

# Από πού ήρθε το νερό;



**Νικόλαος Νεράντζης**  
1<sup>ο</sup> Ημερήσιο Γυμνάσιο Θέρμης

## ***Σύντομη περιγραφή***

Η προέλευση του νερού στη Γη, που αποτελεί ένα σημαντικό ερώτημα, αφού και το νερό αποτελεί ένα βασικό στοιχείο για την δημιουργία και την διατήρηση της ζωής. Το νερό ήρθε στην Γη από τους κομήτες; Υπήρχε πάντα στην Γη; Τί λέει η επιστημονική έρευνα. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες και βάσει επιστημονικών στοιχείων παρουσιάζουν τις απόψεις τους.

## **Γενικές πληροφορίες**

Τίτλος: Το νερό... νεράκι

## **Εκπαιδευτικό Περιεχόμενο**

Βαθμίδα και τάξη: Α', Β' Γ' Γυμνασίου

Ηλικία: 12-15 ετών

Προαπαιτούμενα: -

Διάρκεια: 3 Διδακτικές ώρες

**Σύνδεση με το Αναλυτικό Πρόγραμμα:**

Φυσική Α' Γ/σίου: Φύλλο Εργασίας 6, Οι Αλλαγές Κατάστασης του Νερού – Ο "Κύκλος" του Νερού

Βιολογία Α', Β', & Γ/σίου: Μπορεί να συνδεθεί με όλες τις θεματικές.

Γεωλογία Α', Β' Γ/σίου: Ενότητα Β' - Το Φυσικό περιβάλλον

## **Εκπαιδευτικοί στόχοι**

### Γνωστικοί Στόχοι

- Να κατανοήσουν τη σημασία του νερού για τη ζωή, τις βιολογικές διαδικασίες, στις διαστημικές αποστολές και τη ζωή στο Διάστημα.
- Κατανόηση της επιστημονικής διαδικασίας για την εξέταση της προέλευσης του νερού στη Γη.
- Αναγνώριση των βασικών πηγών και ερευνητικών μεθόδων που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες σε σχέση με το θέμα.
- Κατανόηση των διαφορετικών θεωριών σχετικά με το πώς έφθασε το νερό στη Γη.

### Συναισθηματικοί Στόχοι

- Να αναπτύξουν συναίσθηση ευαισθησίας στις ανάγκες του φυσικού περιβάλλοντος.
- Να αναπτύξουν ενδιαφέρον και ενθουσιασμό για τη διαστημική έρευνα.
- Ανάπτυξη της περιέργειας και του ενδιαφέροντος για την επιστήμη και την αστρονομία.
- Ενθάρρυνση της αυτοπεποίθησης, του πνεύματος συνεργασίας και αμοιβαίας υποστήριξης, μέσω της συμμετοχής σε ομαδικές δραστηριότητες και της παρουσίασης ευρημάτων.

### Ψυχοκινητικοί Στόχοι

- Να συμμετάσχουν σε συζητήσεις και δραστηριότητες που απαιτούν συλλογική σκέψη.
- Να συμμετάσχουν σε ρόλο-παιχνίδια ή σενάρια που αφορούν τη ζωή στον Άρη.
- Εφαρμογή της ικανότητας ανάλυσης και κριτικής σκέψης κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης επιστημονικών στοιχείων.
- Συνεργασία σε ομαδικό περιβάλλον για την ανταλλαγή απόψεων, ιδεών και ευρημάτων.
- Δημιουργία επιχειρημάτων και απαντήσεων σε ερωτήσεις που βασίζονται σε επιστημονικά δεδομένα.

