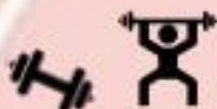


ΦΥΣΙΚΗ

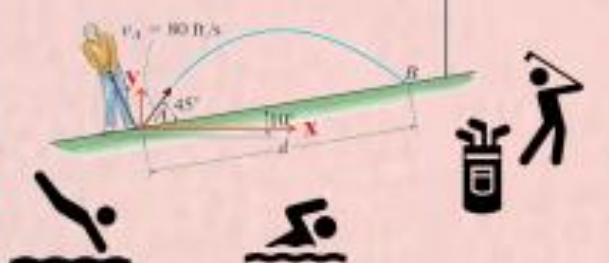
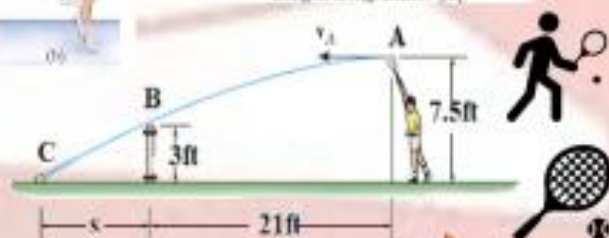
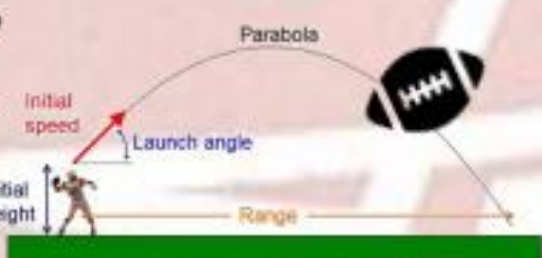
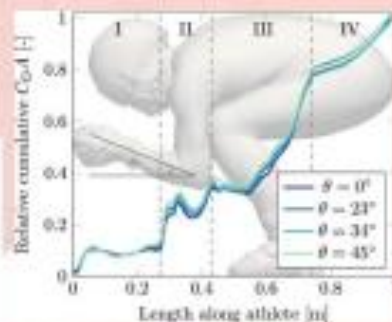
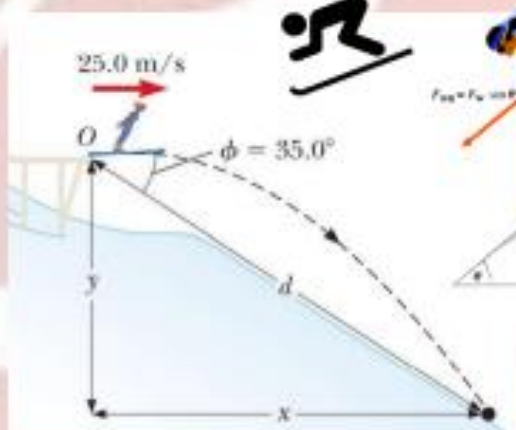
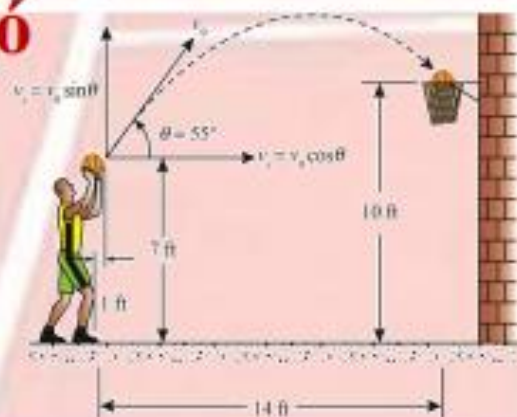
σκέψη



ΠΕΡΙΟΔΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ
ΤΟΥ ΚΟΛΛΕΓΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΤΟΣ 2024 - 2025



Η Φυσική στον αθλητισμό



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Αγαπητοί αναγνώστες

- Λίγα λόγια για το περιοδικό

- Πόστερς:

Μελέτη της αεροδυναμικής σε αγωνιστικό ποδήλατο δρόμου και τακτικών που ακολουθούν οι ομάδες για την βελτιστοποίηση της απόδοσης

Η επίδραση των Φυσικών Νόμων και Περιβαλλοντικών Παραγόντων στην Αυτόνομη Κατάδυση

Συστηματική μελέτη των ανθρώπινων ικανοτήτων και των επιστημονικών καινοτομιών στην F1

Μελέτη Ορισμένων Φυσικών Αρχών και Νόμων που Αξιοποιούνται στην Βελτίωση των Επιδόσεων στο Άθλημα του Αλπικού Σκι

Μία Μελέτη για την Κινηματική και Δυναμική Προσέγγιση των Αλμάτων στο Καλλιτεχνικό Πατινάζ

Μελέτη δυνάμεων και προσανατολισμού σώματος του αθλητή κατά την φάση εκκίνησης και επιτάχυνσης στο αγώνισμα των 100 m

- Παρουσίαση:

Μία Συστηματική Ανάλυση των Εμ-Βιομηχανικών Αρχών που περιγράφουν την Κίνηση Τρεξίματος Μέγιστης Έντασης «σπριντ» Αθλητών με Προσθετικά Μέλη

- Εργασία:

Μελέτη της Αεροδυναμικής της Κίνησης της μπάλας ποδοσφαίρου σε εναέριες Αλλαγές Κατεύθυνσης με Ιδιοπεριστροφή (φάλτσο)

- Εκπαιδευτική Επίσκεψη στο Παρίσι

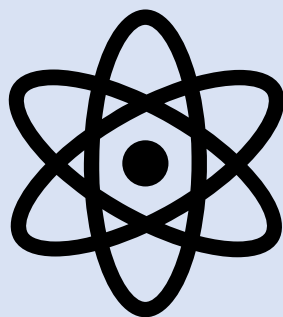
- Διαδικτυακή παρουσίαση από τον Bruce Tiller, πρώην διευθυντή του "Boosters Office for the Space Launch System (SLS) at NASA's Marshall Space Flight Center in Huntsville"

- Παρουσίαση από τον αστροφυσικό Παύλο Καστανά (Astronio)

- Συμμετοχή της Φυσικής Σκέψης στο «4ο Μαθητικό Συνέδριο Έρευνας και Επιστήμης»

- Επίλογος

- Οι μαθητές του ομίλου



Αγαπητοί αναγνώστες,

Με μεγάλη χαρά σας παρουσιάζουμε το νέο τεύχος του περιοδικού **«Φυσική Σκέψη»**, μια συλλογική προσπάθεια που αντανakλά τη δημιουργικότητα, την ερευνητική διάθεση και το ομαδικό πνεύμα των μαθητών της Γ' Γυμνασίου.

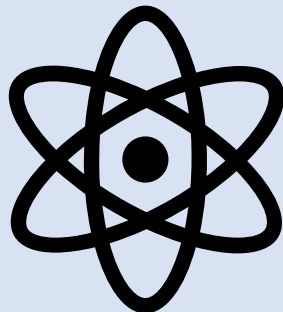
Κατά τη διάρκεια της χρονιάς, στον Όμιλο «Φυσική Σκέψη» που πραγματοποιείται κάθε Τρίτη απόγευμα, οι συμμετέχοντες ήρθαν σε επαφή με τη μεθοδολογία της επιστημονικής έρευνας και ανέπτυξαν κριτική σκέψη μέσα από ερωτήματα που υπερβαίνουν το πλαίσιο της διδακτέας ύλης.

Η φετινή χρονιά ήταν πλούσια σε δραστηριότητες που άφησαν το αποτύπωμά τους. Οι μαθητές συμμετείχαν ενεργά σε μαθητικό συνέδριο στο Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δημόκριτος», παρουσιάζοντας εργασίες και posters, οι οποίες θα συμπεριληφθούν στα επίσημα πρακτικά του συνεδρίου. Επίσης, είχαμε την τιμή να υποδεχτούμε τον αστροφυσικό και απόφοιτο του σχολείου μας, Π. Καστανά **(γνωστό και ως Astronio)**, ο οποίος μας μύησε με ενθουσιασμό στα μυστήρια του σύμπαντος. Εξίσου ξεχωριστή υπήρξε και η διαδικτυακή παρουσίαση του Bruce Tiller, **πρώην** μηχανικού της NASA, για το διαστημικό πρόγραμμα Artemis που φιλοδοξεί να εγκαταστήσει αυτή τη φορά τον άνθρωπο στη Σελήνη.

Η χρονιά, όπως πάντα, περιλάμβανε προετοιμασία για πανελλήνιους διαγωνισμούς φυσικής και έντονη εργαστηριακή δραστηριότητα που αποτέλεσε και το επίκεντρο της δουλειάς μας. Η καθιερωμένη εκπαιδευτική επίσκεψη στο Παρίσι πραγματοποιήθηκε και φέτος με μεγάλη επιτυχία, ενισχύοντας τη σύνδεση των φυσικών επιστημών με τον πολιτισμό και την ιστορία. Στο τέλος της χρονιάς, οι μαθητές παρουσίασαν τις εργασίες τους σε υποψήφια νέα μέλη του Ομίλου, εμπνέοντας την επόμενη γενιά επιστημόνων.

Στις σελίδες που ακολουθούν, σας προσκαλούμε να διαβάσετε τα άρθρα για τις δραστηριότητες της «Φυσικής Σκέψης» και τα επιστημονικά posters παρουσίασαν οι μαθητές μας στο συνέδριο στο Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δημόκριτος» – όλα γεννήματα της αγάπης για τη φυσική και της χαράς της ανακάλυψης.

Καλή ανάγνωση!



Λίγα λόγια για το περιοδικό

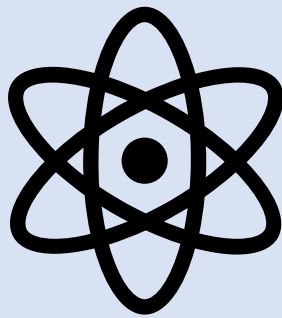
Όπως κάθε χρόνο, ο απογευματινός όμιλος της Φυσικής Σκέψης ολοκλήρωσε τη χρονιά με την παρουσίαση ερευνητικών εργασιών από τους μαθητές του. Οι εργασίες αυτές αποτελούν τον καρπό πολύμηνης προσπάθειας και στοχασμού, συνδυάζοντας επιστημονική ακρίβεια με δημιουργική προσέγγιση.

Το φετινό θέμα του περιοδικού, «Εφαρμογές της Φυσικής στον Αθλητισμό», έδωσε την ευκαιρία στους μαθητές να διερευνήσουν πώς οι φυσικοί νόμοι εκδηλώνονται και αξιοποιούνται στον χώρο της άσκησης, της προπόνησης και της αθλητικής επίδοσης. Οι εργασίες που προέκυψαν καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα ερωτημάτων, από τη βελτιστοποίηση της κίνησης και την ανάλυση δυνάμεων έως τη χρήση τεχνολογίας για τη μέτρηση και την πρόβλεψη της απόδοσης σε διάφορα αθλήματα.

Φέτος, έχουμε την ιδιαίτερη χαρά και τιμή να ανακοινώσουμε ότι οι περισσότερες από τις εν λόγω εργασίες πρόκειται να δημοσιευτούν στο επιστημονικό περιοδικό του 4ου Μαθητικού συνεδρίου έρευνας & επιστήμης που διοργανώθηκε υπό την αιγίδα του ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, γεγονός που αναδεικνύει τη σοβαρότητα και το υψηλό τους επίπεδο. Για τον λόγο αυτό, δεν περιλαμβάνονται στο πλήρες κείμενό τους στις σελίδες του περιοδικού μας, καθώς η προδημοσίευση θα αντέβαινε στους όρους της επίσημης έκδοσης.

Ωστόσο, προκειμένου να τιμήσουμε την προσπάθεια των μαθητών και να δώσουμε μια εικόνα της θεματολογίας και της δημιουργικότητας που αναπτύχθηκε, επιλέξαμε να παρουσιάσουμε στο παρόν τεύχος τα επιστημονικά πόστερ και παρουσιάσεις των εργασιών τους. Μέσα από αυτά, ο αναγνώστης μπορεί να πάρει μια ουσιαστική γεύση από τη μεθοδολογία, τα αποτελέσματα και τη σημασία κάθε ερευνητικής προσπάθειας.

Θερμά συγχαρητήρια σε όλους τους μαθητές που συμμετείχαν και ένα μεγάλο ευχαριστώ για τη συμβολή τους στη διαμόρφωση μιας ζωντανής και δυναμικής επιστημονικής κοινότητας.





Μελέτη της αεροδυναμικής σε αγωνιστικό ποδήλατο δρόμου και τακτικών που ακολουθούν οι ομάδες για την βελτιστοποίηση της απόδοσης

Νικόλας Νικόπουλος¹ ~ Μάξιμος Ουίλκινσον¹ ~ Ελένη Παπαδημητρίου¹ ~ Ιωάννα Πεταλά¹
Δημητριάδης Σάββας² ~ Τζαβιδόπουλος Ηλίας²

1: Μαθητής Κολεγίου Αθηνών 2: Καθηγητής Κολεγίου Αθηνών

Περίληψη

Κατά την διάρκεια ενός ποδηλατικού αγώνα πρέπει να έχει βαθιά επίγνωση της αεροδυναμικής του ποδηλάτου και τακτικής που πρέπει να ακολουθηθεί για να οδηγήσει στην νίκη. Μέσα της έρευνάς μας θέλουμε να εντοπίσουμε κάποιους από τους καλύτερους τρόπους ώστε να βελιωθούν τα αποτελέσματα στην επαγγελματική ποδηλασία προκειμένου να υπάρξει σημαντική βελτίωση αποτελεσμάτων χρησιμοποιώντας καλή κατανόηση της αεροδυναμικής. Στην έρευνά μας πήραμε πολλές πληροφορίες από διάφορες έρευνες όσο αφορά το ποδήλατο και την αεροδυναμική του, συνδυάζοντας τις πληροφορίες, αντιπαραθέτουμε κάποιους. Κάποια από τα πιο σημαντικά ευρήματά μας είναι τα παρακάτω: Η αεροδυναμική αντίσταση είναι ένας βασικός παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση ενός ποδηλάτη, ιδιαίτερα όταν η ταχύτητα υπερβαίνει τα 15 χλμ/ώρα. Κατά τη διάρκεια ενός σπριντ, η αντίσταση αυτή περιορίζει την επιτάχυνση και την τελική ταχύτητα, καθώς αυξάνεται σημαντικά όσο μεγαλώνει η ταχύτητα. Η δύναμη της αεροδυναμικής αντίστασης αυξάνεται με τον κύβο της ταχύτητας, καθιστώντας τη σημαντική σε υψηλές ταχύτητες και απαιτώντας μεγαλύτερη προσπάθεια για να την ξεπεράσει ο ποδηλάτης. Η δύναμη του σπριντ εξαρτάται από τη σχέση μεταξύ της ισχύος που παράγει ο ποδηλάτης και της αντίστασης, η οποία ορίζει πόσο γρήγορα μπορεί να επιταχύνει από την αρχική του ταχύτητα έως την τελική του. Η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να επιτύχει καθορίζεται από την ισχύ που παράγει, σε συνδυασμό με την αντίσταση που προκαλείται από την επιφάνεια και τον αεροδυναμικό συντελεστή του ποδηλάτη. Το χαρακτηριστικό μήκος σπριντ προσδιορίζει τη συνολική απόσταση που χρειάζεται ο ποδηλάτης για να φτάσει την τελική του ταχύτητα (περίπου 150 μέτρα). Στη διάρκεια του σπριντ, η ταχύτητα αυξάνεται εκθετικά μέχρι να φτάσει την τελική τιμή της, που εξαρτάται από τη δύναμη που παράγεται και από το πόσο αεροδυναμικός είναι ο ποδηλάτης. Οι ποδηλάτες χρησιμοποιούν την αεροδυναμική τακτική του "drafting" ώστε μειώσουν σημαντικά την αντίσταση του αέρα και να εξοικονομήσουν ενέργεια κατά τη διάρκεια ενός αγώνα. Το drafting συμβαίνει όταν ένας ποδηλάτης ακολουθεί πολύ κοντά πίσω από έναν άλλο, εκμεταλλευόμενος το ρεύμα αέρα που δημιουργείται. Σε αγώνες ομαδικής καταδίωξης ή χρονόμετρα, οι ποδηλάτες ανατάσσονται στην ηγετική θέση, επιτρέποντας στους υπόλοιπους να επωφεληθούν από το drafting, διατηρώντας τη συνολική ταχύτητα της ομάδας και εξοικονομώντας ενέργεια για κρίσιμες στιγμές.

Εισαγωγή

Η αεροδυναμική αντίσταση παίζει καθοριστικό ρόλο στην απόδοση του ποδηλάτη, ειδικά όταν η ταχύτητα ξεπερνά τα 15 χλμ/ώρα, όπου η συμβολή της γίνεται κυρίαρχη. Κατά τη διάρκεια σπριντ, η αύξηση της αντίστασης περιορίζει την επιτάχυνση και την τελική ταχύτητα, αφού η δύναμη της αντίστασης αυξάνεται με τον κύβο της ταχύτητας, απαιτώντας διαρκώς μεγαλύτερη ισχύ για την υπέρβασή της. Η τελική ταχύτητα που επιτυγχάνει ο ποδηλάτης εξαρτάται από την παραγόμενη ισχύ, τη γεωμετρία του σώματος και τον αεροδυναμικό συντελεστή. Παράλληλα, η απόσταση που απαιτείται για να φτάσει ο ποδηλάτης την τελική ταχύτητα είναι κρίσιμη και συνήθως ανέρχεται σε περίπου 150 μέτρα για έναν μέσο ποδηλάτη 80 κλών.



Εκτός από το drafting, η επιλογή του εξοπλισμού, όπως αεροδυναμικά κράνη και ρουχισμός, καθώς και η βελτιστοποίηση της θέσης του ποδηλάτη, συμβάλλουν στη μείωση της αντίστασης και στη βελτίωση της συνολικής απόδοσης.

Για την αντιμετώπιση αυτών των περιορισμών, οι ποδηλάτες εφαρμόζουν τεχνικές, όπως το "drafting", όπου εκμεταλλεύονται τη μείωση της αεροδυναμικής αντίστασης ακολουθώντας από κοντά έναν άλλο ποδηλάτη. Αυτή η στρατηγική μπορεί να μειώσει την αντίσταση έως και 50%, επιτρέποντας οικονομία ενέργειας και διατήρηση υψηλών ταχυτήτων. Σε ομαδικούς αγώνες, η συνεχής εναλλαγή της ηγετικής θέσης επιτρέπει την εξοικονόμηση ενέργειας για κρίσιμες φάσεις, όπως η τελική επιτάχυνση.

