

Η ΑΨΙΔΑ - ΕΝΑ ΡΩΜΑΪΚΟ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΕΠΙΤΕΥΓΜΑ

Σχετικό σχέδιο κατασκευής	Ρωμαϊκή Αψίδα
<p>Περιγραφή</p>	<p>Οι μαθητές θα μάθουν πώς να κατασκευάζουν μια αψίδα και πώς η αψίδα αποτελεί από μόνη της μια σταθερή αρχιτεκτονική δομή. Οι μαθητές θα εξοικειωθούν με την επίδραση των δυνάμεων στις οποίες οφείλεται η σταθερότητα της δομής της αψίδας και γιατί αποτελεί ένα σημαντικό αρχιτεκτονικό επίτευγμα, όχι μόνο κατά την αρχαιότητα, αλλά μέχρι και τις μέρες μας.</p>

<p>Μαθησιακοί στόχοι</p>	<p>Οι μαθητές θα μάθουν για τους νόμους της φυσικής που διέπουν τη δομή της αψίδας, την κατανομή των μηχανικών δυνάμεων στην οποία οφείλεται η σταθερότητά της (δυνάμεις σύνθλιψης), και την αντοχή της ως οικοδόμημα.</p> <p>Οι μαθητές θα κατανοήσουν την ιστορική σημασία των ρωμαϊκών αρχιτεκτονικών επιτευγμάτων και τη σημασία της δομής της αψίδας.</p> <p>Οι μαθητές θα μάθουν για τις αρχιτεκτονικές εφαρμογές της αψίδας στις μέρες μας.</p> <p>Οι μαθητές θα βελτιώσουν τις δεξιότητές τους στη μηχανολογία μέσω της κατασκευής της αψίδας που περιείχει το σχετικό σχέδιο κατασκευής.</p>
<p>Σχετικά μαθήματα</p>	<p>Μηχανική, Φυσική, Ιστορία, Τέχνη (Αρχιτεκτονική)</p>

**Προαπαιτούμενα/
προκαταρκτικά βήματα για
τους εκπαιδευτικούς**

Ο εκπαιδευτικός προετοιμάζει τα υλικά για την εφαρμογή του σχετικού σχεδίου κατασκευής.

Προετοιμάζει το βίντεο στο διαδίκτυο αναφορικά με τα βασικά στοιχεία της Ρωμαϊκής Αψίδας και αρχιτεκτονικής, το οποίο θα προβληθεί στους μαθητές:

[Η Ρωμαϊκή Αψίδα - διαδίκτυακό βίντεο](#)

Προετοιμάζει μερικές φωτογραφίες από παραδείγματα αρχαίων ρωμαϊκών κτιρίων (ανατρέξτε στο τέλος). Ο εκπαιδευτικός μπορεί να εκτυπώσει τις φωτογραφίες ή να τις εμφανίσει στην οθόνη.

Ο εκπαιδευτικός προετοιμάζει το υλικό για ένα επιπρόσθετο πείραμα σαν εισαγωγή στους φυσικούς νόμους που διέπουν την κατασκευή μιας αψίδας. Ο εκπαιδευτικός θα χρειαστεί δύο βαριά βιβλία, ένα ή περισσότερα

	λεπτά χαρτόνια, τα οποία είναι εύκαμπτα και μπορούν να λυγιστούν, και ένα βαρίδιο (ξύλινος κύβος ή κάτι παρόμοιο).
Προαπαιτούμενα/ προκαταρτικά βήματα για τους μαθητές	Κανένα
Ηλικιακό εύρος των μαθητών	10-15 ετών
Διάρκεια	1-2 ώρες
Επίπεδο δυσκολίας	Μέτριο

Περιγραφή των δραστηριοτήτων βήμα προς βήμα

1. Ο εκπαιδευτικός καλεί τους μαθητές να παρατηρήσουν τις φωτογραφίες και καθοδηγεί μια συζήτηση με τις ακόλουθες ερωτήσεις:

- Τι βλέπετε;
- Γνωρίζετε κάποιο από τα κτίρια που φαίνονται;
- Σε ποια εποχή ανήκουν;
- Τι ομοιότητες βλέπετε να έχουν;

Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει στους μαθητές εικόνες από αρχιτεκτονικές κατασκευές της αρχαίας Ρώμης (μπορείτε να τις βρείτε στο τέλος αυτού του φυλλαδίου). Ο εκπαιδευτικός καθοδηγεί τους μαθητές να βρουν απαντήσεις στις ερωτήσεις. Ο εκπαιδευτικός φροντίζει να κατευθύνει τη συζήτηση προς τις δομές της αψίδας που φαίνονται στα κτίρια των φωτογραφιών.