• Δραστηριότητα 1 - Περιοδικός Πίνακας (5')

Αναφορά στα χημικά στοιχεία και τον Περιοδικό Πίνακα. Εκτυπώστε τον Περιοδικό Πίνακα (λχ από εδώ

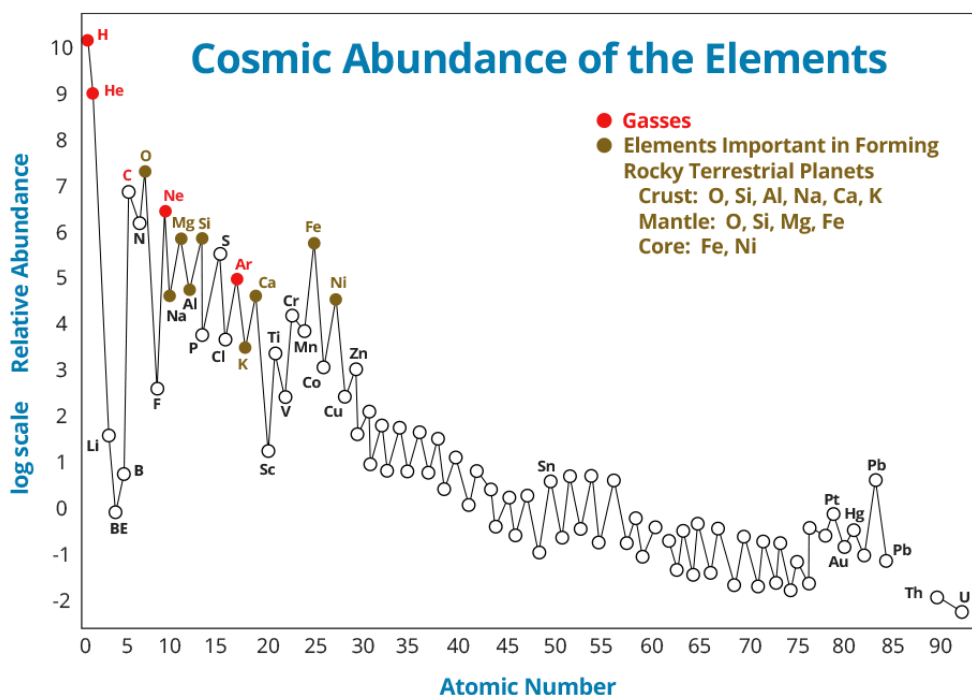
[https://el.wikipedia.org/wiki/Περιοδικός\\_πίνακας\\_των\\_χημικών\\_στοιχείων](https://el.wikipedia.org/wiki/Περιοδικός_πίνακας_των_χημικών_στοιχείων) κι εδώ ο Περιοδικός Πίνακας σε Excel <https://t.co/emrtoVLPd> , <https://twitter.com/Hookean1/status/1723048706310541693?t=EtVDxToofD5qwwOGo9Mu4g&s=09>

\*\* Εδώ <https://4myfiles.wordpress.com/2016/12/27/tactile-periodic-table-2/> μπορείτε να βρείτε Περιοδικό Πίνακα κατάλληλο να εκτυπωθεί σε swell paper για μαθητές με προβλήματα όρασης.

• Δραστηριότητα 2 - Τα χημικά στοιχεία και το νερό στο Σύμπαν (προέλευση)(20')

Η προέλευση του νερού στη Γη, αποτελεί ένα σημαντικό ερώτημα, αφού και το νερό αποτελεί ένα βασικό στοιχείο για την δημιουργία και την διατήρηση της ζωής. Το νερό ήρθε στην Γη από τους κομήτες; Υπήρχε πάντα; Για να δούμε τί λέει η επιστημονική έρευνα. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες. Τους δίνονται τα παρακάτω Στοιχεία Α,Β,Γ & Δ' και αφού τα μελετήσουν καλούνται να απαντήσουν τις ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ.

**Στοιχείο Α.** Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε την αφθονία των χημικών στοιχείων στο Σύμπαν (Προσοχή: ο κατακόρυφος άξονας είναι λογαριθμικός) [Πηγή <https://www.knowyourh2o.com/indoor-4/water-in-the-universe-part-1>].