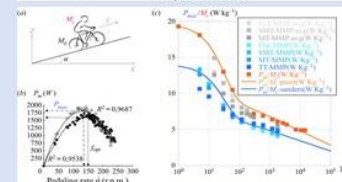
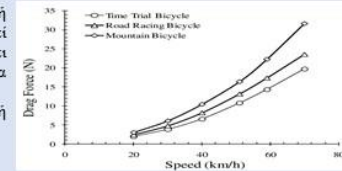
Βασικά Ευρήματα παλαιότερων εργασιών

- Ο ποδηλάτης πρέπει να βρίσκεται σε μια αεροδυναμική θέση κατά την οποία πρέπει να σκύβει και να διατηρεί μια χαμηλή, κεκαλωμένη στάση έτσι ώστε να μειώνει την έκθεση της μπροστινής επιφάνειας στον αέρα και να ελαχιστοποιεί την αεροδυναμική αντίσταση.
- Ο παρακάτω τύπος μας δίνει την αεροδυναμική αντίσταση ενός σώματος:

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$$

- F_d Η αεροδυναμική δύναμη αντίστασης που ασκείται στον ποδηλάτη.
- C_d Ο συντελεστής οπισθέλκουσας. Εξαρτάται από τη θέση του ποδηλάτη, τη μορφή του σώματος και τα χαρακτηριστικά της ποδηλατικής στολής.
- ρ Η πυκνότητα του αέρα, η οποία επηρεάζεται από το υψόμετρο, τη θερμοκρασία και την υγρασία.
- A Η μετωπική επιφάνεια του ποδηλάτη και του ποδηλάτου. Εξαρτάται κυρίως από την στάση του ποδηλάτη.
- v Η ταχύτητα του ποδηλάτη σε σχέση με τον αέρα. Εξαρτάται από την ταχύτητα του ποδηλάτη ως προς το έδαφος αλλά και την ταχύτητα και την φορά του ανέμου.

- Μετά τα 16χλμ/ώρα, περίπου το 50% της δύναμης που καταβάλλει ο ποδηλάτης ξοδεύεται για να υπερνικήσει την αντίσταση του αέρα.
- Όσο αυξάνεται η ταχύτητα τόσο μεγαλώνει το ποσοστό και στα 48χλμ/ώρα ξεπερνάει το 90%.



Year	Stage	Type	Winner	L_a (m)	M_a (kg)	D (m)	F (N)	$\dot{V}_{O_2}$ (l/min)	P_{max} (W)	V_{max} (km/h)	Error (%)	
2009	13	SMT	J. Alaphilippe	1.73	62	27.2	39'00"	46.6	378	48.9	5.0	
2018	20	SMT	T. Dumoulin	1.85	69	31	40'52"	45.5	411	50.3	10.7	
2007	1	FLT	G. Thomas	1.83	71	14	06'04"	52.3	479	53	1.4	
2010	20	SMT	M. Bodnar	1.86	75	22.5	28'15"	47.8	470	52.7	10.2	
2016	13	SMT	T. Dumoulin	1.85	69	27.5	50'15"	44.8	399	48.9	11.4	
18	MT	C. Fosse	1.86	66	17	30'43"	33.2	409	50.3	51.5		
2015	1	FLT	R. Dennis	1.82	72	13.8	14'56"	55.4	490	53.4	3.6	
2014	20	SMT	T. Martin	1.85	75	54	16'02"	48.8	416	50.5	3.6	
2013	11	FLT	T. Martin	1.85	75	33	36'29"	54.3	454	52	4.0	
17	MT	C. Fosse	1.86	66	33	51'35"	38.4	380	49.0	27		
2012	1	FLT	F. Canclaux	1.86	82	6.4	7'13"	53.2	606	57.3	7.8	
9	SMT	B. Wiggins	1.90	69	41.5	51'24"	48.4	397	49.8	2.8		
19	FLT	B. Wiggins	1.90	69	53.5	15'47"	50.0	384	49.3	1.4		
2011	20	SMT	T. Martin	1.85	75	42.5	55'33"	45.9	427	51.0	11.1	
2010	1	FLT	F. Canclaux	1.86	82	8.9	10'07"	53.4	585	56.6	6.1	
19	FLT	F. Canclaux	1.86	82	52	16'56"	51.2	469	52.3	2.2		

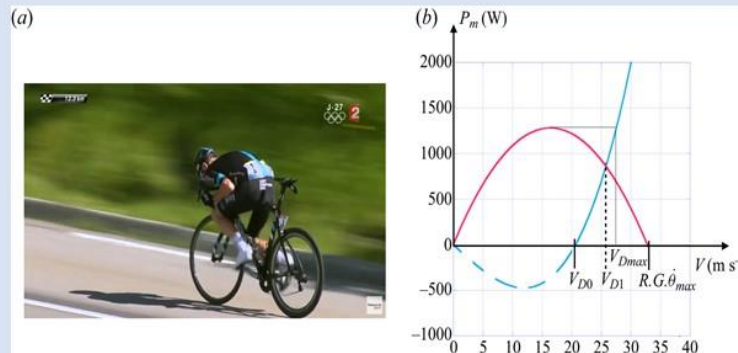
Προτάσεις για Μελλοντικές Μελέτες

- Να εστιασθούν στην ανάλυση της αεροδυναμικής αντίστασης σε διαφορετικές ταχύτητες και θέσεις σώματος, καθώς αυτή επηρεάζει σημαντικά την απόδοση, ειδικά σε υψηλές ταχύτητες όπου η αντίσταση αυξάνεται με τον κύβο της ταχύτητας.
- Επιπλέον, θα ήταν χρήσιμο να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα της τακτικής του drafting σε διάφορες αγωνιστικές συνθήκες και στρατηγικές, καθώς η μείωση της αντίστασης μέσω αυτής της τακτικής μπορεί να φτάσει έως και 50%.
- Τέλος, οι μελέτες μπορούν να εστιασθούν στη βελτίωση του εξοπλισμού και των θέσεων του ποδηλάτη μέσω προσομοιώσεων και ανάλυσης δεδομένων, συνδυάζοντας τις τεχνικές της αεροδυναμικής με τις απαιτήσεις των αγώνων.



Σχολιασμός-Συμπεράσματα

- Η αεροδυναμική παίζει καταλυτικό ρόλο στην βελτιστοποίηση της απόδοσης ενός ποδηλάτου.
- Στην μείωση της αεροδυναμικής αντίστασης είναι σημαντικά: τα ρούχα, ο εξοπλισμός και η θέση του ποδηλάτη.
- Η αεροδυναμική παίζει καθοριστικό ρόλο στις τακτικές των επαγγελματικών ποδηλάτων.



Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Crouch, Timothy N., et al. "Riding Against the Wind: A Review of Competition Cycling Aerodynamics." *Sports Engineering*, vol. 20, no. 2, May 2017, pp. 81-110. <https://doi.org/10.1007/s12283-017-0234-1>.
- fyfluidynamics. "Getting Aero - How Riding Position Affects Cyclists." YouTube, 30 June 2017, www.youtube.com/watch?v=XagSFU7gMLY.
- Global Cycling Network. "How Important Are Aerodynamics in Pro Cycling? With Team Sky." YouTube, 8 Jan. 2016, www.youtube.com/watch?v=3kqeGIG26ug.
- Иван Голыбе. "How to Win a Sprint." YouTube, www.youtube.com/watch?v=McqmIPRhzss. Accessed 21 Oct. 2024.
- "An Experimental Study of Bicycle Aerodynamics." *ResearchGate*, https://www.researchgate.net/publication/259742352_An_experimental_study_of_bicycle_aerodynamics. Accessed 21 Oct. 2024.
- "Physics of Road Cycling and the Three Jerseys Problem." *Journal of Fluid Mechanics*, Cambridge Core, <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-fluid-mechanics/article/physics-of-road-cycling-and-the-three-jerseys-problem/8D45F4D12E12367A0F8076B354F53959>. Accessed 21 Oct. 2024, originally published 8 Mar. 2021.
- "The Wind-Averaged Aerodynamic Drag of Competitive Time Trial Cycling Helmets." *Procedia Engineering*, 11 June 2010, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705810002638>.



Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΚΑΤΑΔΥΣΗ

Σακελλάρη Μαρίλια, Σταμέλου Ναταλία, Σταυριανού Εύα

-ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΚΟΛΛΕΓΙΟ ΑΘΗΝΩΝ- Καθηγητές: Η. Τζαβιδόπουλος Σ. Δημητριάδης

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η φυσική είναι η επιστήμη που ασχολείται με την ύλη, την ενέργεια και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Η παρουσίαση αυτή, διερευνά φυσικούς νόμους και αρχές που σχετίζονται με το καταδυτικό περιβάλλον, τον εξοπλισμό και την επιρροή/επίδραση αυτών στον δύτη. Οι αρχές της φυσικής αποτελούν τον θεμέλιο για την κατανόηση και την εφαρμογή διαφόρων διαδικασιών του αθλήματος της κατάδυσης.

ΦΥΣΙΚΟΙ ΝΟΜΟΙ-ΑΡΧΕΣ

Αρχή Αρχιμήδη-άνωση:-

- Ένα σώμα επιπλέει, βυθίζεται ή μένει ισορροπημένο μέσα στο νερό, ανάλογα με το βάρος του νερού που έχει εκτοπιστεί. Η άνωση επηρεάζεται από την πυκνότητα του νερού

Νόμος του Boyle:

- Η πίεση και ο όγκος των αερίων είναι αντιστρόφως ανάλογα, με αποτέλεσμα σε μεγάλο βάθος, η πίεση να αυξάνεται, αλλά ο όγκος των πνευμόνων του δύτη και του αέρα της φιάλης να μειώνονται

Νόμος του Henry:

- Η ποσότητα ενός αερίου που διαλύεται σε ένα υγρό είναι ανάλογη με την πίεση του αερίου αυτού, σε μεγαλύτερα βάθη, η πίεση του αέρα σταδιακά αυξάνεται, με αποτέλεσμα όλο και περισσότερο άζωτο να διαλύεται στο αίμα του δύτη. Αυτό σημαίνει ότι απαιτούνται στάσεις αποσυμπίεσης, για την αποφυγή της θανατηφόρας νόσου των δυτών

ΠΙΕΣΗ

$$P = F/A$$

Υποβρύχια ένας δύτης επηρεάζεται από δύο τύπους πίεσης:

1. Η πίεση που ασκεί η ατμόσφαιρα

Ατμοσφαιρική Πίεση

Η ατμοσφαιρική πίεση είναι η πίεση που ασκεί η ατμόσφαιρα της γης. μειώνεται με το υψόμετρο πάνω από τη θάλασσα

2. Η πίεση που ασκείται από το περιβάλλον νερό

Υδροστατική Πίεση

Η πίεση λόγω του βάρους του νερού ονομάζεται «υδροστατική πίεση». Το βάρος του νερού είναι σωρευτικό. Όσο πιο βαθιά είναι η κατάδυση, τόσο περισσότερο νερό υπάρχει πάνω από τον δύτη και τόσο μεγαλύτερο είναι το βάρος αυτού του νερού

Ένας δύτης, σε οποιοδήποτε βάθος, πρέπει να βρίσκεται σε ισορροπία πίεσης με τις δυνάμεις σε αυτό το βάθος

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Συσκευή κατάδυσης (BCD):

- Έλεγχος πλευστότητας του δύτη μέσω προσθήκης ή αφαίρεσης αέρα
- Χρήση βαλβίδας για μέτρηση αέρα που εισέρχεται ή εξέρχεται

Προστατευτική στολή:

Η στολή που φοράει ο δύτης και ανάλογα με την θερμοκρασία του νερού προστατεύει το σώμα σε διαφορετικά περιβάλλοντα

Στολή ξηρού τύπου :

- Σε κρύο νερό, κρατάει το σώμα ζεστό και προστατεύει από ερεθισμούς

Στολή υγρού τύπου:

- Σε ζεστό νερό, επιτρέπει στο νερό να εισέλθει, αυτό θερμαίνεται από το σώμα, δημιουργώντας μια λεπτή στρώση ζεστού νερού που προσφέρει ορισμένη θερμική προστασία

Πέδιλα:

- Βοηθούν στην εύκολη, γρήγορη κίνηση δίχως κατανάλωση μεγάλης ποσότητας ενέργειας
- Διευκόλυνση και διαχείριση κατεύθυνσης
- Προσφορά σταθερότητας, ελέγχου ώστε η διαδικασία κατάδυσης να είναι επιτυχή

Φιάλη αέρα:

- Περιέχει συμπιεσμένο αέρα για την παροχή απαραίτητου οξυγόνου στον δύτη υποβρυχίως, διασφαλίζοντας ασφάλεια και άνεση

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η θερμότητα σχετίζεται με την κίνηση των μορίων. Όσο πιο γρήγορα κινούνται τα μόρια, τόσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία.

Η θερμοκρασία συνήθως μετριέται είτε με την κλίμακα Φαρενάιτ (°F) είτε με την κλίμακα Κελσίου (C). Οι κλίμακες θερμοκρασίας Κελσίου (C) και Κέλβιν (K) χρησιμοποιούνται στο S.I. Μαθηματική σχέση: $C + 273 = K$

ΒΑΡΥΤΗΤΑ+ΒΑΘΟΣ

Βαρύτητα: το ειδικό βάρος είναι ο λόγος του βάρους ενός δεδομένου όγκου μιας ουσίας (πυκνότητα) προς αυτόν ενός ίσου όγκου μιας άλλης ουσίας (νερό ή αέρας)

Βάθος: η μονάδα μέτρησης βάθους στο S.I. είναι το μέτρο. Τα μικρότερα μήκη μετρώνται σε εκατοστά (cm) ή χιλιοστά (mm). Τα μεγαλύτερα μήκη μετρώνται σε χιλιόμετρα(km)

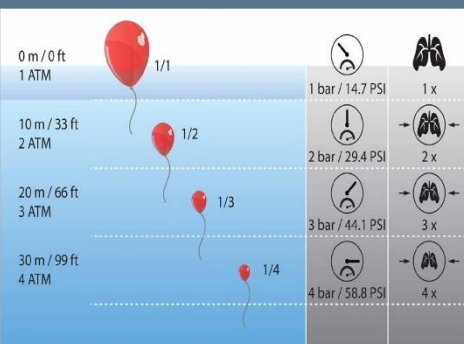
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Σε όλα τα βάθη, ο δύτης πρέπει να αντισταθμίσει την πίεση που ασκείται από την ατμόσφαιρα, το νερό και τα αέρια που χρησιμοποιούνται για την αναπνοή κάτω από το νερό. Αυτή η αντιστάθμιση πρέπει πάντα να θεωρείται ως προς την επίτευξη και τη διατήρηση μιας ισορροπίας μεταξύ της πίεσης στο εσωτερικό του σώματος και της εξωτερικής πίεσης
- Η διατήρηση της σωστής θερμοκρασίας του πυρήνα του σώματος είναι κρίσιμη για την ασφάλεια του αθλητή
- Η υδροστατική και η ατμοσφαιρική πίεση επηρεάζουν τον δύτη
- Η άνωση ενός δύτη εξαρτάται από την πυκνότητα του νερού, φρέσκο έναντι αλατιού
- Η προστατευτική στολή, κρατά όσο το δυνατό περισσότερο το σώμα σε σταθερή, ήπια θερμοκρασία

ΠΗΓΕΣ

Environmental Health & Safety,
www.ehs.ucsb.edu/sites/default/files/docs/dbs/physi cs.pdf.

www.scaquarium.org/wp-content/uploads/2015/11/Physics



Archimedes Principle & Diving



Συστηματική μελέτη των ανθρωπίνων ικανοτήτων και των επιστημονικών καινοτομιών στην F1

Γ. Γαλλούσης¹, Γ. Γλυνός², Δ. Ευσταθοπούλου¹, Σ. Μαυρογιώργου¹
Σ. Δημητριάδης², Η. Τζαβίδου² (1. Μαθητής Κολλεγίου Αθηνών, 2. Καθηγητής Κολλεγίου Αθηνών)



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Formula 1 είναι ένα μηχανοκίνητο άθλημα που συνδυάζει την ανθρώπινη ικανότητα και την επιστημονική γνώση. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται πολλές από τις καινοτομίες και ιδιαιτερότητες του αθλήματος, αναλύοντας τους τρόπους με τους οποίους οι ομάδες φτάνουν στο καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα για τα μονοθέσια τους και τους οδηγούς τους, βασίζοντας σε αρχές και νόμους της φυσικής. Στην εργασία αυτή, κάνοντας μια βιβλιογραφική ανασκόπηση, παρουσιάζεται η επίδραση των φυσικών νόμων σε τομείς όπως η αεροδυναμική του μονοθέσιου και οι δυνάμεις που ασκούνται στον οδηγό και στο μονοθέσιο κατά τη διάρκεια του αγώνα. Στόχος αυτής της εργασίας είναι η ανάδειξη του τρόπου με τον οποίο η πρόοδος της επιστήμης έχει οδηγήσει, στη βελτιστοποίηση των επιδόσεων των οχημάτων και της ασφάλειας των οδηγών. Τέλος, γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στους κανονισμούς της παγκόσμιας ομοσπονδίας του αθλήματος (FIA), οι οποίοι, αν και εκ πρώτης όψεως φαίνεται να καθυστερούν την πρόοδο του μηχανοκινήτου αθλήματος, τελικά προωθούν την επιστημονική καινοτομία και τη δημιουργικότητα στην επίλυση προβλημάτων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

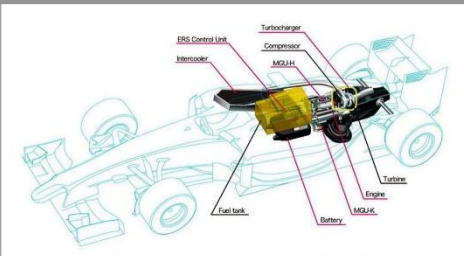
Μέσω της έρευνας μας, οδηγήσαμε στην παρατήρηση των αμέτρητων καινοτομιών στην κατηγορία της Formula 1 οι οποίες εφαρμόστηκαν με τον χρόνο στην καθημερινότητά μας, καθώς και σε άλλα αθλήματα του ίδιου τομέα. Οι καινοτομίες αυτές ανέδειξαν περαιτέρω την ήδη πρωτοποριακή του παρουσίας στον τομέα της μηχανοκίνησης από την πρώτη του εμφάνιση. Η εργασία μας αποτελείται από μια σύνοψη πολλών διακεκριμένων επιστημονικών ερευνών, οι οποίες υπογραμμίζουν τις τεχνολογίες που εφαρμόστηκαν αρχικά στην F1 και έπειτα στον γενικότερο κόσμο της αυτοκίνησης.