2. Γιατί χρησιμοποιούνται οι αψίδες; Γιατί είναι τόσο σημαντικές αυτές οι δομές στην αρχιτεκτονική; Σε ποια εποχή εφευρέθηκαν και στη συνέχεια μελετήθηκαν λεπτομερώς για την κατασκευή αρχιτεκτονικών αριστουργημάτων;

Ο εκπαιδευτικός περιμένει να πάρει τις απαντήσεις από τους μαθητές.

Η δομή της αψίδας εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στην αρχιτεκτονική των λαών της Μεσογείου Θάλασσας, όπως τους Μεσοποτάμιους, τους Έλληνες, τους Πέρσες και τους Ετρούσκους. Ωστόσο, η χρήση της αψίδας στην αρχιτεκτονική των προαναφερθέντων πολιτισμών περιορίστηκε σε υπόγειες κατασκευές, όπως τις σήραγγες και τα αποχετευτικά συστήματα.

Η συστηματική χρήση ξεκίνησε από τους Ρωμαίους οι οποίοι ήταν οι πρώτοι που εφάρμοσαν την τεχνική αυτή σε ένα ευρύ φάσμα οικοδομημάτων όπως τις γέφυρες, τα υδραγωγεία και τα κτίρια. Η ρωμαϊκή αψίδα είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνη για την ανάπτυξη των αρχιτεκτονικών υποδομών σε ολόκληρη τη ρωμαϊκή αυτοκρατορία. Οι Ρωμαίοι βρήκαν για πρώτη φορά έναν τρόπο να τοποθετήσουν μια αψίδα πάνω σε δύο ψηλά βάθρα, έτσι ώστε να εκτείνεται σε ένα διάδρομο και σε πολλές περιπτώσεις, ακόμη και σε μεγάλους κύριους δρόμους. Πολλές γέφυρες στηρίχθηκαν στις αρχιτεκτονικές δομές των αψίδων, όπως και τα υδραγωγεία, οι υπόνομοι, τα αμφιθέατρα, ακόμα και το Κολοσσαίο.

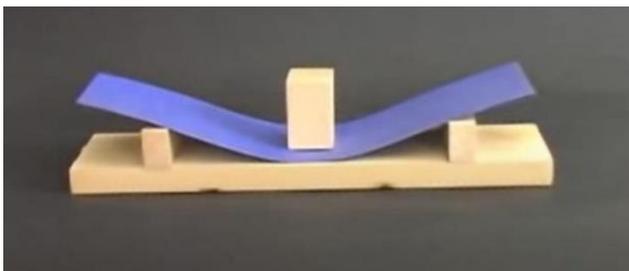
Οι ρωμαϊκές αψίδες εφαρμόστηκαν και αργότερα κατά την εποχή του Μεσαίωνα, στην εκκλησιαστική αρχιτεκτονική. Τα σπουδαιότερα δείγματα καθεδρικών ναών της περιόδου στηρίχθηκαν στην αρχιτεκτονική δομή της αψίδας. Στην πραγματικότητα, η δομή της αψίδας ήταν η μόνη γνωστή μέθοδος για την τοποθέτηση της οροφής ενός κτιρίου χωρίς τη χρήση δοκών στήριξης.

3. Ο εκπαιδευτικός πραγματοποιεί ένα επιπρόσθετο πείραμα για να παρουσιάσει πόσο ανθεκτική μπορεί να είναι μια αψιδωτή γέφυρα σε σύγκριση με μια τυπική γέφυρα.

Ο εκπαιδευτικός χρειάζεται δύο βαριά βιβλία (ή ένα ξύλινο εργαλείο όπως στην παρακάτω εικόνα), δύο λεπτά χαρτόνια, τα οποία μπορούν να λυγιστούν, ένα βαρίδιο (όπως ένας ξύλινος κύβος) και μια ταινία.

Οι μαθητές μπορούν να συγκεντρωθούν γύρω από το θρανίο του εκπαιδευτικού για να παρακολουθήσουν το πείραμα.