**Στοιχείο Β.** Σε επιστημονικό άρθρο του 2015<sup>1</sup> οι επιστήμονες ανέπτυξαν ένα θεωρητικό μοντέλο, το οποίο οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι πρώτες δεξαμενές νερού του σύμπαντος μπορεί να έχουν σχηματιστεί πολύ νωρίτερα από ό,τι πιστεύαμε προηγουμένως, δηλαδή λιγότερο από ένα δισεκατομμύριο χρόνια μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, όταν το σύμπαν είχε μόλις το 5 τοις εκατό της τρέχουσας ηλικίας του (και τότε το σύμπαν ήταν πολύ θερμότερο από ότι σήμερα). Το θεωρητικό τους μοντέλο προβλέπει ότι σημαντικές ποσότητες υδρατμών θα μπορούσαν να σχηματιστούν σε μοριακά νέφη νεαρών γαλαξιών, παρόλο που αυτά τα νέφη φέρουν χιλιάδες φορές λιγότερο οξυγόνο από αυτό στον δικό μας γαλαξία σήμερα. Για τους σκοπούς της μελέτης, οι ερευνητές εξέτασαν χημικές αντιδράσεις που οδήγησαν στο σχηματισμό νερού μέσα στο φτωχό σε οξυγόνο περιβάλλον των πρώιμων μοριακών νεφών. Διαπίστωσαν ότι σε θερμοκρασίες γύρω στους 26-27 °C, η διαδικασία σχηματισμού έγινε πολύ αποτελεσματική και στην αέρια φάση θα μπορούσε να σχηματιστεί άφθονο νερό παρά τη σχετική έλλειψη πρώτων υλών. Επιπλέον, καθώς η υπεριώδης ακτινοβολία από τα αστέρια διασπά τα μόρια του νερού, επέρχεται (μετά από εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια) μια ισορροπία μεταξύ δημιουργίας και καταστροφής του νερού. Οι επιστήμονες διαπίστωσαν ότι η ισορροπία αυτή ήταν παρόμοια στο πρώιμο σύμπαν με αυτή που μετρήθηκε στο σύμπαν σήμερα και απέδειξαν ότι υψηλές συγκεντρώσεις υδρατμών θα μπορούσαν να υπήρχαν σε εξαιρετικά χαμηλής μεταλλικότητας μερικώς θωρακισμένο αέριο, κατά την εποχή του πρώτου εμπλουτισμού μετάλλων του διαστρικού μέσου των γαλαξιών.

APJ LETTERS ACCEPTED  
Preprint typeset using L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X style emulateapj v. 05/12/14

#### WATER FORMATION DURING THE EPOCH OF FIRST METAL ENRICHMENT

SHMUEL BIALY\*<sup>1</sup>, AMIEL STERNBERG<sup>1</sup> AND ABRAHAM LOEB<sup>1,2</sup>

*ApJ Letters accepted*

#### ABSTRACT

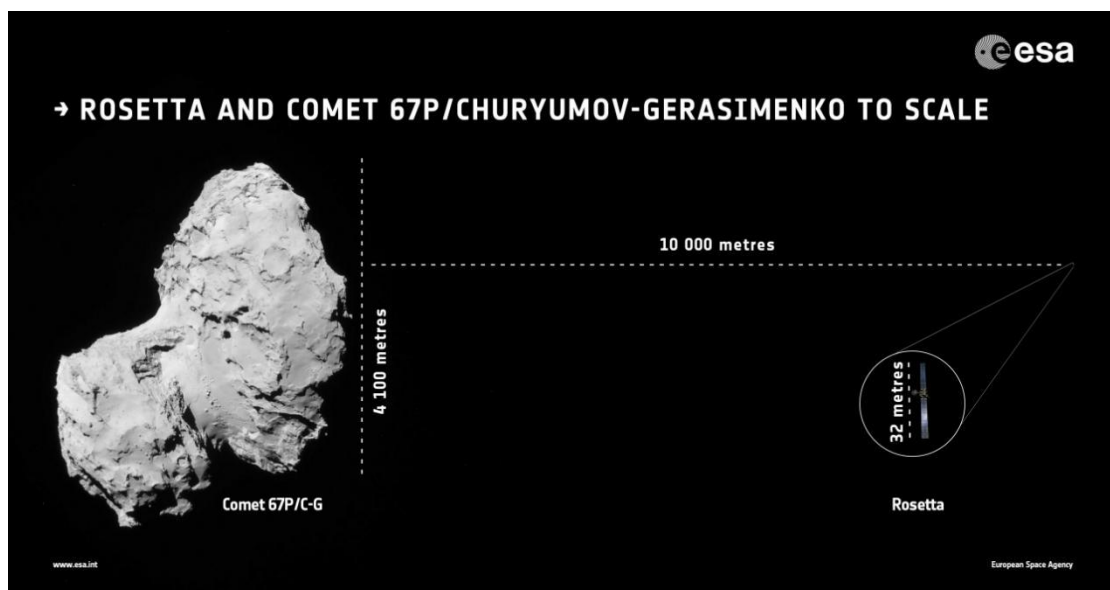
We demonstrate that high abundances of water vapor could have existed in extremely low metallicity ( $10^{-3}$  solar) partially shielded gas, during the epoch of first metal enrichment of the interstellar medium of galaxies at high redshifts.