ΕΥΡΗΜΑΤΑ

Κινητήρες

Ξεκινώντας από την δεκαετία του 50, το σπορ απομακρύνθηκε από τους μεγάλους προ-β' παγκοσμίου κινητήρες (4.5 λίτρα εάν ο κινητήρας έτρεχε σε ατμοσφαιρική πίεση και 1.5 λίτρα εάν ο κινητήρας ήταν υπερτροφοδοτούμενος δηλ. ένας κινητήρας με συσκευή συμπίεσης αέρα που κάνει την καύση πιο αποτελεσματική, επιτρέποντας μεγαλύτερες αποδόσεις) σε πιο μικρούς κινητήρες (2.5 λίτρα ατμοσφαιρικής και 750 cc υπερτροφοδοτούμενου) αλλά ταυτόχρονα και μικρότερα οχήματα, δύο αλλαγές οι οποίες αντιστάθμισαν η μία την άλλη, οδηγώντας σε τελικά παρόμοιες αποδόσεις. Η απόφαση αυτή πάρθηκε από το κυβερνητικό σώμα της κατηγορίας Formula 1, την FIA, λόγω των γελοίων ισχύων που μπορούσαν να φτάσουν οι προ-β' παγκοσμίου κινητήρες. Η επόμενη μεγάλη αλλαγή στους κανονισμούς της κατηγορίας έφτασε το 1961, όπου το μέγιστο μέγεθος των κινητήρων μειώθηκε ξανά από τα 2.5 λίτρα στα 1.5 λίτρα για κινητήρες ατμοσφαιρικής πίεσης. Επίσης, η χρήση υπερτροφοδοτήτων απαγορεύτηκε, μιας και δεν ήταν πρακτική η περαιτέρω ομίχλησή τους. Ο λόγος που πραγματοποιήθηκε αυτή η αλλαγή δεν είναι ξεκάθαρος αλλά είχε τεράστια επιρροή στην απόδοση των μονοθέσιων, μιας και τώρα ήταν πολύ υποδυναμικά σε σχέση με πριν, κάτι που να έκανε πιο αργά από τα εμπορικά σπορ αμάξια της εποχής λόγω της υπερβολικά χαμηλής ισχύος που μπορούσαν να παραχθεί από αυτούς τους μικρούς κινητήρες (150 hp για τα πρώτα χρόνια αλλά έπειτα μέχρι και 225 hp επιτεύχθηκαν). Εκτός από τα σπορ αμάξια της εποχής, υπήρχαν και πολλές άλλες κατηγορίες μηχανοκίνητου αθλήματος οι οποίες ήταν τώρα πιο γρήγορες από την Formula 1, κάτι που οδήγησε στην απόφαση της FIA το 1966 να διπλασιάσουν το μέγιστο μέγεθος των κινητήρων ατμοσφαιρικής πίεσης (1.5L σε 3L) να την εισαγωγή κινητήρων συμπίεσής αέρα (διαφορετική τεχνολογία με την υπερτροφοδότηση αλλά έχουν παρόμοιο αποτέλεσμα) σε μέγεθος 1.5 λίτρα. Το 1966 ήταν πραγματικά μια μεταβατική χρονιά κάτι που υπογραμμίζεται από το γεγονός ότι υπήρχαν πολλές ανισότητες λόγω της έλλειψης υλικών παραγωγής κινητήρων, μιας και μόνο λίγες ομάδες είχαν την ικανότητα να παράγουν τα δικά τους μπλοκ κινητήρων ενώ οι υπόλοιποι έπρεπε να χρησιμοποιήσουν μπλοκ τα οποία είναι στην αγορά και όχι κατασκευασμένα συγκεκριμένα για τις ανάγκες του σπορ. Ένα ακόμη παράδειγμα της ανισότητας είναι οι τεράστιες διαφορές στην ισχύ των κινητήρων όπου κάποιες ομάδες είχαν 285 hp ενώ άλλες μέχρι και 500 hp παρόλο που τα μονοθέσια είχαν παρόμοιες μάζες. Η σεζόν του 1966 σίγουρα φέρσε πολλούς απογοητευμένους, αλλά βοήθησε την κατηγορία να επιταχίσει πίσω στην ταχύτητα που έχασε με τις προηγούμενες αλλαγές κανόνων. Η επόμενη μεταπορεία των κανόνων έγινε την δεκαετία του 80, όπου λόγω της χρήσης της νέας τεχνολογίας των τουρμποφορτιστών ομάδες είχαν καταφέρει να φτάσουν σε απίστευτα επίπεδα απόδοσης έχοντας μέχρι και 1350 hp με εσωτερική πίεση 5.5 bar. Ένας ακόμη λόγος που πραγματοποιήθηκαν οι αλλαγές είναι τα σκάνδαλα στους προκριματικούς, όπου ένας οδηγός θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει τον κινητήρα του με πολύ μεγάλη απόδοση, κάτι που κατέστρεφε τον κινητήρα σε μερικούς γύρους και έπρεπε να αντικατασταθεί για τον αγώνα της επόμενης μέρας όπου και θα έτρεχε με χαμηλότερη απόδοση σε σχέση με τους προκριματικούς έτσι ώστε να διατηρηθεί η ακεραιότητα του. Τα μέτρα τα οποία πάρθηκαν είναι τα εξής: 1. Απαγόρευση τουρμποφορτιστών 2. Μόνο κινητήρες ατμοσφαιρικής πίεσης επιτρεπόμενου 3. Μείωση μεγέθους κινητήρα αυξημένη στα 3.5 λίτρα. Η απαγόρευση των τουρμποφορτιστών είχε και τους δικούς της λόγους: 1. Τουρμποκαθίστηρηση (οι τουρμποφορτιστές δεν παρήκαν την μέγιστη δύναμη τους για τα πρώτα 2 δευτερόλεπτα από την στιγμή που ο οδηγός αρχίζει να επιταχύνει κάνοντας τα αμάξια πιο αργά στις εξόδους των στροφών) 2. Πίεση για αυξημένη αξιοπιστία (οι τουρμποφορτιστές δεν ήταν και το πιο αξιόπιστο κομμάτι του μονοθέσιου μιας και παθαιναν βλάβες συχνά). Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι μέχρι τώρα δεν έχουν αναφερθεί ειδική κινητήρων που χρησιμοποιούνται, μιας και κάθε ομάδα είχε αρκετά διαφορετικά συστήματα. Ακόμη πιο ενδιαφέρον είναι το ότι η FIA δεν έχει θέσει πολύ αυστηρούς κανόνες μέχρι στιγμής, επιτρέποντας για την δημιουργία και χρήση κινητήρων από boxer-6s μέχρι και W-20s, κάτι που θα αλλάξει πολύ σύντομα. Με τους νέους κανονισμούς του 89, οι κατάταξη των προμηθευτών έμεινε κάπως έτσι: 1. Honda V10 675hp 2. Ferrari V12 660 3. Renault V10 650 4. Ford Cosworth V8 620 hp. Όμως αυτή η κατάταξη δεν θα διαρκούσε για πολύ μιας και πλησίαζε η εποχή της κυριαρχίας της Renault, μιας και από το 1991 μέχρι το 1997 νίκησαν ομάδες με τους κινητήρες τους 5 από τα 7 πρωταθλήματα κατασκευαστών και 5 από τα 7 πρωταθλήματα οδηγών. Η κυριαρχία αυτή οφείλεται σε πολλούς παράγοντες με τους κύριους να είναι η συνεργασία με κορυφαίους οδηγούς, η αυξημένη αξιοπιστία των V10 τους και το χαμηλό βάρος των κινητήρων τους που πέτυχαν με την χρήση εξωτικών υλικών. Οι σεζόν του 1999 μέχρι το 2005 είδε την αλλαγή από την χρήση V12 στην χρήση V10, προτιμώντας αξιοπιστία αντί για ισχύ.

Η περίοδος αυτή είδε επίσης τα πρώτα σημάδια του «σφίγματος» της FIA, μιας και άρχισαν να εφαρμόζουν πιο συγκεκριμένους κανόνες όπως το νέο όριο βαλβίδων ανά κύλινδρο να θέτεται στις 5 βαλβίδες. Έπειτα, το φως στράφηκε προς τα υβριδικά συστήματα και τους τουρμποφορτιστές μιας και το μέγεθος των κινητήρων μειώθηκε από 3 λίτρα σε 2.4 λίτρα επίσης τώρα ο αριθμός κυλίνδρων και οι μοίρες με που γίνεται το σχήμα V είναι προκαθορισμένες σε 8 κυλίνδρους και 90 μοίρες, αντί να είναι ελεύθερο στην ομάδα. Οι κινητήρες έπειτα μικρώναν και άλλο, από 2.4 L V8 ατμοσφαιρικής πίεσης και ένα μικρό στοιχείο υβριδικού συστήματος, σε 1.6 L τουρμποφορτισμένου V8 με πολλαπλά συστήματα ανάκτησης ενέργειας και την εισαγωγή του συστήματος ERS (που παρέχει παραπάνω ισχύ μέσω ηλεκτρικών κινητήρων) και KERS, που είναι το σύστημα το οποίο ανακτά ηλεκτρική ενέργεια κατά το φρενάρισμα στο μοντέρνο μονοθέσιο. Η φόρμουλα 1 έχει προσφέρει πολλά στον κόσμο της μηχανοκίνησης, ακόμη και εκτός από τον αθλητισμό. Για παράδειγμα, η χρήση τουρμποφορτιστών ξεκίνησε το 1977 στον 1.5L V6 της Renault και τώρα χρησιμοποιείται ακόμη και σε οικιακά οχήματα για καλύτερη απόδοση και οικονομία καυσίμων. Ένα ακόμη παράδειγμα είναι τα συστήματα ERS και MGU-K/MGU-H (συστήματα ανάκτησης ενέργειας) έχουν όχι μόνο αυξήσει την έρευνα που πραγματοποιείται για υβριδικά/ηλεκτρικά οχήματα, αλλά έχει αποδείξει το πως ακόμη και αγωνιστικά αμάξια έχουν την επιλογή να συμπεριλαμβάνουν συστήματα ηλεκτροκίνησης για να αυξήσουν την τελική τους απόδοση. Το προαναφερμένο σύστημα MGU-H έχει επίσης λειτουργήσει ως συμπληρωματικό στους τουρμποφορτιστές, οι οποίοι απελευθερώνουν αέρα που θα μπορούσαν να καούν περαιτέρω για ένα πιο αποδοτικό συνολικό σύστημα, αλλά και για υψηλότερη οικονομία καυσίμων, άλλη μια τεχνολογία που υποστηρίζει την υιοθέτηση υβριδικών συστημάτων στα καθημερινά οχήματά μας.



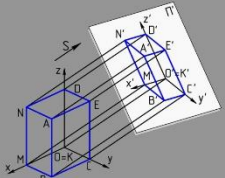
Εικόνα 1: Σύστημα μετάδοσης κίνησης του μοντέρνου μονοθέσιου

Αεροδυναμική

Η αεροδυναμική μελέτη στην κατηγορία της formula 1 δεν αφορά απλά την ελαχιστοποίηση της αντίστασης του αέρα αλλά είναι μια βαθιά έρευνα με σκοπό την εύρεση της σωστής ισορροπίας μεταξύ της μέγιστης ταχύτητας και της καλής δύναμης εδάφους. Ας εξερευνήσουμε λοιπόν αυτόν τον τομέα του αθλήματος, ξεκινώντας με τα βασικά. Κατ' αρχάς, πρέπει να ορίσουμε την αντίσταση του αέρα και το πως επηρεάζεται η μέγιστη ταχύτητα από αυτήν. Η αντίσταση μας δίνεται με τον εξής τύπο:

$$D = \frac{C_d \cdot A \cdot \rho \cdot v^2}{2}$$

Ειδικότερα, όσον αφορά τις μεταβλητές, το A αναφέρεται στο εμβαδόν της μετωπικής όψης (βλ. εικόνα 2), το ρ αναφέρεται στην πυκνότητα του ρευστού στο οποίο κινούμαστε (στην περίπτωση αυτή είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας) και η v είναι η σχετική ταχύτητα μεταξύ σώματος και ρευστού. Τέλος, η μεταβλητή C_d (drag coefficient) αναφέρεται στο σχήμα του οχήματος, το οποίο επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα (βλ. εικόνα 3). Μια σημαντική παρατήρηση είναι ο κρισματικός ρόλος που παίζει η ταχύτητα, μιας και είναι υψωμένη στο τετράγωνο, κάνοντας την δυσκολία απόκτησης μιας πιο υψηλής ταχύτητας εκθετικά αυξανόμενη. Επιπροσθέτως, ένα ακόμη σημαντικό φαινόμενο που πρέπει να εξερευνήσουμε είναι το φαινόμενο εδάφους το οποίο περιγράφει την αύξηση σταθερότητας, καθετής δύναμης και πρόσφυσης τροχών λόγω της ελάχιστης απόστασης του οχήματος από το έδαφος, κάτι που βασίζεται στην αρχή του Βεμπούλλι. Αρκετά, το μπροστά φτερό αποτελείται από δύο κύρια κομμάτια, τους λεγόμενους καταρράκτες (οι οποίοι διαχωρίζουν τον αέρα πάνω από τις ρόδες και προς τις εισαγωγές αέρα του κινητήρα αλλά και κάτω από τον πάτο του αμαξίου καθώς ταυτόχρονα παρέχουν καθετή δύναμη μέσω του σχήματος τους) και τα ακροπτερύγια που απομακρύνουν το ερχόμενο αέρα από τις μπροστινές ρόδες. Ένα ακόμη μεγάλο κομμάτι της παραγόμενης καθετής δύναμης είναι και το πίσω φτερό, το οποίο είναι πολύ πιο απλό σε σχεδιασμό αλλά και σε λειτουργία, μιας και δεν έχει να αντισταθεί για την κατάσταση του αέρα που φεύγει πίσω από το αμάξι. Τέλος, το μεγαλύτερο κατά πόσο κομμάτι της παραγόμενης καθετής δύναμης ασκείται από τον πάτο του οχήματος σε συνεργασία με τον διαχύτη (diffuser) όπου αξιοποιούν το φαινόμενο εδάφους για την παραγωγή άπιστατων καθετών δυνάμεων. Σημαντική θα ήταν η σημείωση της χρήσης του συστήματος DRS που ανοίγει το πίσω φτερό στις ευθείες όπου η εξτρα καθετή δύναμη δεν χρειάζεται έτσι ώστε να μειώσει την τελική επίδραση που θα ασκήσει αντίσταση αέρα. Καί ακόμη ενδιαφέρον, στην μέγιστη ταχύτητα ή ένα μοντέρνο μονοθέσιο της κατηγορίας σκεπεί περίπου 5 φορές το βάρος του σε καθετή δύναμη, επιτρέποντας του να πάρει στροφές σε επιταχύνσεις των 5G (g = επιτάχυνση της βαρύτητας). Τέλος, η προσφορά του κυρίου σώματος στον αεροδυναμικό τομέα δεν πρέπει να αγνοηθεί, μιας και με την χρήση πτερικών πλέων χρησιμοποιεί αέρα, που αλλιώς θα χαρμίζονταν, στο πίσω φτερό, με τον σκοπό της παραγωγής περαιτέρω καθετής δύναμης.



Εικόνα 2: Εξήγηση Εμβαδού (A) της μετωπικής όψης

Shape	Drag Coefficient
Sphere	0.47
Half-sphere	0.42
Cone	0.50
Cube	1.05
Angled Cube	0.80
Long Cylinder	0.82
Short Cylinder	1.15
Streamlined Body	0.04
Streamlined Half-body	0.09

Measured Drag Coefficients

Εικόνα 3: Παράδειγμα Drag Coefficient

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Βάσει των αποτελεσμάτων της έρευνάς μας, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η Formula 1 έχει αναπτύξει με το πέρασ του χρόνου και έχει συμβάλει όχι μόνο στον μηχανοκίνητο αθλητισμό, αλλά και πολλές τεχνολογίες της έχουν ενταχθεί στην καθημερινότητά μας. Ανακαλύψαμε το πως έχει αλλάξει το άθλημα και οι κανονισμοί του, ενώ καταλάβαμε πως πολλές τεχνολογίες που προσέφερε το άθλημα αποτελούν σχέδιο κλειδί για τα σημερινά αυτοκίνητα. Για παράδειγμα, το άθλημα ανέδειξε συστήματα για εξοικονόμηση ενέργειας και οικονομία καυσίμων, όπως το σύστημα ERS, MGU-K/MGU-H και οι τουρμποφορτιστές, τα οποία αναφέρονται στην έρευνά μας, που έχουν εισαγάγει την ηλεκτροκίνηση τόσο στα αγωνιστικά, όσο και στα καθημερινά οχήματα. Εκτός αυτού, πολλοί κανονισμοί της FIA έχουν αλλάξει τα δεδομένα σχετικά με την δομή των κινητήρων σήμερα. Σημαντικές αλλαγές έγιναν το 1966, όπου αποτέλεσε μεταβατική χρονιά που παράλληλα έφερε ανισότητες, εφόσον παρουσιάστηκε κάτι καινούριο στις ομάδες. Παρά ταύτα, καταλάβαμε ότι οι κανονισμοί αυτοί δεν συντελούσαν μόνο στην πρόοδο του αθλήματος, αλλά υπήρχαν και περιοδοί, όπως το 1961, όπου το μονοθέσιο κατέληξε πιο αργό ακόμη και από τα εμπορικά αμάξια της εποχής. Από αυτό το παράδειγμα καταλαβαίνουμε πως η Formula 1 έχει επιτύχει να καταλάβει τα σφάλματά της και να τα αποτρέψει μέσω νέων κανονισμών. Εκτός από το θέμα των κινητήρων στην έρευνά μας περιλαμβάνουμε και το θέμα της αεροδυναμικής. Με τη μελέτη μας σε αυτόν τον τομέα εμπλουτίσαμε τις γνώσεις μας και ανακαλύψαμε τρόπους με τους οποίους εφαρμόζονται στο σημερινό μονοθέσιο τεχνολογίες που έχουν σκοπό την βελτίωση της απόδοσής του. Συγκεκριμένα, καινοτομίες όπως η χρήση πτερών για την αύξηση της καθετής δύναμης, αλλά και υπολογιστικά μοντέλα και πειράματα έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην αεροδυναμική των μονοθέσιων. Επίσης, μάθαμε για το πως η δυναμική της Formula 1 σχετίζεται και με τα σημερινά αυτοκίνητα, όσον αφορά την ταχύτητά τους, αλλά και την εξοικονόμηση καυσίμων με τη χρήση πιο αεροδυναμικών σχεδιασμών.