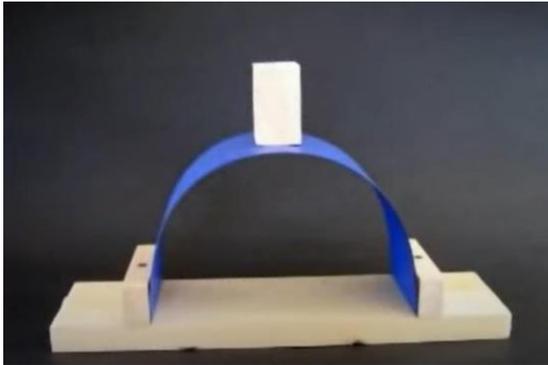
Πρώτον, ο εκπαιδευτικός τοποθετεί τα δύο βιβλία στο θρανίο και το λεπτό χαρτόνι πάνω σε αυτά για να δημιουργήσει μια απλή γέφυρα. Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός προσθέτει ένα φορτίο στην κορυφή του χαρτονιού που σχηματίζει την αψίδα – η γέφυρα καταρρέει.



Πηγή: [Δομές - Βίντεο για την Αψίδα](#)

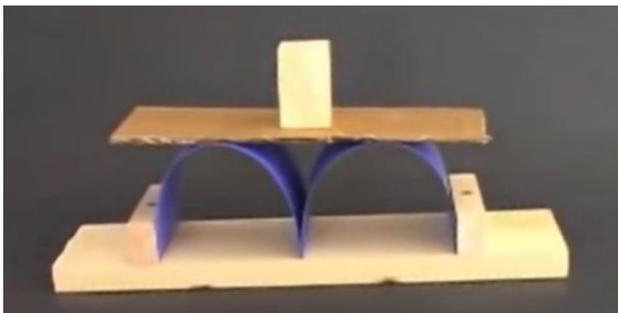
Ο εκπαιδευτικός προσπαθεί να ξαναχτίσει μια γέφυρα, όμως αυτή τη φορά χρησιμοποιώντας τη δομή μιας αψίδας – το χαρτόνι τώρα τοποθετείται κυρτό ανάμεσα στα βιβλία. Τα βιβλία λειτουργούν ουσιαστικά ως αντηρίδες (αντιστηρίγματα). Όταν ο εκπαιδευτικός

τοποθετήσει βάρος πάνω στο χαρτόνι που σχηματίζει αψίδα, τότε η γέφυρα μένει ακόμα όρθια.



Πηγή: [Δομές - Βίντεο για την Αψίδα](#)

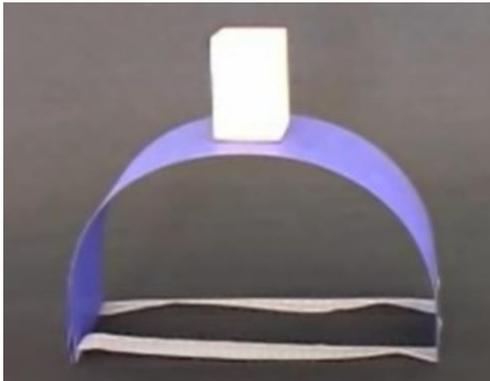
Ο εκπαιδευτικός μπορεί να παρουσιάσει μια γέφυρα που αποτελείται από δύο ή περισσότερες αψίδες. Επίσης, οι δύο αψίδες μπορούν να τοποθετηθούν χωρίς να καταρρεύσουν.



Πηγή: [Δομές - Βίντεο για την Αψίδα](#)

Τέλος, ο εκπαιδευτικός μπορεί να παρουσιάσει και έναν άλλο τύπο αψιδωτής γέφυρας, όπως για παράδειγμα μιας αψίδας που οι άκρες της βάσης τις ενώνονται με ένα ισχυρό σχοινί, αντί για αντηρίδες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την τοποθέτηση δύο κομματιών ταινίας στη

βάση της αψίδας από χαρτόνι. Η αψίδα στέκεται ακόμα όρθια όταν ο εκπαιδευτικός προσθέτει επάνω της βάρος; Πρέπει. Οι αψιδωτές γέφυρες κατασκευάζονται συνήθως κατ' αυτόν τον τρόπο.