*Subject headings:* early universe — galaxies: abundances — galaxies: ISM — ISM: molecules

---

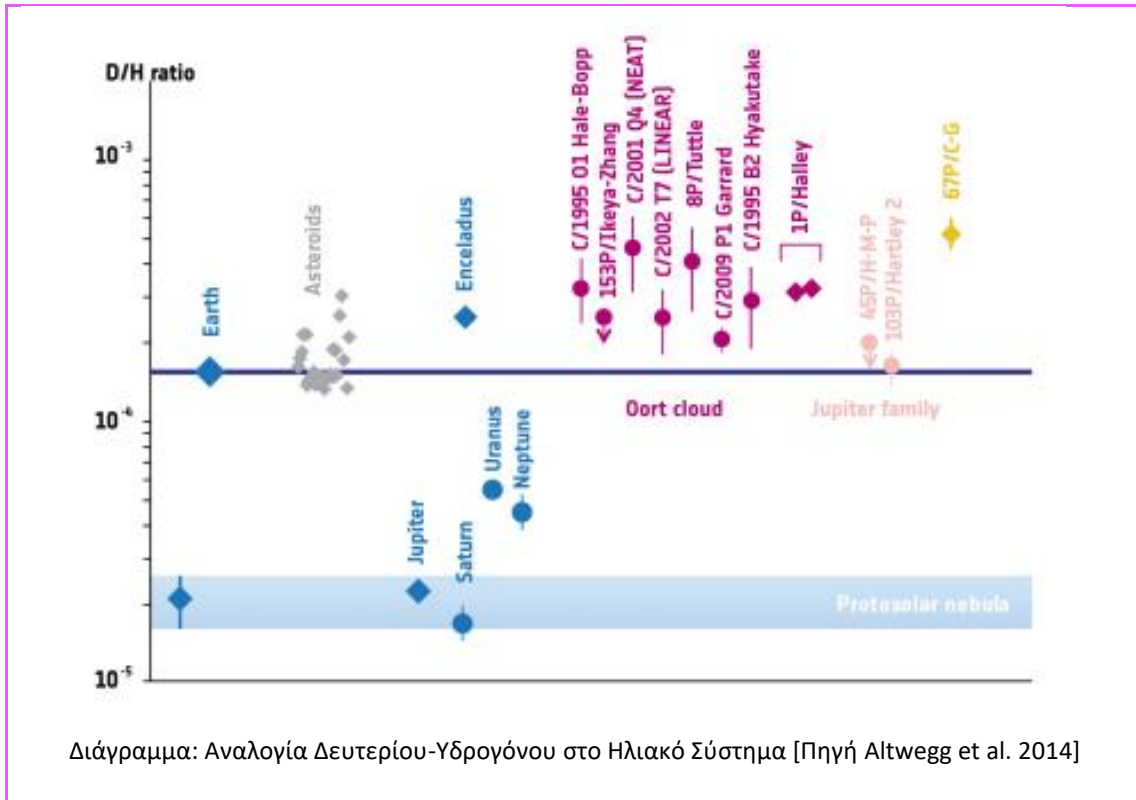
<sup>1</sup> Bialy s., Sternberg A., Loeb A., (2015) WATER FORMATION DURING THE EPOCH OF FIRST METAL ENRICHMENT, The Astrophysical Journal Letters, Volume 804, Number 2, DOI 10.1088/2041-8205/804/2/L29 , <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2041-8205/804/2/L29/pdf> , <https://arxiv.org/pdf/1503.03475.pdf>