ΠΗΓΕΣ

"Cache://www.carzine.gr/f1-proto-test-neou-kinitira-honda-se-monotheshio-mclaren/ - Google Search." www.carzine.gr/f1-proto-test-neou-kinitira-honda-se-monotheshio-mclaren/. Accessed 21 Nov. 2024.

"Cross Section (geometry)." *Wikipedia, the Free Encyclopedia*, Wikimedia Foundation, Inc, 4 Dec. 2023, [en.wikipedia.org/wiki/Cross_section_\(geometry\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Cross_section_(geometry)). Accessed 22 Nov. 2024.

Fasciani, Lee. "Racing Ahead: The New F1 Logo Looks to the Future." *Medium*, 15 Jan. 2018, medium.com/territory-projects/racing-ahead-the-new-f1-logo-looks-to-the-future-fcd1aef9504. Accessed 21 Nov. 2024.

"Ferrari 640." *Wikipedia, the Free Encyclopedia*, Wikimedia Foundation, Inc, 10 Nov. 2024, en.wikipedia.org/wiki/Ferrari_640. Accessed 22 Nov. 2024.

Formula 1. "Aerodynamics in Formula 1 | F1 Explained." *YouTube*, FORMULA 1, www.youtube.com/watch?v=JUEvK-zCqio&ab_channel=FORMULA1. Accessed 22 Nov. 2024.

"The Curious History of Formula 1 Engines." *Wayback Machine*, web.archive.org/web/20210116151515/www.grandprixhistory.org/f1_engi nes.htm#expand. Accessed 22 Nov. 2024.

Wikimedia Foundation, Inc. "Drag Coefficient." 12 Nov. 2023, *Wikipedia, the Free Encyclopedia*, en.wikipedia.org/wiki/Drag_coefficient. Accessed 22 Nov. 2024.

Wikimedia Foundation, Inc. *Wikipedia, the free Encyclopedia*, Wikimedia, en.wikipedia.org/wiki/3D_projection#/media/File:Axonometric_projection.svg. Accessed 22 Nov. 2024.

"Williams FW15C." *Wikipedia, the Free Encyclopedia*, Wikimedia Foundation, Inc, 21 Nov. 2024, en.wikipedia.org/wiki/Williams_FW15C. Accessed 22 Nov. 2024.



Μελέτη ορισμένων φυσικών αρχών και νόμων που αξιοποιούνται στην βελτίωση των επιδόσεων στο άθλημα του αλπικού σκι.

Θ. Τζοβλά, Ε. Συμεωνίδη, Σ. Περράκη
Κολλέγιο Αθηνών

Υπεύθυνοι καθηγητές: Η. Τζαβιδόπουλος, Σ. Δημητριάδης

ΟΝΗ105

Περίληψη

Το σκι αποτελεί ένα άθλημα στο οποίο οι νόμοι της φυσικής εφαρμόζονται άριστα και ως εκ τούτου η γνώση τους μπορεί να αξιοποιηθεί για την βελτίωση της ταχύτητας και του ελέγχου της κίνησης του σκιέρ είτε αφορά αθλητικό ή διασκέδαση. Οι περισσότεροι σκιέρ μαθαίνουν σκι εμπειρικά χωρίς να γνωρίζουν τις σχετικές αρχές της φυσικής. Στην παρούσα ερευνητική εργασία, παρουσιάζεται και επεξηγείται η σχέση μεταξύ της επιστήμης της φυσικής και πώς η γνώση αυτή μπορεί να εφαρμοστεί στις τεχνικές των σκιέρ προκειμένου να έχουν καλύτερο έλεγχο της ταχύτητας ώστε να επιτύχουν καλύτερες επιδόσεις. Στόχος της εργασίας μας είναι η διερεύνηση των δυνάμεων που ενεργούν στον σκιέρ και στα πέδιλα του σκι κατά την κατάβαση και στις στρατηγικές βελτίωσης της απόδοσης και συνάμα της ταχύτητας. Σκοπός της ανάλυσης είναι να αποσαφηνιστεί το γεγονός ότι ο σκιέρ μετατρέπει τη βαρυτική δυναμική ενέργεια σε κινητική και με ποιους τρόπους ο αθλητής μπορεί να μειώσει τις δυνάμεις που του ασκούνται, όπως η αντίσταση του αέρα και η τριβή. Επίσης η εργασία μας εξετάζει δύο τεχνικές στροφής και ελέγχου της ταχύτητας, το σχήμα των πέδινων του σκι και πώς αυτά χρησιμοποιούνται για τις διαφορετικές τεχνικές στροφής και ελέγχου της ταχύτητας. Αναφέρονται επιπλέον οι παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα, η κλίση της πίστας, οι δυνάμεις αντίστασης του αέρα και της τριβής των σκι στο χιόνι, η στάση του σώματος του σκιέρ, οι ειδικές μπότες και η προσαρμογή τους στα πέδιλα του σκι, τρόποι μείωσης της αντίστασης και της τριβής.

Εισαγωγή

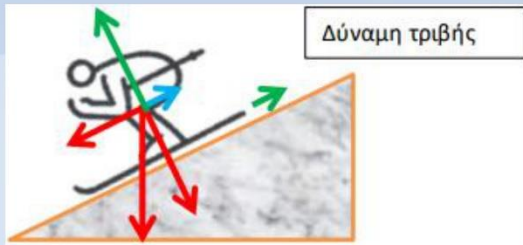
Σκι είναι η ανθρώπινη δραστηριότητα της ολίσθησης στο χιόνι. Η σημερινή μορφή προσαρμόστηκε από έναν τρόπο μετακίνησης σε χιονισμένο περιβάλλον, σε ένα αγωνιστικό και ψυχαγωγικό άθλημα. Έχει δύο βασικές μορφές, το «Αλπικό» σκι το οποίο αφορά η εργασία αυτή, και το «Περιπατητικό-Cross-country» σκι. Σήμερα είναι κυρίως μία αθλητική ψυχαγωγία, ένα χόμπι, αλλά και ένα αγωνιστικό και ολυμπιακό άθλημα. Είναι από τα καλύτερα χειμερινά αθλήματα επειδή απευθύνεται σε όλες τις ηλικίες, γίνεται σε καθαρό αέρα που αυξάνει τα επίπεδα οξυγόνου στον εγκέφαλο για μειωμένο στρες και αυξημένα επίπεδα ενέργειας. Έχει κοινωνικότητα, μακριά από δορυβούς της πόλης, ασκείται σε τοπία με μαγευτική θέα της φύσης. Είναι μία πολύ καλή άσκηση για το σώμα και βελτιώνει την αίσθηση της ισορροπίας. Ασκείται συνήθως σε χιονοδρομικά κέντρα, τα οποία παρέχουν υπηρεσίες διαμόρφωσης διαδρομών ολίσθησης (πίστες) και αναβατήρες (Lift) για μετακίνηση από χαμηλά στα υψηλά του βουνού. Εκεί κατά περίπτωση δημιουργείται τεχνητό χιόνι και υπάρχει φροντίδα για διατήρηση του χιονιού, προσφέρεται εκπαίδευση, εστιατόρια κλπ. Οι τεχνικές του σκι βασίζονται στις αρχές της φυσικής και η κατανόησή τους είναι χρήσιμη για τους σκιέρ όλων των επιπέδων δεξιοτήτων, επειδή έτσι επιτρέπεται να κατανοήσουν πώς να εφαρμόσουν τις αρχές της φυσικής ώστε να κάνουν τις κατάλληλες κινήσεις με το σώμα τους για να αποτύχουν τις πτώσεις και να έχουν καλύτερη επίδοση και να χαρούν την αίσθηση της ταχύτητας. Βέβαια και με την πρακτική γίνεται κατανόηση των κινήσεων αλλά η κατανόηση της θεωρίας της φυσικής του σκι βοηθάει να πολύ των αρχαρίων στην εκμάθηση και επίτευξη καλύτερης τεχνικής πολύ πιο γρήγορα.

Η Φυσική του Αλπικού Σκι

Η τεχνική του σκι είναι η διαχείριση δυνάμεων κυρίως της δύναμης του βάρους. Το αλπικό σκι γίνεται σε επικλινείς βουνοπλαγιές, είτε σε ευθεία πορεία ή με συνεχείς στροφές (Slalom) και το αγωνιστικό με μεγάλη ταχύτητα και γρήγορες στροφές. Ο σκιέρ αποκτά ταχύτητα μετατρέποντας τη βαρυτική δυναμική ενέργεια σε ενέργεια κίνησης. Έτσι, όσο περισσότερο ένας σκιέρ κατεβαίνει από ένα λόφο, τόσο πιο γρήγορα πηγαίνει. Στο ψυχαγωγικό σκι η προσπάθεια του σκιέρ είναι με τις στροφές του να ελέγξει την ταχύτητα κατάβασης. Οι παρακάτω εικόνες δείχνουν τη στάση στροφής ενός σκιέρ σε αγώνισμα και ενός σε ψυχαγωγικό σκι. Η ταχύτητα επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως η κλίση της πίστας, η γωνία του σκιέρ ως προς την πίστα, η τριβή λόγω της κατάστασης του χιονιού, (φρέσκο χιόνι ή πάγος) το σχήμα και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πέδινων του σκι και άλλα.



Η βασική μορφή του αγωνιστικού σκι στην οποία έχουν εφαρμογή πολλές αρχές της φυσικής είναι το slalom όπου ο στόχος του σκιέρ είναι φθάσει τη γραμμή τερματισμού όσο το δυνατόν πιο γρήγορα, ενώ κινείται σε διαδοχικές στροφές σε όλη τη διαδρομή. Ενώ η δύναμη της βαρύτητας κινεί τον σκιέρ προς τα κάτω υπάρχουν δύο δυνάμεις που επιδρούν προς την αντίθετη κατεύθυνση: η δύναμη που ασκείται στο σώμα του λόγω της αντίστασης του αέρα και η δύναμη της τριβής των πέδινων του σκι στο χιόνι.



Ο σκιέρ μεγιστοποιεί την ταχύτητά του ελαχιστοποιώντας την αντίσταση στην κίνηση, τόσο από την αντίσταση του αέρα όσο και από την αντίσταση στο χιόνι. Η μείωση της αντίστασης του αέρα επιτυγχάνεται μειώνοντας την επιφάνεια του σώματος που του χτυπάει ο αέρας. Αυτό γίνεται διατηρώντας μια χαμηλή θέση στο σώμα του, η οποία (μαζί με τη βελτίωση της ικανότητάς του να κρατά ισορροπία) έχει ως αποτέλεσμα μια χαμηλότερη δύναμη αντίστασης, η οποία δρα σε αντίθετη κατεύθυνση από την ταχύτητά του, επιβραδύνοντας τον. Η παρακάτω εικόνα δείχνει έναν σκιέρ κατάβασης σε θέση σκόψιμο.



Η εξίσωση για τη δύναμη της οπισθέλκουσας (FD, drag force) δίνεται από τον μαθηματικό τύπο

$$F_D = 1/2 C_D \rho A v^2$$

Όπου: C είναι ο συντελεστής οπισθέλκουσας, ο οποίος ποικίλλει με την ταχύτητα του σκιέρ. Αλλά οι τυπικές τιμές κυμαίνονται από 0,4 έως 1,0

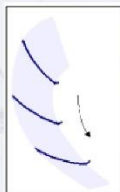
ρ είναι η πυκνότητα του αέρα

A είναι η προβολόμενη μετωπική περιοχή του σκιέρ κάθετα προς την κατεύθυνση ροής (δηλαδή κάθετα στην ταχύτητα του v)

v είναι η ταχύτητα του σκιέρ σε σχέση με τον αέρα

Η ελαχιστοποίηση της δύναμης (οπισθέλκουσας-drag force), που προξενείται από την αντίσταση του αέρα, είναι σημαντική ειδικά στους αγώνες. Η στάση του σώματος ακόμα και η επιλογή της στολής η υφή της οποίας επηρεάζει την αντίσταση του αέρα είναι δύο κρίσιμα τομείς στην προσπάθεια ελαχιστοποίησης της οπισθέλκουσας (drag-force). Η μάχη του σκιέρ μπορεί επίσης να βοηθήσει στην εξουδετέρωση της οπισθέλκουσας δύναμης (Drag force FD). Μεγαλύτερη μάχη σημαίνει μεγαλύτερη δύναμη βαρύτητας που επενεργεί στον σκιέρ, πράγμα που σημαίνει ότι το σχετικό μέγεθος του FD γίνεται μικρότερο. Ως αποτέλεσμα, ο σκιέρ επιτυγχάνει μεγαλύτερη ταχύτητα. Στην πραγματικότητα, όμως, ένας βαρύτερος σκιέρ θα είναι γενικά "μεγαλύτερος σε όγκο", που σημαίνει ότι η προβολόμενη μετωπία περιοχή του θα είναι μεγαλύτερη, γεγονός που μπορεί να αναιρέσει μέρος του κέρδους που επιτυγχάνεται με το να είναι βαρύτερος. Το καθαρό αποτέλεσμα, ωστόσο, είναι ότι ένας βαρύτερος σκιέρ συνήθως πηγαίνει πιο γρήγορα. Αλλά αυτό πάλι έχει ένα όριο που εξαρτάται από την ικανότητα του σκιέρ να κάνει γρήγορα στροφές και λόγω του μεγαλύτερου όγκου του. Η αντίσταση στο χιόνι επίσης επιβραδύνει την ταχύτητα και ο στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί. Ένας τρόπος είναι η επίδραση της κάτω επιφάνειας των σκι με ολισθηρό κερί και άλλος είναι η τεχνική της στροφής. Η αλληλεπίδραση μεταξύ του σκι και του χιονιού κατά τη διάρκεια του αλπικού σκι είναι ένας πολύπλοκος αλλά κρίσιμος παράγοντας της ταχύτητας τόσο στους αθλητές όσο και στους ερασιτέχνες. (Snyder, Cory, et al., 2021).

Τεχνικές στροφής



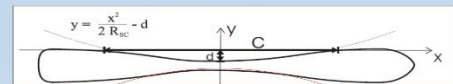
Δύο βασικές τεχνικές η "Ολίσθηση" και η "Χάραξη-Carving". Οι λιγότερο έμπειροι σκιέρ συνήθως χρησιμοποιούν την ολίσθηση για τις στροφές τους. Το διπλανό σχήμα απεικονίζει την κίνηση των σκι σε μια στροφή που εκτελείται με ολίσθηση όπου το σκι κινείται προς το πλάι σχεδόν παράλληλα με το μήκος του. Αν και η ολίσθηση μπορεί να ελεγχθεί και η στροφή να εκτελεστεί με επιτυχία, τελικά οδηγεί σε σημαντική απώλεια ταχύτητας επειδή το σκι κινείται σχεδόν προς το πλάι. Αυτό βέβαια επιτυγχάνει και ένα επιθυμητό έλεγχο της ταχύτητας που οφείλεται στην μεγαλύτερη τριβή των σκι με το χιόνι.



Η άλλη τεχνική στροφής είναι η "χαρμμένη" στροφή (carving) στην οποία ο σκιέρ κατευθύνεται προς τα εκεί που δείχνει η μπροστινή άκρη του σκι. Απαιτεί μεγαλύτερη ταχύτητα και είναι πιο αποτελεσματική στις επιδόσεις. Κατά την στροφή αυτή το σκι σχηματίζει καμπύλη λόγω του ιδιαίτερου σχήματός του (πιο φαρδύ στις άκρες από ότι στο κέντρο) όπως διευκρινίζεται παρακάτω. Η πίεση που ασκείται στο σκι λόγω του βάρους και της ταχύτητας του σκιέρ κάνει το σκι να σχηματίζει μία καμπύλη και έτσι στρίβει. Όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα, στη χαρμμένη/carving στροφή η τριβή είναι μικρή σε σχέση με την ολίσθηση. Ως αποτέλεσμα αυτού η χαμηλή τριβή επιτυγχάνει μεγαλύτερη ταχύτητα του σκιέρ. Οι στροφές με χάραξη/carving είναι ένας από τους πιο ενδιαφέροντες τομείς μελέτης στη φυσική του σκι.

Σχήμα του πέδινου του αλπικού σκι

Τα σύγχρονα σκι χρησιμοποιούν ένα ειδικό σχήμα, όπου η μπροστινή άκρη και η ουρά είναι πιο φαρδιά από τη μέση του σκι ώστε σε κλίση με την πίεση του σκιέρ καμπυλώνονται και «χαράζουν» μια αυλάκωση στο χιόνι. Η μπροστινή άκρη του σκι δημιουργεί αυτό το αυλάκι, και το υπόλοιπο του σκι ακολουθεί μέσα από αυτό, δημιουργώντας ένα εφέ αυτο-διευθύνσης που αναφέρεται ως carving-χάραγμα (Snyder, Cory, et al., 2021; Federolf, Roos, Luethi, & Dual, Citation2010).



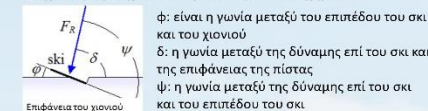
Η πορεία της στροφής διαγράφεται με τη κόκκινη καμπύλη γραμμή

Αν και υπάρχει ένας αριθμός παραμέτρων που θα μπορούσαν να προβλέψουν την απόδοση του αλπικού σκι (Hebert-Losier, Supej, & Holmberg, Citation2014), σε αυτό το πλαίσιο δύο παράμετροι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος είναι η γωνία του άκρου του σκι ως προς το επίπεδο της πίστας (EA) και η ακτινική δύναμη (Fr) δηλαδή η πίεση που ασκεί η μπότα του σκιέρ στο πέδιλο του σκι ώστε να του προσδώσει πιο καμπύλο σχήμα (Cross et al., Citation2021, Jentschura & Fahrbach, Citation2004). Η ακτινική που σχηματίζεται από την καμπύλη του σκι συμβολίζεται με R_{SC} αν η ακτινική της στροφής είναι η R_T τότε το απόλυτο carving επιτυγχάνεται όταν $R_{SC} = R_T$.



Στην φωτογραφία φαίνεται η κλίση και η καμπυλότητα των σκι κατά την στροφή με τεχνική carving

Για να αποφευχθεί η ολίσθηση, το σκι πρέπει να πρίζεται στο χιόνι με μια συγκεκριμένη γωνία κλίσης, έτσι ώστε η συνιστώσα της ασκούμενης δύναμης, παράλληλα με το επίπεδο του σκι, να δείχνει προς το χιόνι όπως στο παρακάτω σχήμα.



