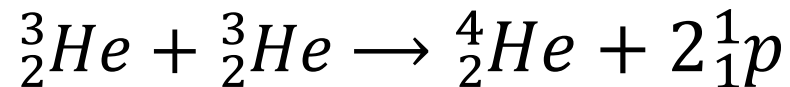
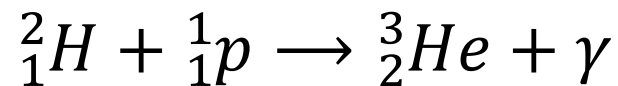
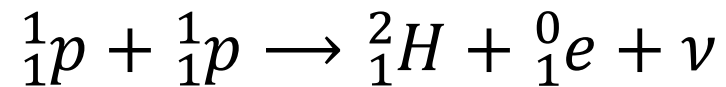
Deuterium-tritium fuusio, jota pyritään hyödyntämään energiatuotannossa (esim. ITER-fuusiokoevoimalaitos)

- Osa neutroneista oli ehtinyt hajota beetahajoamisella: ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e + \bar{\nu}$
- Neutroneja oli siis jäljellä vähemmän kuin protoneja.
- Ne protonit, jotka eivät sitoutuneet heliumytimiin, toimivat vetyatomien ytiminä.

Auringon fuusioreaktio

- Helium-isotooppia ${}^4_2\text{He}$ syntyy Auringon fuusioreaktioissa useimmin ns. protoni-protoni ketjureaktion (pp-ketju) kautta:

- Pp I-ketju:



- Kyseinen reaktio on yleisin (86 %) kaikista pp-ketjuista, joita on kolmea eri lajia.
- Ketjun reaktioissa vapautuu yhteensä n. 26,7 MeV energiaa.