**Στοιχείο Γ.** Τα αποτελέσματα των μετρήσεων στον κομήτη (της οικογένειας του πλανήτη Δία) 67P/Churyumov-Gerasimenko που 'επισκέφτηκε' η αποστολή Rosetta της ESA και που δημοσεύτηκαν το 2014<sup>2</sup>, έδειξαν ότι η άμεση in situ μέτρηση του λόγου D/H από το φασματόμετρο μάζας ROSINA βρέθηκε να είναι  $(5,3 \pm 0,7) \times 10^{-4}$ , περίπου τριπλάσια της τιμής των υδάτων στη Γη. Τόσο προηγούμενες μετρήσεις κομητών όσο και το συγκεκριμένο εύρημα αποκλείουν την θέση ότι αυτή η δεξαμενή αυτή νερού αποτελείται αποκλειστικά από νερό που μοιάζει με το νερό των ωκεανών της Γης.



Εικόνα. Οι διαστάσεις του κομήτη 67P [Πηγή ESA]

<sup>2</sup> Altwegg K., (2014). 67P/Churyumov-Gerasimenko, a Jupiter family comet with a high D/H ratio. Science, 347(6220), 1261952–1261952. doi:10.1126/science.1261952, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1261952> , <https://www.bbc.com/news/science-environment-30414519> (Ένα σχετικό άρθρο είναι επίσης και το Kenneth C. Hansen K.C et al. (2016) Evolution of water production of 67P/Churyumov-Gerasimenko: an empirical model and a multi-instrument study, MNRAS 462, S491–S506 (2016) doi:10.1093/mnras/stw2413, [https://academic.oup.com/mnras/article/462/Suppl\\_1/S491/2672995](https://academic.oup.com/mnras/article/462/Suppl_1/S491/2672995) ) (Δείτε και <https://www.jpl.nasa.gov/news/rosetta-comet-water-different-from-earth-water>)