Για να αποφευχθεί η ολίσθηση, η γωνία ψ πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση με 90° . Δηλαδή η συνιστώσα του F_B , παράλληλα με το επίπεδο του σκι, είτε θα είναι μηδέν (για $\psi = 90^\circ$), είτε θα δείχνει απευθείας στο χιόνι, προς τα δεξιά (για $\psi > 90^\circ$) και το "τοίχος" του χιονιού θα το εμποδίσει να γλιστρήσει. Ωστόσο, εάν η γωνία ψ είναι μικρότερη από 90° , τότε η συνιστώσα του F_B παράλληλα με το επίπεδο του σκι, θα δείχνει προς τα έξω (προς τα αριστερά) και το σκι θα γλιστρήσει προς τα έξω (έξω από το κανάλι που έχει χαράξει η μπροστινή άκρη του σκι).

Συμπέρασμα

Το άθλημα του σκι χαρακτηρίζεται από πάρα πολλούς παράγοντες όπως η κλίση της πίστας, υφή του χιονιού, η κατεύθυνση του σκιέρ, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του σκι όπως το μήκος, η καμπύλη της πλευράς, η γωνία camper, η σκληρότητα κλπ. Η εργασία μας έδειξε ότι οι νόμοι της φυσικής μπορούν να εφαρμοστούν για την καλύτερη κατανόηση της διαχείρισης των δυνάμεων από τον αθλητή και την βελτίωση των επιδόσεων σε αυτό.

Πηγές

- Jentschura, U. D., & Fahrbach, F. (2004). Physics of skiing: The ideal carving equation and its applications. *Canadian Journal of Physics*, 82, 249–261.
- Connected skiing: Validation of edge angle and radial force estimation as motion quality parameters during alpine skiing, *Cory Snyder*, et al, Published online: 19 Sep 2021
- Cross, M., Delhay, C., Morin, J.-B., Bowen, M., Coulmy, N., Hintzy, F., & Samozino, P. (2021). Force output in giant-slam skiing: A practical model of force application effectiveness. *PLoS One*, 16, e0244698.
- Hebert-Losier, K., Supej, M., & Holmberg, H.-C. (2014). Biomechanical factors influencing the performance of elite alpine ski racers. *Sports Medicine*, 44, 519–533.



Γυμνάσιο Κολλεγίου Αθηνών

The diagram shows three sequential stages of a running start. Stage 1 shows two figures accelerating from a standstill. Stage 2 shows a single figure decelerating. Stage 3 shows a figure in mid-air, having just taken off from the ground, with a curved arrow indicating the path of the jump.

Βασικά Ευρύματα

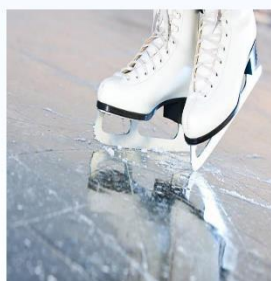
Where:
 CG = center of gravity
 BW = body weight
 Fv = Vertical ground reaction Force
 Fh = Horizontal Ground Reaction Force
 θ = angle of lean

Συμπέρασμα

Εισαγωγή

Figure 1 consists of three schematic diagrams labeled (a), (b), and (c), illustrating the stages of ice accretion on a blade. Each diagram shows a cross-section of a blade (gray) and ice (blue). A black arrow indicates the flow direction from left to right.

- (a) Initial state: The blade is flat, and there is no ice accretion.
- (b) Ice accretion on the upper surface: Ice has accumulated on the upper surface of the blade, forming a hump.
- (c) Ice accretion on the lower surface: Ice has accumulated on the lower surface of the blade, forming a hump.



Βιβλιογραφία

Marino, G.Wayne. "Selected Mechanical Factors Associated with Acceleration in Ice Skating." *Research Quarterly for Exercise and Sport*, vol. 54, no. 3, Sept. 1983, pp. 234–238. <https://doi.org/10.1080/02701367.1983.10605301>. Accessed 26 Apr. 2021.

Sato, Nahoko, et al. "Key Motion Characteristics of Side-Step Movements in Hip-Hop Dance and Their Effect on the Evaluation by Judges." *Sports Biomechanics*, vol. 15, no. 2, 2 Apr. 2016, pp. 116–127. <https://doi.org/10.1080/14763141.2016.1158861>.

Bruening, Dustin A., and James G. Richards. "The Effects of Articulated Figure Skates on Jump Landing Forces." *Journal of Applied Biomechanics*, vol. 22, no. 4, Nov. 2006, pp. 285–295. <https://doi.org/10.1123/jab.22.4.285>. Accessed 3 May 2021.

"Stony Point Ice Rink | Stony Point Fashion Park." Stony Point Fashion Park, 28 Dec. 2022. www.shopstonypoint.com/events/stony-point-ice-rink/. Accessed 20 Nov. 2024.

Dubravac-Simunjak, S., Kuipers, H., Moran, P., Simunjak, B., Ambartsumov, R., Sakai, H., Mitchell, D., Shobe, J. "Stress Fracture Prevalence in Elite Figure Skaters." *Journal of Sports Science and Medicine*, vol. 7, 2008, p. 419–420.

Cabell, Lee. "Biomechanics in Figure Skating." May 2018. www.researchgate.net/profile/Lee-publication/324858169 Biomechanics in Figure Skating. Accessed Nov. 2024.



Intelligence, WU. (2021, September 28). Ο αόρατος κόσμος των νευρώνων: οι δεξιότητες των ηρώων και η πρόκληση της αόρατης. Workout Intelligence. <https://www.workoutintelligence.com/post/rolos-eth-megistos-dynamis-sth-taxita>

11. <https://www.stivc.gr/xrismi/essays/kanones-tonika/katages-agonismata-tonika/>

12. Hunter, P., Marshall, R. N., & McNair, P. (2005). Relationship between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. *Journal of Applied Biomechanics*, 21(1), 31-43. DOI: 10.1123/jab.21.1.31

13. Huxley, B. J., Sillar, S. J., Dred, S. E. (2002). Acceleration capability in elite sprinters and ground impulse: Kinematics, force, brake loss? *Journal of Biomechanics*, 48(1).

14. <http://worldathletics.org/>

15. Majumdar, A. S., and Robert A. Robbins. "The Science of Speed: Determinants of Performance in the 100 M Sprint." *International Journal of Sports Science & Coaching*, vol. 6, no. 3. Sept. 2011. pp. 479-493. <http://journals.sagepub.com/doi/10.1260/147475910.362747>

16. <https://doi.org/10.32074/77.9541.8.470>

17. Kozak, E. (2024, July 25). Η εκκίνηση των 100 μέτρων στην σπριντ: Ολυσμπιακή Ανάλυση. MYXINOTI XOTI XRONOI. <https://www.mixinotioxronoi.gr/o-moniadakis-athletes-pire-ti-sosth-stasi-ekkinisi-sta-100-metra-stous-protyes-tis-sth-athina>

18. "Olympics Men's 100m Sprint Final - NZ Herald." *NZ Herald*, 2024. <http://www.nzherald.co.nz/sport/olympics-men-100m-sprint-final/CDCE1YUE4SSQD1Z72XAPKXJ6/>. Accessed 22 Feb. 2024.

19. Hunter, Joseph P. et al. "Relationship between Ground Reaction Force Impulse and Kinematics of Sprint-Running Acceleration." *Journal of Applied Biomechanics*, vol. 21, no. 1, Feb. 2005. pp. 31-43. <https://doi.org/10.1123/jab.21.1.31>. Accessed 10 Aug. 2024.

Μία Συστηματική Ανάλυση των Εμβιομηχανικών Αρχών που περιγράφουν την Κίνηση Τρεξίματος Μέγιστης Έντασης «σπριντ» Αθλητών με Προσθετικά Μέλη

Εισηγητές: Παπαθανασίου Θ., Χανιώτη Ο.

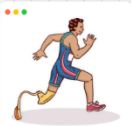
Υπεύθυνοι καθηγητές: Δημητριάδης Σ., Τζαβιδόπουλος Η.

Σχολείο: Γυμνάσιο Κολλεγίου Αθηνών, Ελληνο-Αμερικανικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα

Επισημάνσεις



Συντομώσεις



- ILEA: Individuals with Lower Extremity Amputation
- ABS: Able-Bodied Sprinters
- RSP: Running- specific Prostheses
- T62, T64 αθλητές: Αθλητές με μονό/ διπλό ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο.

Εισαγωγή (I)

Γνωστόι Αθλητές ILEA

Hunter Woodhall
Σπρίντερ, τάξης T62

Johannes Floors
Σπρίντερ, τάξης T62

Sherman Guity
Σπρίντερ, τάξης T64

Προσθετικό Μέλος: ένα τεχνητό μέρος του σώματος που αντικαθιστά ένα μέρος που λείπει ή δεν λειτουργεί πλέον. Η πρόθεση χρησιμοποιείται σε περίπτωση απώλειας ενός μέρους του σώματος εκ γενετής, λόγω τραυματισμού ή λόγω ασθένειας.

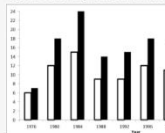
Εισαγωγή (II)

- Πρώτοι Παραολυμπιακοί Αγώνες 1960 στη Ρώμη.
- Το αγώνισμα «σπριντ» αθλητών με ακρωτηριασμό των κάτω άκρων ξεκίνησε το 1976.
- Το «σπριντ» των 100 μέτρων εμφανίστηκε για πρώτη φορά ως Παραολυμπιακό αγώνισμα στους Παραολυμπιακούς Αγώνες του Τορόντο το 1976.

Dyer, Bryce: "The Progression of Male 100 m Sprinting with a Lower-Limb Amputation 1976-2012." *Sports*, vol. 3, no. 1, 2015, pp. 30-39.

- 40 χρόνια αργότερα αθλητές ανταγωνίζονται αρτιμελείς αθλητές.
- Όσκαρ Πιστόριους: πρώτος ILEA που αγωνίστηκε ενάντια σε ABS, Ολυμπιακοί Αγώνες Λονδίνου, 2012.

Figure 3. Amputee sprinting historical participation levels.



Λειτουργία (I)

Κατασκευή

Σχήμα

- "Σπρίντερς" → λεπίδες σε σχήμα «J».
- Η βέλτιστη μέθοδος προσάρτησης: προσθετική θήκη με αναρρόφηση → ισχυρότερη εφαρμογή, αυξημένη ιδιοδεκτικότητα → καλύτερη επίδοση.



IE90 Sprinter, Ottobock
URL: www.ottobock.com/en-ex/product/IE90



Cheetah Xtend, Ossur
URL: www.ossur.com/en-us/prosthetics/feel/cheetah-xtend

Λειτουργία (II)

Κατασκευή

Μέρη

- Προσθετική Θήκη:
 - μέρος όπου το υπολειπόμενο άκρο προσαρμόζεται στο προσθετικό μέλος.
 - εξατομικευμένη για κάθε αθλητή → άνετη, στενή εφαρμογή.
 - ελαφριά, ανθεκτικά υλικά (ανθρακονήματα ή θερμοπλαστικά) + μαλακή επένδυση.
- Βραχίονας:
 - συνδέει την προσθετική θήκη με την λεπίδα.
 - ισχυρά μέταλλα → τιτάνιο - αντοχή στις υψηλές δυνάμεις του «σπριντ»
- Λεπίδα σχήματος «J» (πέδημα):
 - αποθήκευση και επιστροφή ενέργειας.
 - κατασκευασμένη από ανθρακονήματα.



URL: https://toyotimes.jp/en/series/those_who_support/athletes/015.html

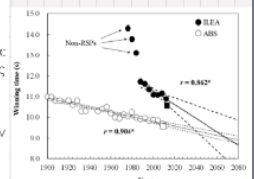
Λειτουργία (III)

Κατασκευή

Υλικό

Τεχνητά κάτω άκρα για «σπριντ» από ανθρακονήματα.

- Πρώτη εμφάνιση προσθετικών μελών από ανθρακονήματα: Παραολυμπιακοί Αγώνες 1988 → 1,5s μείωση διαφοράς χρόνου ILEAs - ABSs.
- Συμπίεζονται από το βάρος του σώματος και επιστρέφουν στο αρχικό τους σχήμα.
- Συμπίεση - Αποσυμπίεση → Απελευθέρωση ενέργειας → ↑Αποτελεσματικότητα, ↓Δαπάνη Ενέργειας, ↓Καρδιακού ρυθμού.
- Τα RSPs δεν καταπονούνται όπως οι σκελετικοί μύες.



Hobara, H., et al. "The fastest sprinter in 2008 has an artificial limb?" *Prosthetics & Orthotics International*, vol. 39, no. 6, 2015, pp. 519-520, doi:10.1177/0309364614564026.

Λειτουργία (IV)

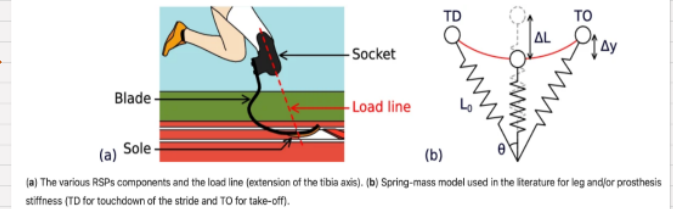
Εμβιομηχανική

Αποθήκευση και Επιστροφή Ενέργειας - Μοντέλο Παραμόρφωσης Ελατηρίου

- Αθλητής ασκεί δύναμη στην λεπίδα σχήματος "J" → η λεπίδα λυγίζει, αποθηκεύοντας ελαστική δυναμική ενέργεια ($U_{el} = \frac{1}{2}kx^2$), με k σταθερά ελατηρίου - λεπίδας και x η μετατόπιση → δυναμική ενέργεια απελευθερώνεται ως κινητική ενέργεια ($K = \frac{1}{2}mv^2$), με m μάζα αθλητή και v ταχύτητα → ώθηση προς τα εμπρός.
- Μίμηση λειτουργίας ανθρώπινης γάμπας και αχίλλειου τένοντα.

Λειτουργία (V)

Εμβιομηχανική



Λειτουργία (VI)

Εμβιομηχανική

Ελαφρύς και Αποδοτικός Σχεδιασμός

- Λεπίδα σχήματος "J": κατασκευασμένη από ανθρακονήματα → ελαχιστοποιεί συνολική μάζα (m) του αθλητή → επιτυγχάνεται μεγαλύτερη επιτάχυνση (a) με την ίδια δύναμη (F), ($F = m \cdot a$) για την κίνηση του κάτω άκρου → ενέργεια του αθλητή αξιοποιείται για προωθητική κίνηση προς τα εμπρός αντί για ανύψωση του προσθετικού μέλους.

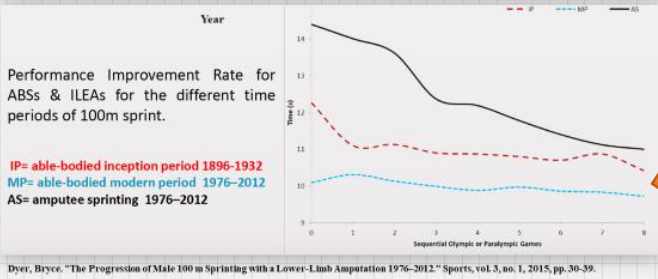
Λειτουργία (VII)

Εμβιομηχανική

Altair - Πρωτοποριακό Μοντέλο RSP

- Πρόκληση:** Βελτίωση αεροδυναμικής λεπίδων.
Λύση: Χρήση υπολογιστικής ρευστοδυναμικής (CFD) → τροποποίηση επιφάνειας λεπίδας → μείωση των δυνάμεων αντίστασης από 8,74N σε 3,78N (57%).
- Πρόκληση:** Απώλεια ενέργειας σε στροφή (40%) - Επίπεδη πλάκα λεπίδας.
Λύση: Δημιουργία καμπύλης στο κάτω μέρος της λεπίδας που λειτουργεί σαν αστράγαλος → αυξημένη ταχύτητα, απόδοση στις στροφές.

Μέλλον (I)



Μέλλον (II)

ABSs

🏆 100m
Usain Bolt
9,58s

🏆 100m
Florence Griffith Joyner
10,49s

ILEAs

🏆 100m
Sherman Guity
10,65s

🏆 100m
Fleur Jong
12,48s

ABSs: μέγιστη μεταβολή επίδοσης δρομέων "σπριντ" ~ 24% σε 100 χρόνια

ILEAs: μέγιστη μεταβολή επίδοσης δρομέων "σπριντ" ~ 21% σε 4 έτη

επιδόσεις ILEAs θα ξεπεράσουν σύντομα αυτές των ABSs

Μέλλον (III)

Συχνότητα vs. Μήκος Βημάτων - Καθοριστικοί παράγοντες Στον δρόμο 100m "σπριντ"

$$V = f_{step} \times L_{step}$$

- V : η ταχύτητα του αθλητή με φορά προς τα εμπρός
- f_{step} : η συχνότητα των διασκελισμών αθλητών
- L_{step} : μήκος διασκελισμού αθλητών

Μέση f_{step} αρτιμελών αθλητών > Μέση f_{step} T62, 64 αθλητών
Μέση L_{step} αρτιμελών αθλητών >> Μέση L_{step} T62, 64 αθλητών

Οι δυνατότητες των αρτιμελών αθλητών περιορίζονται από τα όρια του ανθρώπινου σώματος. Θα μπορέσουν στο μέλλον οι αθλητές τάξης T62, T64 να διασχίσουν πρώτοι τη γραμμή τερματισμού μόνο με την συμβολή της τεχνολογίας;



Συμπέρασμα

Στο δρόμο "σπριντ" των αθλητών με προσθετικά κάτω άκρα, ο σχεδιασμός της πρόθεσης έχει μετατραπεί από ένα εργαλείο για την αποκατάσταση της λειτουργίας σε ένα μέσο που επιτρέπει στους αθλητές να αποδίδουν σχεδόν στο επίπεδο αθλητών χωρίς αναπηρία.

Όλα τα παραπάνω αποδεικνύουν ότι κάποια στιγμή στο μέλλον οι "σπρίντερ" ILEA θα είναι σε θέση να αποδώσουν πολύ κοντά ή ακόμη και να ξεπεράσουν τους αντίστοιχους αρτιμελείς.

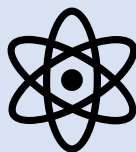
Ωστόσο, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ένα ακόμη πιο αμφιλεγόμενο ερώτημα.