Πηγή: [Δομές - Βίντεο για την Αψίδα](#)

4. Ρωτήστε τους μαθητές τι πιστεύουν για το πείραμα – γιατί η αψιδωτή γέφυρα έχει μεγαλύτερη αντοχή από μια απλή γέφυρα; Ποιες δυνάμεις επιδρούν στον πρώτο και τον δεύτερο τύπο γέφυρας;

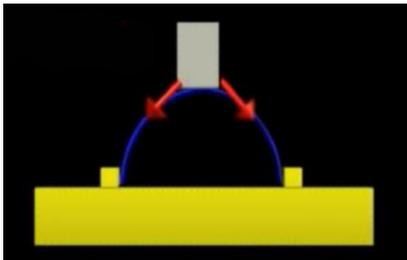
Η απάντηση βρίσκεται στον τρόπο με τον οποίο γίνεται η κατανομή των δυνάμεων.

Για βαθύτερη κατανόηση, ο εκπαιδευτικός μπορεί να προβάλει το βίντεο σχετικά με την Ρωμαϊκή Αψίδα στους μαθητές. Εάν οι μαθητές χρειάζονται μετάφραση, ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να την παρέχει ταυτόχρονα με την αναπαραγωγή του βίντεο.

[The Impressive Engineering of the Roman Arch - YouTube](#)

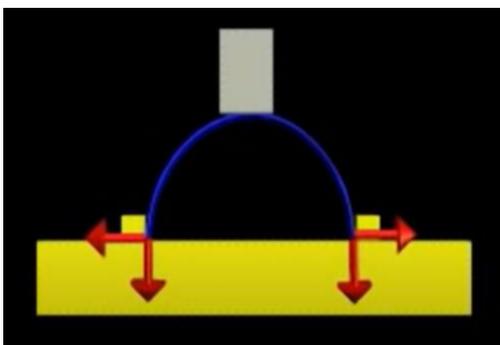
Εικόνα 1 – Κατανομή βαρυτικών δυνάμεων.

Η δύναμη του φορτίου που τοποθετείται στην κορυφή της αψίδας δημιουργεί πίεση προς τη βάση της.



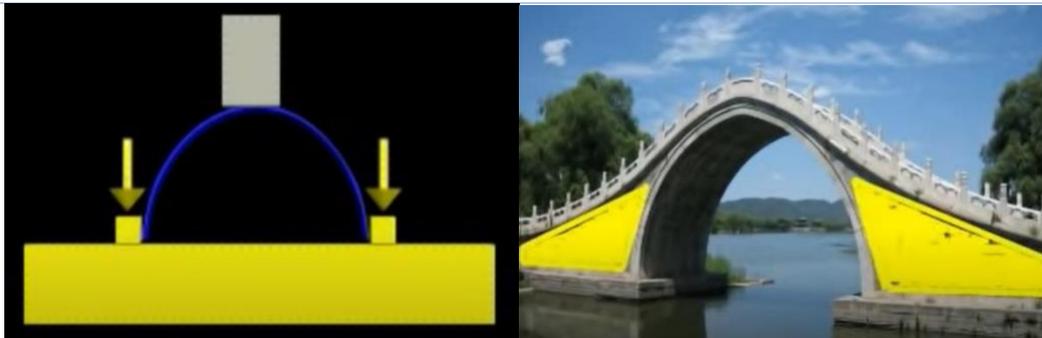
Πηγή: [Δομές - Βίντεο για την Αψίδα](#)

Εικόνα 2: Υπάρχουν δύο συνιστώσες δυνάμεων που δρουν στη βάση της αψίδας. Η μια είναι κατακόρυφη, η οποία πιέζει προς τα κάτω προς, δηλαδή στη βάση της αψίδας ενώ η άλλη είναι οριζόντια και πιέζει προς τα πλάγια.



Πηγή: [Δομές - Βίντεο για την Αψίδα](#)

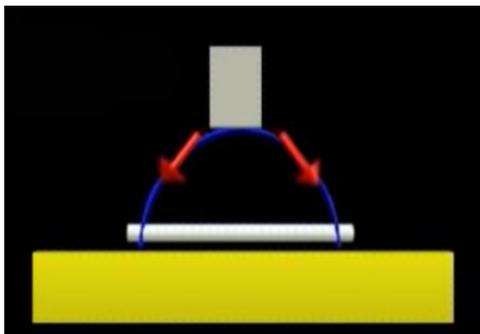
Εικόνες 3 και 4: Η δομή που αντιστέκεται στην οριζόντια δύναμη είναι η αντιστήριγμα. Στην αψιδωτή γέφυρα της πιο πάνω εικόνας, μπορείτε να δείτε τα πέτρινα αντιστηρίγματα του τοίχου και στις δύο πλευρές της αψίδας της γέφυρας.