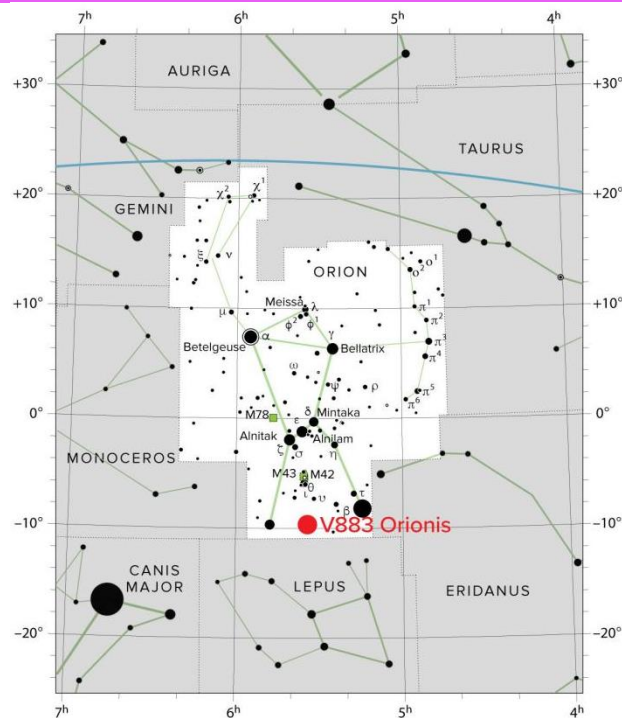


**Στοιχείο Δ.** Σε επιστημονικό άρθρο του 2023<sup>3</sup>, επιστήμονες παρουσίασαν τις μετρήσεις και τα συμπεράσματά τους μπόρεσαν, από την παρατήρηση ενός ‘νεαρού’ αστεριού, που τώρα σχηματίζεται, καθώς και του δίσκου αερίων (και σκόνης) που βρίσκεται γύρω του γύρω του. Το πρωτο-αστέρι αυτό απέχει περίπου 1.305 έτη φως μακριά και έχει τους ίδιους διακριτούς χημικούς δείκτες με το νερό στο ηλιακό μας σύστημα. Το νερό που βρέθηκε να στροβιλίζεται γύρω από αυτό το μακρινό πρωτο-άστρο (το V883 Orionis) στον αστερισμό του Ωρίωνα, περιέχει πολύ όμοιες αναλογίες υδρογόνου (H<sup>1</sup>) και δευτερίου (H<sup>2</sup>) προς το νερό του δικού μας ηλιακού συστήματος. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένα ισχυρό χημικό αποτύπωμα που δείχνει μια στενή σχέση μεταξύ αυτών των διαφορετικών νερών.

Διαβάζουμε λοιπόν: “Το νερό είναι ένα θεμελιώδες μόριο στη διαδικασία σχηματισμού άστρων και πλανητών, απαραίτητο για την κατάλυση της ανάπτυξης στερεού υλικού και του σχηματισμού πλανητοειδών μέσα στους δίσκους. Ωστόσο, [...] η αναλογία HDO:H<sub>2</sub>O στους πρωτο-πλανητικούς δίσκους δεν έχουν επαρκώς προσδιοριστεί επειδή το νερό εξαχνώνεται περίπου στους 160 K, που σημαίνει ότι το μεγαλύτερο μέρος του νερού είναι παγωμένο μέσα σε κόκκους σκόνης [...]. Παρατηρώντας τον πρωτο-αστέρα V883 Ori (με μάζα 1,3 αυτή του δικού μας Ήλιου) [...] μετρήσαμε την αναλογία HDO:H<sub>2</sub>O του δίσκου να είναι  $(2,26 \pm 0,63) \times 10^{-3}$ . Αυτή η αναλογία είναι συγκρίσιμη με εκείνες των πρωτο-αστρικών περιβλημάτων και των κομητών και υπερβαίνει αυτή των ωκεανών της Γης, συμπεραίνοντας έτσι ότι οι πλανητικοί δίσκοι ‘κληρονομούν’ απευθείας το νερό από το αστρικό νεφέλωμα που σχηματίζει τα αστέρια και ότι, εν τέλει, αυτό το νερό ενσωματώνεται σε μεγάλα παγωμένα σώματα, όπως οι κομήτες, χωρίς ουσιαστική χημική αλλοίωση.”

---

<sup>3</sup>Tobin J.J. et al (2023) Deuterium-enriched water ties planetforming disks to comets and protostars (Το εμπλουτισμένο σε δευτέριο νερό συνδέει πλανητομορφικούς δίσκους με κομήτες και πρωτοάστρα), <https://www.nature.com>, <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05676-z>. (Δείτε και <https://public.nrao.edu/news/water-v883-orionis/> & <https://mashable.com/article/solar-system-water-earth-space>) (Δείτε και <https://www.universetoday.com/160449/waters-epic-journey-to-earth-began-before-the-sun-formed/>)



Εικόνα. Πού βρίσκεται στον ουράνιο θόλο ο πρωτο-αστέρας V883 Orionis.  
 [Πηγή <https://public.nrao.edu/news/water-v883-orionis/> ]

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

### Σύμφωνα με το Στοιχείο Α

1. Ποιό είναι το 1ο στοιχείο σε αφθονία στο Σύμπαν;
2. Ποιό είναι το 2ο στοιχείο σε αφθονία στο Σύμπαν;
3. Ποιό είναι το 3ο στοιχείο σε αφθονία στο Σύμπαν;
4. Ποιό είναι το 4ο στοιχείο σε αφθονία στο Σύμπαν;
5. Ποιά στοιχεία είναι “απαραίτητα” για την ύπαρξη ενός βραχώδους, χερσαίου πλανήτη;
6. Τα ζυγά στοιχεία είναι πιο άφθονα ή τα μονά στοιχεία<sup>4</sup>;