Θα είναι δίκαιο για τους αρτιμελείς αθλητές να συναγωνίζονται με τεχνολογικά ενισχυμένους αθλητές ILEA;



Πηγές

- Brüggemann, Gert-Peter, et al. "Biomechanics of double transtibial amputee sprinting using dedicated sprinting prostheses." *Sports Technology*, vol. 1, no. 4-5, 2009, pp. 220-227.
- Dyer, Bryce. "The Progression of Male 100 m Sprinting with a Lower-Limb Amputation 1976–2012." *Sports*, vol. 3, no. 1, 2015, pp. 30-39.
- Dyer, Bryce T., et al. "The design of lower-limb sports prostheses: fair inclusion in disability sport." *Disability & Society*, vol. 25, no. 5, 2010, pp. 593-602.
- Einmahl, John H., and Sander Smeets. "Ultimate 100M World Records through Extreme-Value Theory." *SSRN Electronic Journal*, 2009.
- Hobara, Hiroaki, et al. "The fastest sprinter in 2068 has an artificial limb?" *Prosthetics & Orthotics International*, vol. 39, no. 6, 2015, pp. 519-520.
- Hobara, Hiroaki, et al. "Spatiotemporal Variables of Able-bodied and Amputee Sprinters in Men's 100-m Sprint." *International Journal of Sports Medicine*, vol. 36, no. 06, 2015, pp. 494-497.
- Li, Yumeng, et al. "Lower extremity kinematics of curve sprinting displayed by runners using a transtibial prosthesis." *Journal of Sports Sciences*, vol. 36, no. 3, 2017, pp. 293-302.
- Weyand, Peter G., et al. "The fastest runner on artificial legs: different limbs, similar function?" *Journal of Applied Physiology*, vol. 107, no. 3, 2009, pp. 903-911.



Μελέτη της Αεροδυναμικής της Κίνησης της μπάλας ποδοσφαίρου σε εναέριες Αλλαγές Κατεύθυνσης με Ιδιοπεριστροφή (φάλτσο)

Δάλλη Αρίστη, Τσιγκρή Αναστασία, Χατζηελευθερίου Εύα, Χριστακοπούλου
Κίρρα

Επιβλέπων Καθηγητές: Δημητριάδης Σάββας, Τζαβιδόπουλος Ηλίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εναέρια αλλαγή κατεύθυνσης μιας μπάλας ποδοσφαίρου με ιδιοπεριστροφή (φάλτσο) επηρεάζεται από την ακτίνα της, την ταχύτητά της και την πυκνότητα του αέρα και σχετίζεται άμεσα με το Magnus number και το Reynolds number. Όταν η μπάλα κινείται στον αέρα με περιστροφή, η δύναμη Magnus την αναγκάζει να αποκλίνει από την αρχική ευθεία πορεία της. Αυτή η δύναμη παράγεται εξαιτίας της διαφοράς ταχύτητας του αέρα στις δύο πλευρές της μπάλας: Ο αέρας που περνά δίπλα από την μπάλα θα ρέει πιο γρήγορα στην πλευρά της στην οποία η ταχύτητα ροής είναι παράλληλη με την ταχύτητα περιστροφής της μπάλας και θα ρέει πιο αργά στην πλευρά στην οποία αντιτίθεται στο γύρισμα. Αυτή η διαφορά ταχύτητας οδηγεί σε **διαφορά πίεσης** γύρω από την μπάλα και στη δημιουργία μια δίνης αέρα γύρω από τη μπάλα, με αποτέλεσμα να αποκλίνει προς την πλευρά της μειωμένης πίεσης. Ο **αριθμός Reynolds** είναι ένας αδιάστατος αριθμός που σχετίζεται με την ταχύτητα της μπάλας, το μέγεθός της (ακτίνα) και τις ιδιότητες του αέρα (πυκνότητα και ιξώδες). Εκφράζει τη σχέση ανάμεσα στις αδρανειακές και στις ιξώδεις δυνάμεις του ρευστού (αέρας) που ρέει γύρω από την μπάλα. Στην πράξη, μας βοηθά να κατανοήσουμε το αν ο αέρας ρέει γύρω από την μπάλα με ομαλή (στρωτή) ή τυρβώδη (στροβιλώδη) ροή.



ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ MAGNUS

Κατά την εκτόξευση μιας ποδοσφαιρικής μπάλας με περιστροφή (φαρδύ λεγόμενο «φάλτσο»), παρατηρείται απόκλιση από την ευθύγραμμη τροχιά της λόγω



αεροδυναμικών δυνάμεων – ένα φαινόμενο γνωστό ως φαινόμενο Magnus (1). Από την περιστροφή της μπάλας δημιουργείται ένα λεπτό συνοδευτικό στρώμα αέρα (οριακό στρώμα), το οποίο έλκει η επιφάνειά της και κινείται μαζί της, με αποτέλεσμα να σχηματίζεται μια κυκλοφορία αέρα γύρω από αυτήν (2). Στη μία πλευρά της μπάλας, όπου η φορά κίνησης του αέρα γύρω από της (λόγω περιστροφής) ταυτίζεται με τη φορά ροής του αέρα που διαπερνά τη μπάλα, η σχετική ταχύτητα του αέρα είναι μεγαλύτερη. Από την άλλη, στην απέναντι πλευρά, όπου η περιστροφή είναι αντίθετη στη ροή, η σχετική ταχύτητα του αέρα είναι μικρότερη (2)(3). Η αρχή Bernoulli υπογορεύει πως η μεγαλύτερη ταχύτητα ροής συνεπάγεται χαμηλότερη πίεση, ενώ η μικρότερη ταχύτητα συνεπάγεται υψηλότερη πίεση – συνεπώς προκύπτει διαφορετική πίεση μεταξύ των δύο πλευρών της μπάλας (2). Αυτή η διαφορά πίεσης έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση καθαρής πλευρικής δύναμης κάθετης προς τη διεύθυνση κίνησης: είναι η δύναμη Magnus, που ωθεί τη μπάλα προς την πλευρά της χαμηλότερης πίεσης, καμπυλώνοντας την τροχιά της(2)(3). Με άλλα λόγια, το ιξώδες του αέρα και η περιστροφική κίνηση της μπάλας προκαλούν ασύμμετρη ροή και εκτροπή του αέρα πίσω από τη μπάλα (wake), δημιουργώντας άνωση Magnus (πλευρική άντωση) που εκτρέπει την μπάλα πλαγίως σε μια «καμπύλη» πορεία (3).

Στον αθλητισμό, εμφανίζεται ευρέως το φαινόμενο Magnus : σε ένα φαλτσαριστό σουτ στο ποδόσφαιρο, η μπάλα ακολουθεί καμπύλη τροχιά γύρω από το αμυντικό τείχος, με αποτέλεσμα να δυσκολεύεται ο τερματοφύλακας (2)

Ο ΑΡΙΘΜΟΣ REYNOLDS ΚΑΙ Η ΡΟΗ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΗ ΜΠΑΛΑ

Η μπάλα δέχεται μια αεροδυναμική δύναμη, η οποία εξαρτάται από τις συνθήκες ροής γύρω της, οι οποίες χαρακτηρίζονται από τον αδιάστατο αριθμό Reynolds (Re). Ο αριθμός Reynolds ορίζεται ως ο λόγος των αδρανειακών προς τις ιξώδεις δυνάμεις του ρευστού. Όταν ο αριθμός Re είναι χαμηλός, η ροή γύρω από τη μπάλα είναι στρωτή (laminar) και το οριακό στρώμα παραμένει ομαλό αλλά αποχωρίζεται νωρίς από την επιφάνεια της μπάλας, δημιουργώντας μεγάλη ζώνη αποκόλλησης πίσω της και αυξημένη οπισθέλκουσα δύναμη (αντίσταση) (5). Αντίθετα, όταν ο αριθμός Re είναι υψηλός η ροή γίνεται τυρβώδης (turbulent) πάνω στη μπάλα: το οριακό στρώμα μεταβαίνει σε τυρβώδη κατάσταση, κάτι που καθυστερεί τον αποχωρισμό του ρευστού από την επιφάνεια. Συνέπεια του γεγονότος αυτού αποτελεί η μικρότερη ζώνη αποκόλλησης και σημαντικά μικρότερη οπισθέλκουσα δύναμη (5). Το πέρασμα από το στρωτό στο τυρβώδες καθεστώς συμβαίνει απότομα σε μια κρίσιμη τιμή του Re , που ονομάζεται κρίσιμος αριθμός Reynolds (Re_{cr}). Για μια λεία σφαίρα (χωρίς περιστροφή) το Re_{cr} είναι περίπου 3.5×10^5 , οπότε ο συντελεστής οπισθέλκουσας πέφτει από ~ 0.5 σε ~ 0.1 (5).



Στην περίπτωση της ποδοσφαιρικής μπάλας, η μετάπτωση του οριακού στρώματος επηρεάζεται από την ύπαρξη ραφών και τραχύτητας στην επιφάνειά της. Τέτοιου είδους ανωμαλίες, λειτουργούν ως «διαταράκτες» που προκαλούν

πρώιμη μετάβαση σε τυρβώδη ροή σε χαμηλότερες ταχύτητες απ' ό,τι σε μια λεία σφαίρα (6). Πειραματικές μετρήσεις σε φυσικής κλίμακας μπάλες έχουν δείξει ότι ο κρίσιμος αριθμός Reynolds για μια ποδοσφαιρική μπάλα είναι περίπου $(2.2 \sim 3.0) \times 10^5$, δηλαδή χαμηλότερος από μιας λείας σφαίρας (που είναι $\sim 3.5 \times 10^5$), λόγω της επίδρασης των ραφών (5). Αυτό σημαίνει ότι καθώς μια ποδοσφαιρική μπάλα ταξιδεύει με ταχύτητες της τάξης των 20–30 m/s (τυπικές για ισχυρά σουτ), βρίσκεται κοντά ή και πάνω από το κρίσιμο καθεστώς ροής (5). Τότε, η οπισθέλκουσα δύναμη μειώνεται αισθητά, κάτι που επιτρέπει στην μπάλα την διατήρηση της μεγαλύτερης ταχύτητας σε μέρος της πορείας της (5). Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι όταν η μπάλα επιβραδύνει και ο τοπικός αριθμός Re πέσει κάτω από το κρίσιμο, η αιφνίδια επανεμφάνιση στρωτής ροής μπορεί να κάνει την μπάλα να «φρενάρει» απότομα λόγω αύξησης της οπισθέλκουσας – ένα φαινόμενο που συμβάλλει στην απότομη πτώση της μπάλας στα τελευταία στάδια μιας μακρινής βολής (4)(5).



ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ (MAGNUS NUMBER) ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΗ MAGNUS

Εκτός από τον αριθμό Reynolds, για μια περιστρεφόμενη μπάλα είναι κρίσιμη και η αδιάστατη παράμετρος περιστροφής, γνωστή και ως αριθμός Magnus. Αυτή η παράμετρος ορίζεται με βάση την γωνιακή ταχύτητα περιστροφής, την ακτίνα της μπάλας και την ταχύτητα κίνησης της μπάλας ως προς τον αέρα (5). Ουσιαστικά, εκφράζει τη σχετική ένταση της περιστροφής σε σύγκριση με την προώθηση. Το μέγεθος της δύναμης Magnus αυξάνεται όσο αυξάνεται η παράμετρος περιστροφής, καθώς μεγαλύτερη περιστροφική ταχύτητα εντείνει την ασυμμετρία ροής και την μεγαλύτερη διαφορά πίεσης μεταξύ των πλευρών (1)(5). Πειράματα σε ανέμο-στροβίλους (wind tunnels) δείχνουν ότι ο

συντελεστής πλευρικής δύναμης λόγω Magnus αυξάνεται μη γραμμικά με την παράμετρο— αρχικά σχεδόν γραμμικά, και στη συνέχεια τείνει να κορεστεί σε υψηλές τιμές περιστροφής (5). Πρακτικά, ένα φάουλ με δύναμη και περιστροφή είναι δυνατό να εμφανίζει επιτάχυνση λόγω Magnus της τάξης του 20–30% της επιτάχυνσης της βαρύτητας, ικανή να εκτρέψει τη μπάλα αρκετά μέτρα πλαγίως σε απόσταση μερικών δεκάδων μέτρων (1)(9).

Αξιοσημείωτη παρατήρηση αποτελεί πως η περιστροφή της μπάλας μπορεί επίσης να επηρεάσει την οπισθέλκουσα αντίσταση. Συχνά, μια μπάλα που περιστρέφεται εμφανίζει ελαφρώς υψηλότερη οπισθέλκουσα δύναμη από μια μη περιστρεφόμενη υπό όμοιες συνθήκες, επειδή η άνιση κατανομή πίεσης και η κλίση της ροής πίσω από τη μπάλα (λόγω Magnus) μπορούν να αυξήσουν την πίεση στο πίσω μέρος της μπάλας (7).

ΚΑΜΠΥΛΗ ΤΡΟΧΙΑ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Η ύπαρξη της δύναμης Magnus προκαλεί την απόκλιση της τροχιάς της μπάλας από μια παραβολή (που θα ήταν αν ενεργούσε μόνο η βαρύτητα και η αντίσταση). Η δύναμη δρα



κάθετα στην στιγμιαία κατεύθυνση κίνησης, με αποτέλεσμα η μπάλα να ακολουθεί μια καμπύλη πορεία που βαθμιαία αλλάζει κατεύθυνση. Αν ο άξονας περιστροφής είναι κάθετος στο έδαφος (περιστροφή “πλασαριστή” με φάλτσο στο πλάι), η δύναμη Magnus είναι οριζόντια και κάνει τη μπάλα να «κορδιλιάζει» αριστερά ή δεξιά. Αν ο άξονας περιστροφής είναι οριζόντιος (π.χ. πάνω φάλτσο/topspin ή κάτω φάλτσο/backspin), η δύναμη Magnus έχει κατακόρυφη συνιστώσα: στο topspin ωθεί τη μπάλα προς τα κάτω, κάνοντάς την να βυθιστεί ταχύτερα από όσο θα έπεφτε μόνο με τη βαρύτητα, ενώ στο backspin την ωθεί

προς τα πάνω, επιβραδύνοντας την κάθοδο ή ακόμα και προκαλώντας μικρή άνοδο στην αρχική φάση (4)(7). Οι παίκτες ποδοσφαίρου που διαθέτουν ιδιαίτερες ικανότητες και ταλέντο εκμεταλλεύονται αυτές τις αρχές, ώστε να επιτύχουν εντυπωσιακές αλλαγές κατεύθυνσης: σε εκτελέσεις φάουλ, συνδυάζεται το πλευρικό και άνω φάλτσο, με αποτέλεσμα στο ξεκίνημα η μπάλα να υπερβαίνει το αμυντικό τείχος και στη συνέχεια να διεξάγει έντονη καμπύλη προς τα κάτω και πλαγίως, καταλήγοντας στο στόχο (1)(2). Ένα διάσημο παράδειγμα είναι το γκολ φάουλ του Roberto Carlos το 1997, όπου η μπάλα διαγράφει μια εξαιρετικά έντονη καμπύλη τροχιά ~35 μέτρων: ξεκινά πολύ έξω από το δοκάρι και τελικά «επιστρέφει» μέσα στην εστία, κάτι που αποδίδεται στον ασυνήθιστα μεγάλο συνδυασμό ταχύτητας (~40 m/s) και περιστροφής που παρήγαγε υψηλό αριθμό Magnus (9).



ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Το αν η ροή βρίσκεται σε στρωτή ή τυρβώδη κατάσταση, αλλά και το μέτρο της περιστροφής της μπάλας διαμορφώνουν την συμπεριφορά της. Σε ενδιάμεσες καταστάσεις, κοντά στον κρίσιμο Re , παρατηρούνται σύνθετα φαινόμενα. Ένα ιδιαίτερο φαινόμενο είναι το λεγόμενο αντίστροφο φαινόμενο Magnus (reverse Magnus effect), όπου η μπάλα καμπυλώνει προς την αντίθετη κατεύθυνση απ' ό,τι θα αναμενόταν. Αυτό συμβαίνει σε ορισμένες περιπτώσεις όταν η μία πλευρά της περιστρεφόμενης σφαίρας έχει ροή υποκρίσιμη (στρωτή αποκόλληση) ενώ η άλλη υπερκρίσιμη (καθυστερημένη αποκόλληση) – το ασύμμετρο αυτό μοτίβο προκαλεί εκτροπή της δίνης (wake) προς την αντίθετη πλευρά, δηλαδή δύναμη προς την πλευρά υψηλότερης πίεσης (3). Στην παραδοσιακή ποδοσφαιρική μπάλα, με την τραχύτητα των ραφών,

παρουσιάζεται η δύναμη Magnus να διατηρεί την αναμενόμενη φορά προς τη μεριά της μικρότερης πίεσης (5).