Πηγή: [Κατασκευές - Structures - The Arch video](#)

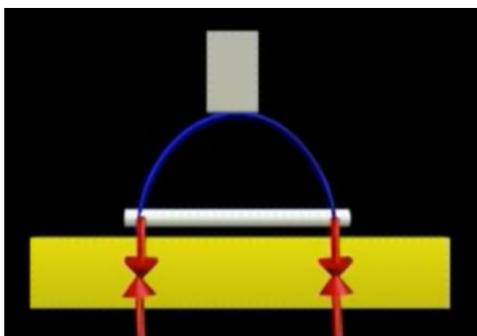
Source: [Structures - The Arch video](#)

Εικόνα 5: Ένας άλλος τύπος αψίδας, χωρίς αντιστηρίγματα αλλά με ένα ισχυρό σχοινί στη βάση της.

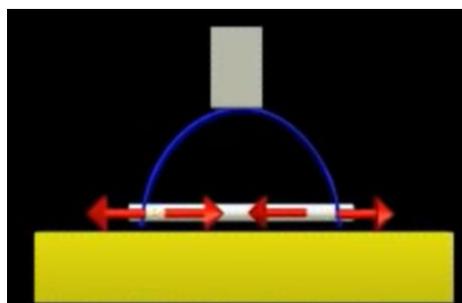


Πηγή: [Δομές - Βίντεο για την Αψίδα](#)

Εικόνες 6 και 7: Οι συνιστώσες των δυνάμεων που επιδρούν στην αψίδα είναι η κατακόρυφη πίεση και η οριζόντια πίεση.



Πηγή: [Κατασκευές - Structures - The Arch video](#)



Source: [Structures - The Arch video](#)

5. Υπόθεση – Μπορεί η αφίδα να σταθεί από μόνης της χωρίς κόλλα, χρησιμοποιώντας αντ' αυτού κύβους ζάχαρης ως κατασκευαστικά στοιχεία;

6. Κατασκευή αφίδας από κύβους ζάχαρης – εφαρμογή σχεδίου κατασκευής.

7. Επαλήθευση της υπόθεσης και συζήτηση γύρω από την οικοδόμηση μιας αφίδας.

Μπορεί η αφίδα να σταθεί από μόνη της; Ή χρειάζεται αντιστήριγμα;

Επαλήθευση της υπόθεσης - η αφίδα μπορεί να σταθεί από μόνη της. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη βοήθεια στηριγμάτων.

Γιατί βάζουμε τα ξυλάκια ενδιάμεσα;

Οι αρχαίοι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν όχι μόνο ορθογώνια στοιχεία για την κατασκευή αφίδων, αλλά και τραπεζοειδή στοιχεία τα οποία μετρούσαν με ακρίβεια. Οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν έναν άρτιο αριθμό ορθογώνιων τούβλων σε κάθε πλευρά της αφίδας και έναν μονό αριθμό τραπεζοειδών τούβλων. Για το λόγο αυτό, τα ξυλάκια τοποθετούνται μεταξύ των στοιχείων για να σχηματίσουν ένα τραπεζοειδές σχήμα σε σχέση με τον κύβο ζάχαρης.

Ποιος παράγοντας έχει ρόλο στο μήκος και το ύψος της αφίδας – μπορείτε να δημιουργήσετε μια διαφορετική αφίδα με το ίδιο σχήμα τούβλων;

Το μήκος και το ύψος εξαρτώνται από το σχήμα των στοιχείων που χρησιμοποιούνται. Όταν οι Ρωμαίοι είχαν σκοπό να κατασκευάσουν

για μια αψιδωτή γέφυρα ή ένα αψιδωτό κτίριο, υπολόγιζαν πόσα ορθογώνια ή τραπεζοειδή τούβλα χρειάζονταν για την κατασκευή τους και στη συνέχεια σχημάτιζαν τραπεζοειδή σχήματα για να εξασφαλίσουν τη σταθερότητα των αρχιτεκτονικών τους δομών.

Είναι η σειρά των βημάτων για την κατασκευή μιας αψίδας σημαντική;

Στην οικοδόμηση μιας αψίδας, η σειρά των βημάτων που πρέπει να ακολουθηθούν είναι σημαντική. Πρέπει να ξεκινήσουμε με την κατασκευή της βάσης και των δύο πλευρών της αψίδας και μετά να προχωρήσουμε στην κορυφή, όπου ολόκληρη η δομή της αψίδας συνδέεται με τον ακρογωνιαίο της λίθο – την πέτρα στη μέση, συνήθως μεγαλύτερη και με διαφορετικό σχήμα από τις άλλες. Επιπλέον, ο νόμος των δυνάμεων στη φυσική μας επιτρέπει να δημιουργήσουμε μια αψίδα χωρίς να χρησιμοποιήσουμε έναν ακρογωνιαίο λίθο, αλλά μόνο τραπεζοειδή στοιχεία που έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά αντοχής.

Πώς μπορεί η αψίδα να ελέγξει την πίεση που ασκείται από το βάρος των μεγάλων και πιο περύπλοκων κτιρίων;

Η αψίδα κατευθύνει την πίεση προς τα κάτω και προς τα έξω, δημιουργώντας έτσι ένα ισχυρό πέρασμα από κάτω που έχει την ικανότητα να υποστηρίζει τις βαριές κατασκευές. Αυτό ονομάζεται συμπιεστική δύναμη, καθώς η πίεση που ασκεί το βάρος επηρεάζεται από το σχήμα της αψίδας. Επειδή η συμπιεστική δύναμη κατευθύνεται τόσο προς τα κάτω όσο και προς τα έξω, οι τοίχοι ή άλλες κατασκευές όπως τα αντιστηρίγματα ήταν απαραίτητες για την ενίσχυση της σταθερότητας της δομής της αψίδας. Όλες αυτές οι δυνάμεις δρουν από κοινού για να

δημιουργήσουν μια ανθετική και σταθερή δομή. Παρ' όλα αυτά, η αψίδα μπορεί να αντέξει την πίεση των ισχυρών κατακόρυφων δυνάμεων που επενεργούν στη δομή της, τόσο λόγω του γενικού της σχήματος όσο και των επιμέρους στοιχείων της. Για την κατασκευή της χρησιμοποιούνταν σφηνοειδείς κύβοι των οποίων η κοπή έπρεπε να γίνεται με γνώμονα τις ακριβείς μετρήσεις. Η αψίδα επέτρεψε στους αρχαίους τεχνίτες να οικοδομήσουν μεγαλύτερα και αρχιτεκτονικά πιο σύνθετα κτίρια με μεγαλύτερη χωριτικότητα για να χωρέσουν περισσότερους ανθρώπους.

Το κύριο χαρακτηριστικό μιας ρωμαϊκής αψίδας είναι ο ακρογωνιαίος λίθος - η πέτρα στην κορυφή της αψίδας. Είναι η τελευταία πέτρα που τοποθετείται κατά τη διάρκεια της κατασκευής και είναι αυτή που «κλειδώνει» όλες τις άλλες πέτρες της αψίδας στη θέση τους. Ο ακρογωνιαίος λίθος δεν φέρει σχεδόν κανένα βάρος, αλλά είναι το κέντρο της ανακατεύθυνσης του βάρους της δομής προς τα κάτω και προς τα έξω. Οι Ρωμαίοι κατασκεύαζαν αψίδες με κυκλικές κορυφές, οι οποίες ονομάζονταν στρογγυλεμένες αψίδες, και οι οποίες κατασκευάζονταν από πέτρα. Μια σειρά από στρογγυλεμένες αψίδες δίπλα-δίπλα ονομάζεται στοά.

Δραστηριότητες αξιολόγησης

Ποιοι εφηύραν την αψίδα;

Ονομάστε τις δυνάμεις που δρουν σε μια αψιδωτή δομή που διαθέτει αντιστήριγμα ή σχοινί στη βάση της.

Τι είναι ένας ακρογωνιαίος λίθος;

Ποιο ήταν το σχήμα των τούβλων μιας αψίδας;

Γιατί είναι τόσο σημαντικές αυτές οι δομές στην αρχιτεκτονική;

Πού χρησιμοποιούνται οι αψίδες; Αναφέρετε μερικά παραδείγματα αψίδων που χρησιμοποιούνταν στην αρχαιότητα και που χρησιμοποιούνται ακόμα στις μέρες μας.

Ποιος παράγοντας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο μήκος και το ύψος μιας αψίδας;

Πηγές:

- [The Impressive Engineering of the Roman Arch - YouTube](#)
- [The Roman Arch: Definition, Construction & History - Video & Lesson Transcript | Study.com](#)
- [Roman Arch - hoffnerphysics](#)
- [Structures - The Arch - YouTube](#)

Παράρτημα – Φωτογραφίες από αρχαία οικοδομήματα (Πηγή: Stock images)