<sup>4</sup> Εξήγηση: Τα ζυγά. Γιατί; Επειδή οι περισσότερες από τις κύριες αντιδράσεις αστρικής σύντηξης μπορούν να θεωρηθούν ως το άθροισμα σωματιδίων α (δηλαδή πυρήνων των ατόμων Ηλίου-4 ( $\text{He} = 2p + 2n$ )). Το άθροισμα δύο σωματιδίων α θα ήταν ο πυρήνας ενός ατόμου Βηρυλλίου ( $\text{Be} = 4p + 4n$ ), αλλά ένας τέτοιος συνδυασμός είναι πολύ ασταθής και σχεδόν αμέσως διασπάται σε δύο σωματίδια α (με διάρκεια ημιζωής = 7 10–17 s). Ένας συνδυασμός τριών α είναι πολύ σταθερός, δίνοντας το ισότοπο C12 ( $\text{C} = 6p + 6n$ ). Με παρόμοιο τρόπο, ο συνδυασμός τεσσάρων α οδηγεί σε O16 ( $\text{O} = 8p + 8n$ ), πέντε σε Ne20 ( $\text{Ne} = 10p + 10n$ ), έξι σε Mg24 ( $\text{Mg} = 12p + 12n$ ) κοκ. Τα στοιχεία με περιττό μαζικό αριθμό από λιγότερο συχνές αντιδράσεις σύντηξης ή από τη διάσπαση ασταθών βαρύτερων ισότοπων.



### Σύμφωνα με το Στοιχείο Γ

7. Το νερό της Γης (προ)ήλθε από τους κομήτες;
8. Το νερό της Γης σίγουρα δεν περιέχει νερό από κομήτες;

### Σύμφωνα με το Στοιχείο Δ

9. Σύμφωνα με το παραπάνω επιστημονικό άρθρο το νερό (καί) στο Ηλιακό μας Σύστημα σχηματίστηκε πριν ή μετά σχηματιστούν ο Ήλιος, οι πλανήτες και οι κομήτες;
10. Σύμφωνα με το παραπάνω επιστημονικό άρθρο, το νερό προϋπήρχε στον χώρο που σχηματίστηκαν ο Ήλιος και οι πλανήτες κι 'ενσωματώθηκε' στο Ηλιακό Σύστημα κατά τη διάρκεια του σχηματισμού του.
11. Σύμφωνα με το παραπάνω επιστημονικό άρθρο, μπορούμε να κάνουμε την υπόθεση ότι και σε άλλα πλανητικά συστήματα θα πρέπει να (περι)έχουν μεγάλες ποσότητες νερού;

#### • Δραστηριότητα 3 - Συζήτηση (10')

- Οι ομάδες παρουσιάζουν τις απαντήσεις τους και ακολουθεί συζήτηση.
- Προτείνονται από τους μαθητές σχετικά θέματα για περαιτέρω διερεύνηση.

#### • Επέκταση

##### 1. Origin of water on Earth

<https://courses.seas.harvard.edu/climate/eli/Courses/EPS281r/Sources/Origin-of-oceans/1-Wikipedia-Origin-of-water-on-Earth.pdf>

##### 2. Water in the Universe <https://www.knowyourh2o.com/indoor-3/water-in-the-universe>

##### 3. The Cosmic Companion

Exploring the wonders of the Cosmos, one mystery at a time

<https://thecosmiccompanion.net/what-is-the-origin-of-water-on-planets/>

##### 4. Water's Epic Journey to Earth Began Before the Sun Formed

<https://www.universetoday.com/160449/waters-epic-journey-to-earth-began-before-the-sun-formed/>

##### 5. Astrobiology <https://lco.global/spacebook/astrobiology/>