Αντίθετα, ένα άλλο φαινόμενο που εμφανίζεται σε πολύ μικρές περιστροφές είναι το φαινόμενο «knuckleball» (πτώση φύλλου). Όταν η μπάλα δεν περιστρέφεται σχεδόν καθόλου,



οι αεροδυναμικές δυνάμεις πλευρικά μπορεί να μεταβάλλονται τυχαία λόγω ακανόνιστων αποκολλήσεων ροής που εξαρτώνται από το στιγμιαίο προσανατολισμό των ραφών (8). Αυτό οδηγεί σε μια απρόβλεπτη τροχιά που ταλαντεύεται καθώς η μπάλα ταξιδεύει, δυσκολεύοντας αφάνταστα τον τερματοφύλακα (8). Με την εξέλιξη των μπαλών ποδοσφαίρου, έχει παρατηρηθεί ότι οι πιο λείες μπάλες (λιγότερες ραφές) τείνουν να ευνοούν το φαινόμενο knuckleball σε χαμηλές περιστροφές. Στο Μουντιάλ 2006, η νέα μπάλα Adidas Teamgeist με μόλις 14 πάνελ (αντί 32) χαρακτηρίστηκε ως πιο “ομαλή” αεροδυναμικά και αναφέρθηκε ότι με χαμηλό φάλτσο μπορεί να εμφανίσει εξαιρετικά ασταθή τροχιά, παρόμοια με μπάλα μπέιζμπολ (8). Πειραματικές και θεωρητικές αναλύσεις έδειξαν ότι με πολύ μικρό ρυθμό περιστροφής η συγκεκριμένη μπάλα γίνεται λιγότερο σταθερή και μπορεί να «κολυμπάει» (swerve) απρόβλεπτα στον αέρα, ενώ αντιθέτως με ικανοποιητική περιστροφή παράγει το γνωστό φάλτσο (8). Οι κορυφαίοι παίκτες αξιοποιούν αυτή τη γνώση: άλλοτε επιδιώκουν μηδενική περιστροφή σε απευθείας χτυπήματα για να δημιουργήσουν απρόβλεπτη τροχιά (βλ. φαινόμενο knuckleball), ενώ συχνότερα δίνουν ελεγχόμενο φάλτσο για να καμπυλώσουν την πορεία της μπάλας κατά βούληση χάρη στο φαινόμενο Magnus (1)(8).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, η αεροδυναμική συμπεριφορά μιας ποδοσφαιρικής μπάλας σε εναέρια τροχιά καθορίζεται από την πολύπλοκη συνεπίδραση της περιστροφής (φάλτσο)

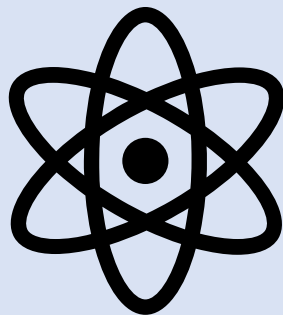


και της ρευστοδυναμικής ροής γύρω της. Η περιστροφή δημιουργεί την πλευρική δύναμη Magnus, η οποία κάνει τη μπάλα να παρεκκλίνει από ευθεία τροχιά, με την κατεύθυνση και το μέγεθος της απόκλισης να εξαρτώνται από την ταχύτητα περιστροφής και την ταχύτητα κίνησης(1)(5). Ταυτόχρονα, ο αριθμός Reynolds της ροής καθορίζει αν το οριακό στρώμα θα είναι στρωτό ή τυρβώδες, επηρεάζοντας τόσο την οπισθέλκουσα όσο και τη σταθερότητα της πλευρικής δύναμης (4)(5). Υπό τυπικές συνθήκες ποδοσφαίρου, μια καλά κτυπημένη μπάλα (με υψηλό Re και επαρκές φάλτσο) θα κινηθεί σε προβλέψιμη καμπύλη τροχιά λόγω του φαινομένου Magnus, γεγονός που αξιοποιείται πρακτικά σε πάσες ακριβείας και εκτελέσεις φάουλ (1)(2). Αντίθετα, μια μπάλα χωρίς περιστροφή μπορεί να εμφανίσει απρόβλεπτες ταλαντώσεις (φτέρουγισμα) λόγω τυρβώδους αποκόλλησης, κάτι που επίσης έχει στρατηγική χρήση για να αιφνιδιάζονται οι τερματοφύλακες (8). Η κατανόηση αυτών των φαινομένων έχει όχι μόνο ακαδημαϊκό ενδιαφέρον αλλά και πρακτική σημασία: συμβάλλει στον σχεδιασμό καλύτερων μπαλών (με ελεγχόμενη αεροδυναμική συμπεριφορά) και επιτρέπει στους αθλητές να βελτιστοποιήσουν τον τρόπο με τον οποίο κλωτσούν τη μπάλα για να επιτύχουν την επιθυμητή τροχιά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Carre, M. J., et al. "The Curve Kick of a Football II: Flight Through the Air." *Sports Engineering*, vol. 5, no. 4, Nov. 2002, pp. 193–200.
doi.org/10.1046/j.1460-2687.2002.00109.x.
2. Ψαρουδάκης, Μάνος. "Το Φαινόμενο Magnus Και Η Μπάλα Στο Μουντιάλ - Περί Φυσικής." *Περί Φυσικής*, 3 Feb. 2016,
blogs.sch.gr/mpsaroudakis/2016/02/03/to-fainomeno-magnus-kai-i-mpala-sto-moyntial.
3. Ward, M., et al. "The Effect of Surface Geometry on the Aerodynamic Behaviour of a Football." *Sports Engineering*, vol. 26, no. 1, July 2023,
<https://doi.org/10.1007/s12283-023-00409-5>.
4. Mehta R. D., "**Aerodynamics of sports balls**," *Annual Review of Fluid Mechanics*, vol. 17, pp. 151–189, 1985.
5. Asai T., Seo K., Kobayashi O., Sakashita R., "**Fundamental aerodynamics of the soccer ball**," *Sports Engineering*, vol. 10, no. 2, pp. 101–110, 2007. DOI: 10.1007/BF02844207.
6. Carré, M. J., et al. "Understanding the Effect of Seams on the Aerodynamics of an Association Football." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C Journal of Mechanical Engineering Science*, vol. 219, no. 7, July 2005, pp. 657–66.
<https://doi.org/10.1243/095440605x31463>.
7. Briggs L. J., "Effect of spin and speed on the lateral deflection (curve) of a baseball; and the Magnus effect for smooth spheres," *American Journal of Physics*, vol. 27, no. 8, pp. 589–596, 1959.

8. Bray K., "New World Cup Soccer Ball Will Unsettle Goalkeepers, Predicts **Scientist**," *University of Bath press release (ScienceDaily)*, 10 louviou 2006.
9. Goff J. E., Carré M. J., "Trajectory analysis of a soccer ball," *American Journal of Physics*, vol. 77, no. 11, pp. 1020–1027, 2



Εκπαιδευτική Επίσκεψη στο Παρίσι

Από την Τετάρτη 19 έως και το Σάββατο 22 Φεβρουαρίου 2025, 38 μαθητές της Γ' Γυμνασίου, μέλη της Φυσικής Σκέψης και του Ομίλου Αστρονομίας, συμμετείχαν στην καθιερωμένη εκπαιδευτική επίσκεψη στο Παρίσι.



Κατά τη διάρκεια του ταξιδιού, οι μαθητές, συνοδευόμενοι από τους καθηγητές κ. Δημητριάδη Σ., κα Νικολαΐδου Σ., κα Σιώτου Ε. και κ. Τζαβιδόπουλο Η., επισκέφτηκαν το **Μουσείο Μοντέρνας Τέχνης** (Palais de Tokyo). Στην αίθουσα «Το Πνεύμα του Ηλεκτρισμού» (Raoul Dufy's *Spirit of Electricity* – Paris Museum of Modern Art), παρουσίασαν ατομικές εργασίες, εστιάζοντας στη βιογραφία και το επιστημονικό έργο σημαντικών φυσικών που απεικονίζονται στο συγκεκριμένο εικαστικό έργο.

Η αποστολή συνέχισε την εκπαιδευτική της πορεία στο **Μουσείο Τεχνών και Επαγγελμάτων** (Musée des Arts et Métiers), όπου οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να μελετήσουν εμβληματικά επιστημονικά εκθέματα που σηματοδότησαν την εξέλιξη της επιστήμης.

Ακολούθησε επίσκεψη στο **Πάρκο Επιστημών της Βιλλέτ** (Cité des sciences et de l'industrie), όπου οι μαθητές συμμετείχαν σε ατομικές και ομαδικές δραστηριότητες σχετικές με τη Φυσική, την Αστρονομία και τη Διαστημική, τη Βιολογία, τα Μαθηματικά, τη Ρομποτική και την Τεχνολογία.

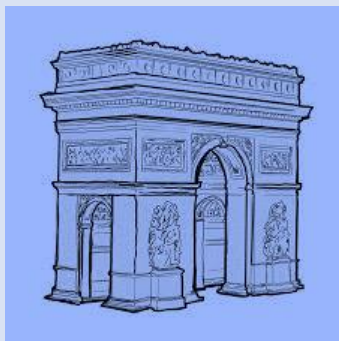
Στο πλαίσιο γνωριμίας με τον γαλλικό πολιτισμό, οι μαθητές μετακινήθηκαν με το **μετρό**, περιηγήθηκαν στον λόφο της **Μοντμάρτρης**, επισκέφτηκαν την **Basilique du Sacré-Cœur de Montmartre**, περπάτησαν στα **Ηλύσια Πεδία** ως

την **Αψίδα του Θριάμβου**, ενώ απόλαυσαν και μια μικρή **κρουαζιέρα στον Σηκουάνα** με τα Bateaux Mouches. Η τετραήμερη επίσκεψη ολοκληρώθηκε με **ξενάγηση στο Μουσείο του Λούβρου** και **περιήγηση στον προαύλιο χώρο της Παναγίας των Παρισίων** και της περιοχής Quartier Latin.

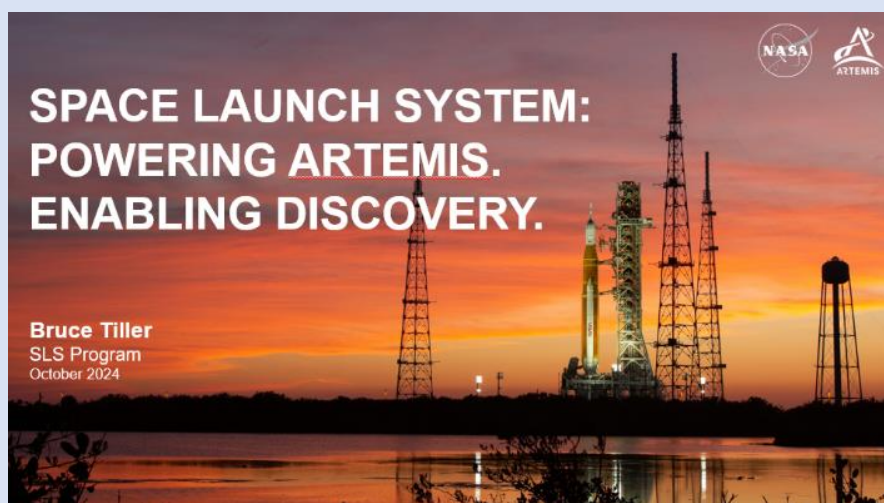


Μαθητές και εκπαιδευτικοί επέστρεψαν γεμάτοι εικόνες και εμπειρίες, ανανεώνοντας το ραντεβού τους με τη γνώση και τη χαρά της ανακάλυψης.



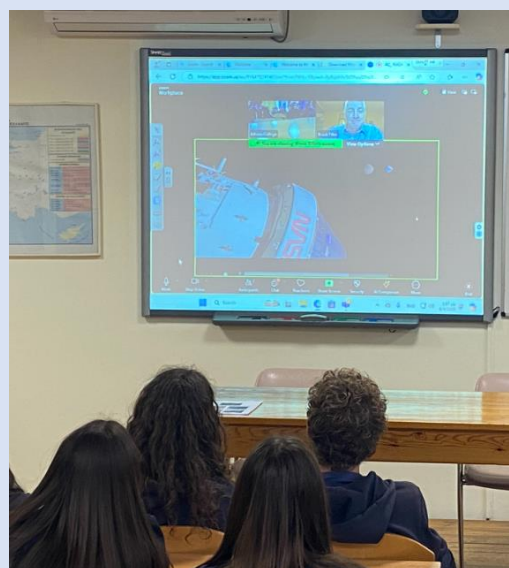


Διαδικτυακή παρουσίαση από τον Bruce Tiller



Την Τρίτη 8 Απριλίου 2025 πραγματοποιήθηκε διαδικτυακή παρουσίαση στους μαθητές των ομίλων της Φυσικής Σκέψης και της Αστρονομίας από τον Bruce Tiller, πρώην διευθυντή του "Boosters Office for the Space Launch System (SLS) at NASA's Marshall Space Flight Center in Huntsville". Ο Bruce Tiller ηγήθηκε για πολλά χρόνια της ομάδας που είναι υπεύθυνη για τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη, τις δοκιμές και την αξιολόγηση των στερεών πυραύλων του SLS, οι οποίοι παρέχουν πάνω από το 75% της ώθησης κατά την εκτόξευση των αποστολών Artemis προς τη Σελήνη.

Μετά την παρουσίαση, οι μαθητές έθεσαν πλήθος ερωτήσεων στον ομιλητή, εκφράζοντας τον ενθουσιασμό και το ενδιαφέρον τους για τις αποστολές της NASA και την τεχνολογία πίσω από την εξερεύνηση του διαστήματος. Ο κύριος Tiller απάντησε με προθυμία, προσφέροντας πολύτιμες γνώσεις και εμπειρίες από την πολυετή του πορεία στον οργανισμό.



Η εκδήλωση αποτέλεσε μια μοναδική εκπαιδευτική εμπειρία, η οποία ενίσχυσε το ενδιαφέρον και την έμπνευση των μαθητών για τις φυσικές επιστήμες, την αστρονομία και τη μηχανική, αναδεικνύοντας παράλληλα τη σημασία της διαστημικής εξερεύνησης και της απόκτησης βαθύτερης επιστημονικής γνώσης.



ARTEMIS I

is only the beginning

Παρουσίαση από τον αστροφυσικό Παύλο Καστανά (Astronio)

Στις 12 Δεκεμβρίου ο Όμιλος Αστρονομίας και Φυσικής Σκέψης του Γυμνασίου Κολλεγίου Αθηνών είχαν την τιμή να φιλοξενήσουν σε ομιλία τον εγνωσμένου κύρους αστροφυσικό κ. Καστανά Παύλο. Ο κος Καστανάς εκτός από παλαιός απόφοιτος του σχολείου μας, αποτελεί έναν από τους πιο δημοφιλείς αστροφυσικούς της χώρας μας, καθώς μέσω του καναλιού του στην πλατφόρμα του YouTube έχει καταφέρει να διαδώσει την επιστήμη της αστροφυσικής στο ευρύ κοινό. Το κανάλι του με ονομασία «Astronio» αριθμεί περισσότερους από 300 χιλιάδες εγγεγραμμένους χρήστες. Η ομιλία που παρέδωσε στους μαθητές του Ομίλου Αστρονομίας και Φυσικής Σκέψης, στην αίθουσα του IC Hall (κτίριο Αλεξάνδρου Μαρτίνου), είχε τίτλο «Η Αρμονία του Σύμπαντος».





Μετά το πέρας της ομιλίας οι μαθητές έθεσαν ερωτήματα προς τον κ. Καστανά σχετικά με την επιστήμη της αστροφυσικής αλλά και την εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης, πυροδοτώντας μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα επιστημονική συζήτηση.

Τέλος, διεξήχθη παιχνίδι γνώσεων με τους μαθητές να χωρίζονται σε ομάδες και να απαντούν σε ερωτήσεις σχετικές με την επιστήμη της αστρονομίας.



Συμμετοχή της Φυσικής Σκέψης στο 4ο Μαθητικό Συνέδριο Έρευνας και Επιστήμης

Το τριήμερο **22–24 Νοεμβρίου 2024**, οι μαθητές του απογευματινού τμήματος **Φυσικής Σκέψης** συμμετείχαν ενεργά στο **4ο Μαθητικό Συνέδριο Έρευνας και Επιστήμης**, μια διοργάνωση που στόχευε στην προσομοίωση ενός αυθεντικού επιστημονικού συνεδρίου για μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.

Στόχος του συνεδρίου ήταν να ενθαρρύνει τους μαθητές στη συγγραφή και παρουσίαση ολοκληρωμένων ερευνητικών εργασιών, να προωθήσει τη συνεργασία μεταξύ σχολικών μονάδων και πανεπιστημιακών ή ερευνητικών φορέων, και να συμβάλει ενεργά στη διάχυση της σύγχρονης επιστημονικής γνώσης μέσα και πέρα από το σχολικό περιβάλλον. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, αναδεικνύεται ο ρόλος του σύγχρονου σχολείου ως διάυλος επιστήμης, δημιουργικότητας και κοινωνικής σύνδεσης.

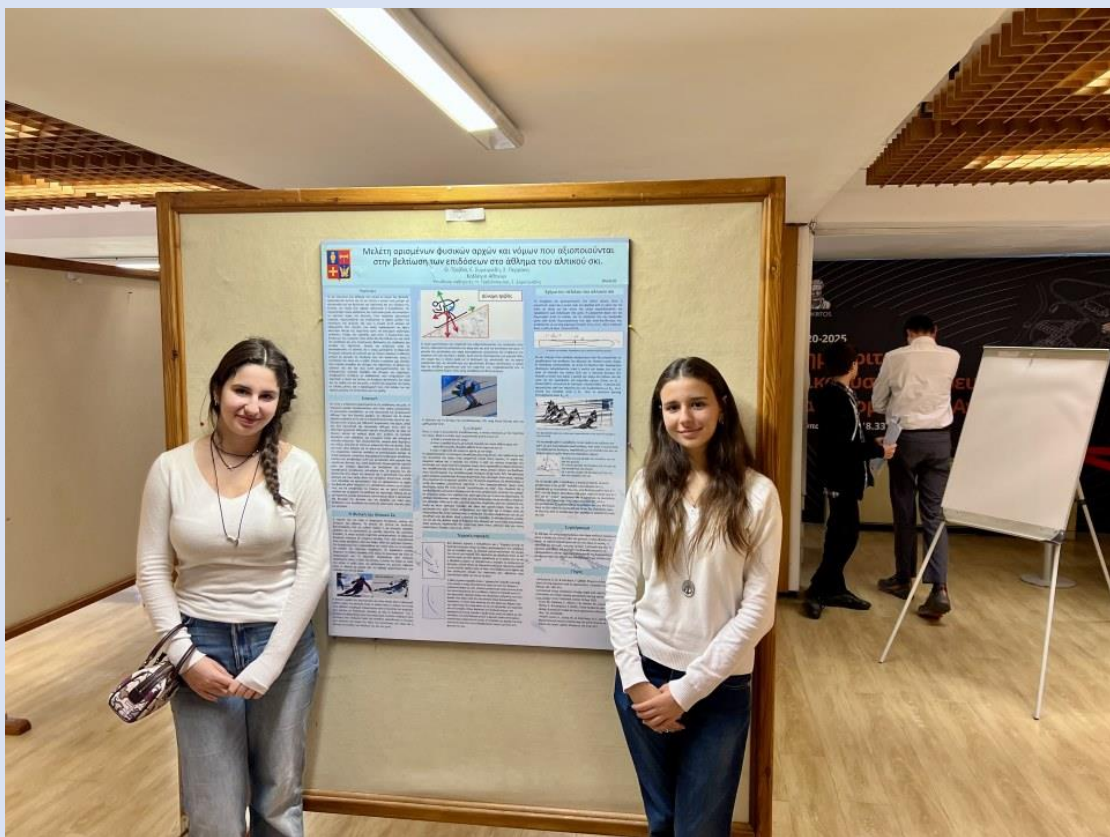
Οι μαθητές της Φυσικής Σκέψης παρουσίασαν, σε ομάδες, τις επιστημονικές τους εργασίες με θέμα **«Εφαρμογές της Φυσικής και των Θετικών Επιστημών στον Αθλητισμό»**. Το σχολείο μας εκπροσωπήθηκε από **επτά (7) ομάδες μαθητών**, εκ των οποίων **έξι (6)** συμμετείχαν μέσω **παρουσίασης πόστερ** και **μία (1)** ομάδα με **δια ζώσης παρουσίαση**.

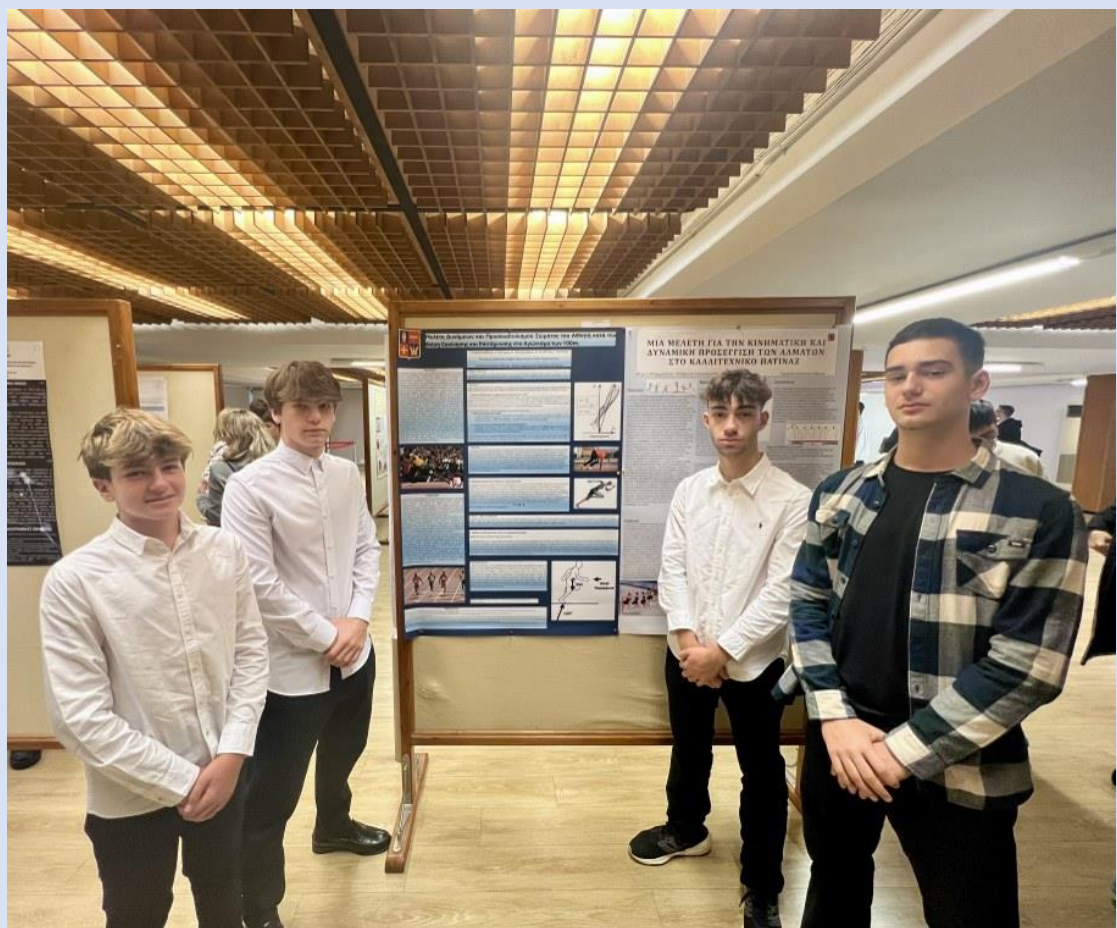
Η συμμετοχή αυτή αποτέλεσε σημαντική εμπειρία για τους μαθητές, καθώς τους έδωσε τη δυνατότητα να εμβαθύνουν στη διαδικασία της επιστημονικής έρευνας, να εξασκηθούν στην παρουσίαση επιστημονικών δεδομένων και να αλληλεπιδράσουν με μαθητές και εκπαιδευτικούς από όλη τη χώρα. Αξίζουν σε όλους συγχαρητήρια για την ποιότητα της δουλειάς τους, την ωριμότητα της

παρουσίας τους και τη συμβολή τους στην ενίσχυση της επιστημονικής κουλτούρας στο σχολείο.

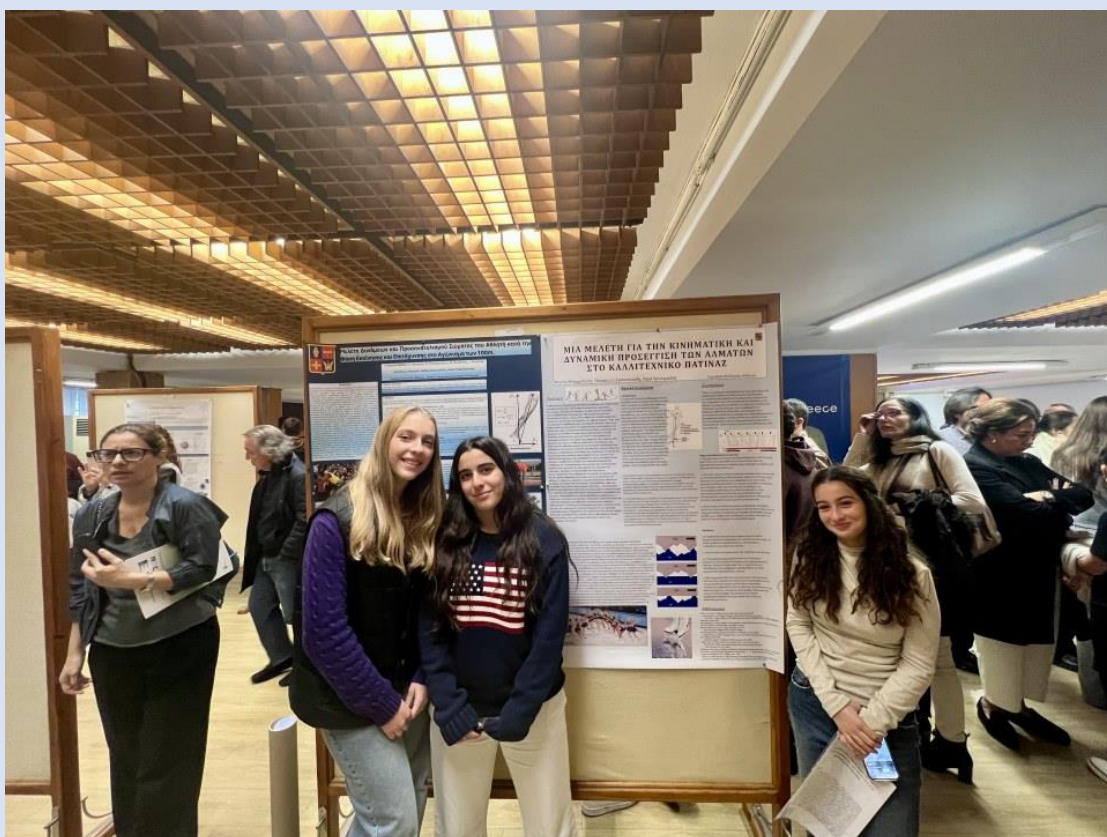
Οι εντυπώσεις από την συμμετοχή των μαθητών/τριων ήταν εξαιρετικά θετικές. Το συνέδριο δεν ήταν μόνο μια ευκαιρία επιστημονικής έκφρασης, αλλά και ένα βήμα προς την καλλιέργεια δεξιοτήτων συνεργασίας, δημόσιας ομιλίας και δημιουργικής σκέψης—δεξιότητες απαραίτητες για τους επιστήμονες του αύριο.

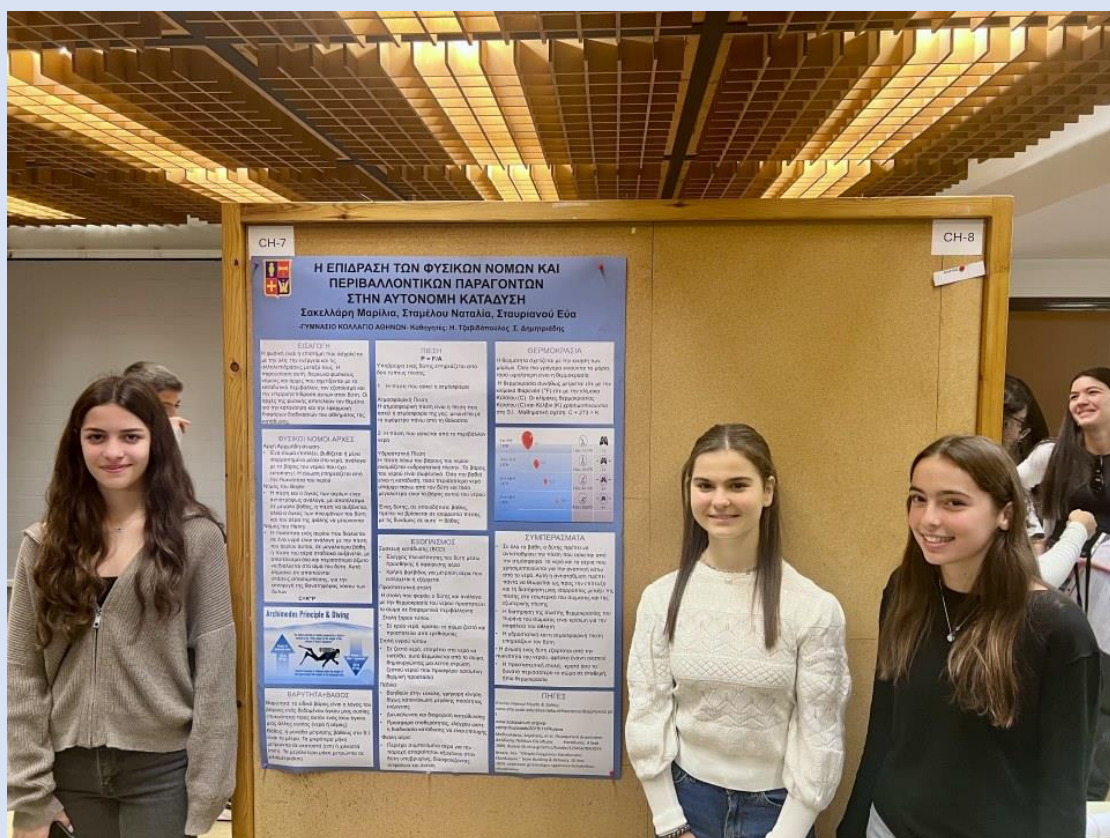
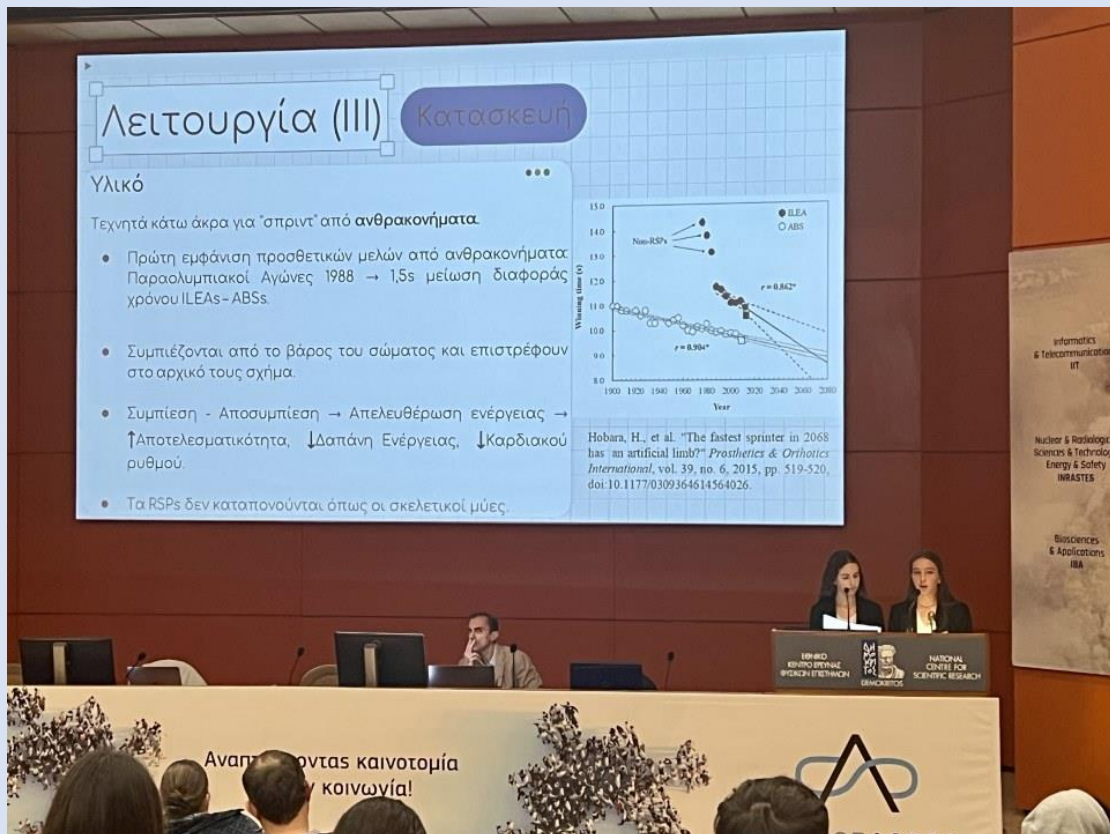
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ











Επίλογος

Με το παρόν τεύχος ολοκληρώνεται μια ακόμη δημιουργική χρονιά για το απογευματινό όμιλο «Φυσική Σκέψη». Οι μαθητές μας, με οδηγό την επιστημονική περιέργεια, τη μεθοδικότητα και τη φαντασία τους, ανέλαβαν να ερευνήσουν, να πειραματιστούν και να παρουσιάσουν πρωτότυπες εργασίες που συνδέουν τη Φυσική με τον κόσμο του Αθλητισμού. Οι αφίσες, τα άρθρα και οι συμμετοχές τους σε επιστημονικές διοργανώσεις αποτυπώνουν τη σοβαρότητα, το πάθος και το υψηλό επίπεδο δουλειάς που χαρακτηρίζει την ομάδα μας.

Πίσω από κάθε ερευνητικό βήμα, υπήρξε η διακριτική αλλά ουσιαστική παρουσία των καθηγητών-συμβούλων, οι οποίοι υποστήριξαν, ενθάρρυναν και καθοδήγησαν τους μαθητές με συνέπεια και εμπιστοσύνη. Χάρη σε αυτήν τη συνεργασία μαθητών και εκπαιδευτικών, ο όμιλος «Φυσική Σκέψη» συνεχίζει να είναι ένα ζωντανό εργαστήριο γνώσης και δημιουργικής έκφρασης.

Ανανεώνουμε το ραντεβού μας για την επόμενη χρονιά, με νέες ιδέες, νέα ερωτήματα και την ίδια αφοσίωση στη δύναμη της επιστημονικής σκέψης.

«Οι φυσικές επιστήμες είναι οι σιωπηλές προπονήτριες κάθε αθλητή.»

Οι μαθητές του ομίλου

ΓΕΩΡΓΙΟΥ	ΦΙΛΙΠΠΟΣ	γ1	ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ	ΘΕΟΔΩΡΑ	γ6
ΓΙΑΛΛΟΥΣΗΣ	ΙΩΑΝΝΗΣ	γ2	ΠΕΡΡΑΚΗ	ΣΟΦΙΑ	γ7
ΓΛΥΝΟΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ	γ2	ΠΕΤΑΛΑ	ΙΩΑΝΝΑ	γ6
ΔΑΛΛΗ	ΑΡΙΣΤΗ	γ2	ΠΟΛΥΜΕΝΑΚΟΣ	ΧΡΗΣΤΟΣ	γ7
ΕΥΣΤΑΘΟΠΟΥΛΟΥ	ΔΑΝΑΗ	γ2	ΣΑΚΕΛΛΑΡΗ	ΜΑΡΙΑ-ΑΙΜΙΛΙΑ	γ7
ΚΑΝΑΤΑΣ	ΙΩΑΝΝΗΣ	γ3	ΣΤΑΜΕΛΟΥ	ΝΑΤΑΛΙΑ	γ7
ΚΑΡΑΣΣΑΒΙΔΗΣ	ΓΙΑΝΝΗΣ	γ3	ΣΤΑΥΡΙΑΝΟΥ	ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ	γ7
ΚΑΤΕΡΗΣ	ΛΑΜΠΡΟΣ	γ3	ΣΤΡΟΥΖΑΣ	ΛΑΜΠΡΟΣ	γ9
ΚΥΡΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ	ΟΔΥΣΣΕΑΣ	γ4	ΣΥΜΕΩΝΙΔΗ	ΕΡΙΦΥΛΗ ΜΑΡΙΝΑ	γ8
ΚΩΛΕΤΗΣ	ΝΕΟΚΛΗΣ	γ4	ΣΦΑΚΙΑΝΟΥΔΗ	ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ	γ8
ΜΑΥΡΟΓΙΩΡΓΟΥ	ΕΙΡΗΝΗ ΣΟΦΙΑ	γ4	ΤΖΟΒΛΑ	ΘΕΟΔΩΡΑ ΝΙΚΗ	γ8
ΜΠΑΡΜΠΟΥΝΗ	ΜΥΡΤΩ	γ5	ΤΟΥΜΠΟΥΡΟΣ	ΠΑΝΤΑΖΗΣ	γ8
ΜΠΟΥΡΔΑΚΗΣ	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	γ6	ΤΣΙΓΚΡΗ	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ	γ9
ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ	ΝΙΚΟΛΑΟΣ	γ6	ΤΣΟΚΑΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ	γ9
ΝΙΚΟΠΟΥΛΟΣ	ΝΙΚΟΛΑΟΣ	γ6	ΧΑΝΙΩΤΗ	ΟΥΡΑΝΙΑ	γ9
ΟΪΛΚΙΝΣΟΝ	ΜΑΞΙΜΟΣ ΦΙΛΙΠΠΟΣ	γ7	ΧΑΤΖΗΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ	ΕΥΑ	γ9
ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	ΕΛΕΝΗ	γ6	ΧΡΙΣΤΑΚΟΠΟΥΛΟΥ	ΚΙΡΡΑ	γ9
			ΧΡΥΣΟΜΑΛΛΗ	ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ	γ8

Καθηγητές Σύμβουλοι: ΣΑΒΒΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ & ΗΛΙΑΣ ΤΖΑΒΙΔΟΠΟΥΛΟΣ

Παρασκευάστρια: Αθανασία Κακολύρη

ΚΑΛΟ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ !

