

## Τίτλος εργασίας:

# «Σχεδιασμός και υλοποίηση τεχνολογικά ενισχυμένων μαθησιακών δραστηριοτήτων για την Ελεύθερη Πτώση και την Οριζόντια Βολή με χρήση προγραμματισμού Python»

Γκιτσισαλίτη Μαρία, 4282025009, psemtdt25009@aegean.gr

Τσουκαλάς Φώτιος, 4282025026, psemtdt25026@aegean.gr

Φίλογλου Ελένη, 4282025027, psemtdt25027@aegean.gr

## Περίληψη

Στην παρούσα εργασία σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε μια τεχνολογικά ενισχυμένη μαθησιακή δραστηριότητα για τη διδασκαλία της ελεύθερης πτώσης και της οριζόντιας βολής στη Φυσική Λυκείου, με αξιοποίηση του προγραμματισμού σε Python και της πλατφόρμας Open eClass (<https://x4.myeaclass.gr>). Η εργασία εδράζεται στην προβληματική που αφορά τις δυσκολίες των μαθητών να κατανοήσουν τις εξισώσεις κίνησης ως μοντέλα φυσικών φαινομένων και όχι ως τύπους προς μηχανική εφαρμογή. Το θεωρητικό πλαίσιο βασίζεται στις αρχές της Τεχνολογικά Ενισχυμένης Μάθησης (TEM) και στον προγραμματισμό ως εργαλείο μάθησης (code to learn). Σε επίπεδο συνολικής διδακτικής πορείας υιοθετήθηκε το 5E (Engage – Explore – Explain – Elaborate - Evaluate) ως γενικό πλαίσιο διερευνητικής διδασκαλίας, ενώ το PRIMM (Predict – Run – Investigate – Modify - Make) αξιοποιήθηκε συμπληρωματικά ως διδακτική σκαλωσιά για τις δραστηριότητες που περιλαμβάνουν κώδικα/προσομοίωση. Ο συστηματικός διδακτικός σχεδιασμός οργανώθηκε με βάση το μοντέλο ADDIE και η ουσιαστική ενσωμάτωση της τεχνολογίας τεκμηριώνεται μέσω του πλαισίου TRACK. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ψηφιακών δραστηριοτήτων διερεύνησης, προσομοίωσης και υπολογιστικής μοντελοποίησης, οργανωμένων σε διαδοχικά στάδια μάθησης. Τα αναμενόμενα οφέλη και τα αποτελέσματα της μαθησιακής παρέμβασης αφορούν την ενίσχυση της εννοιολογικής κατανόησης της κινηματικής και την ανάπτυξη δεξιοτήτων μοντελοποίησης και διερεύνησης, και αναλύονται σε ξεχωριστή ενότητα της εργασίας. Η δομή της εργασίας περιλαμβάνει την παρουσίαση του θεωρητικού πλαισίου, τον αναλυτικό σχεδιασμό και την υλοποίηση της μαθησιακής δραστηριότητας, καθώς και τα συμπεράσματα και τις προοπτικές επέκτασης της προτεινόμενης προσέγγισης.

**Λέξεις κλειδιά:** *Τεχνολογικά Ενισχυμένη Μάθηση, Υπολογιστική Μοντελοποίηση, Ελεύθερη Πτώση, Οριζόντια βολή, Διερευνητική μάθηση*

## Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	3
2. Θεωρητικό Πλαίσιο.....	3
2.1 Τεχνολογικά Ενισχυμένη Μάθηση και μαθησιακός σχεδιασμός.....	3
2.2 Ο προγραμματισμός ως εργαλείο μάθησης (code to learn).....	4
2.3 Το μοντέλο PRIMM στη μάθηση με κώδικα.....	4
2.4 Το μοντέλο 5E.....	4
2.5 Το μοντέλο ADDIE ως πλαίσιο συστηματικού διδακτικού σχεδιασμού.....	5
2.6 Το πλαίσιο TPACK.....	5
2.7 Προστιθέμενη διδακτική αξία.....	6
3. Σχεδιασμός και υλοποίηση της μαθησιακής εργασίας.....	7
3.1 Οργάνωση της μαθησιακής εργασίας στην πλατφόρμα Open eClass.....	7
3.2 Φυσικές έννοιες προς μελέτη και διδακτικοί στόχοι.....	8
3.2.1 Ελεύθερη πτώση.....	8
3.2.2 Οριζόντια βολή.....	8
3.2.3 Γνωστικές παρανοήσεις.....	9
3.2.4 Κοινωνική ενόχληση της τάξης.....	9
3.3 Εφαρμογή του ADDIE στον σχεδιασμό της μαθησιακής εργασίας.....	9
3.4 Δομή της μαθησιακής πορείας με βάση το PRIMM.....	10
3.4.1 Predict: ενεργοποίηση φυσικής διαίσθησης.....	10
3.4.2 Run: διερεύνηση μέσω προσομοιώσεων.....	11
3.4.3 Investigate: σύνδεση φυσικών μεγεθών και κώδικα.....	12
3.4.4 Modify: ελεγχόμενη τροποποίηση του μοντέλου.....	16
3.4.5 Make: Δημιουργία υπολογιστικού μοντέλου.....	18
4. Συμπεράσματα και προοπτικές.....	20
Βιβλιογραφία.....	20
Παράρτημα διαλόγων με εργαλεία Artificial Intelligence (Large Language Models).....	23
Διάλογος 1: Προγραμματισμός ως εργαλείο μάθησης στη Φυσική.....	23
Διάλογος 2: Γνωστικό φορτίο και σταδιακή εισαγωγή του κώδικα.....	23
Διάλογος 3: Ευθυγράμμιση PRIMM και ADDIE.....	24
Διάλογος 4: Επιλογή ψηφιακής πλατφόρμας για την υλοποίηση του διδακτικού σεναρίου.....	24
Συνολική αποτίμηση.....	24
Ενδεικτικοί διάλογοι με τα εργαλεία A.I. για τη δημιουργία του λογισμικού.....	25
Α. Διάλογος με τη βοήθεια screenshot.....	25
Β. Διάλογος με τη βοήθεια σχεδιαγράμματος.....	26
Γ. Διάλογος με τη βοήθεια screenshot και αρχείων.....	27

## 1. Εισαγωγή

Η διδασκαλία της Φυσικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση αντιμετωπίζει διαχρονικά την πρόκληση της εννοιολογικής κατανόησης των φυσικών νόμων και της σύνδεσής τους με πραγματικά φαινόμενα. Έννοιες όπως η ελεύθερη πτώση και η οριζόντια βολή, παρότι αποτελούν θεμελιώδη αντικείμενα της μηχανικής, συχνά προσεγγίζονται διδακτικά ως εφαρμογές μαθηματικών τύπων, χωρίς να αναδεικνύεται ο ρόλος τους ως μοντέλων που περιγράφουν, ερμηνεύουν και προβλέπουν τη φυσική πραγματικότητα.

Η έμφαση στην τυπική επίλυση ασκήσεων οδηγεί συχνά τους μαθητές σε μηχανιστικές διαδικασίες αντικατάστασης μεταβλητών, με περιορισμένη κατανόηση της σχέσης ανάμεσα στις εξισώσεις, στα φυσικά μεγέθη και στη δυναμική εξέλιξη του φαινομένου. Παράλληλα, οι μαθητές δυσκολεύονται να ελέγξουν την ορθότητα των αποτελεσμάτων τους ή να εκτιμήσουν αν μια λύση είναι φυσικά ρεαλιστική.

Στο πλαίσιο αυτό, η αξιοποίηση του προγραμματισμού ως εργαλείου μάθησης μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στη μετατόπιση της διδασκαλίας από την παθητική εφαρμογή τύπων στη μοντελοποίηση και στον έλεγχο υποθέσεων. Ο προγραμματισμός επιτρέπει τη μετάφραση των εξισώσεων κίνησης σε υπολογιστικά μοντέλα, τα οποία μπορούν να εκτελεστούν, να τροποποιηθούν και να συγκριθούν με δεδομένα από προσομοιώσεις ή πειραματικές μετρήσεις.

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τον σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας τεχνολογικά ενισχυμένης μαθησιακής εργασίας στη Φυσική Λυκείου, η οποία αξιοποιεί προγραμματισμό Python, προσομοιώσεις και ψηφιακές δραστηριότητες σε περιβάλλον Open eClass. Η μαθησιακή παρέμβαση οργανώνεται γύρω από δύο θεματικές ενότητες: την ελεύθερη πτώση και την οριζόντια βολή. Κεντρικός στόχος είναι η κατανόηση των εξισώσεων κίνησης ως μοντέλων που συνδέουν προβλέψεις, δεδομένα και ερμηνεία. Ο σχεδιασμός της εργασίας βασίζεται σε σύγχρονα παιδαγωγικά και διδακτικά πλαίσια, όπως το μοντέλο PRIMM για τη μάθηση με κώδικα, το μοντέλο 5E, το ADDIE ως πλαίσιο συστηματικού διδακτικού σχεδιασμού και το TRACK ως θεωρητικό εργαλείο ενσωμάτωσης της τεχνολογίας στη διδασκαλία.

## 2. Θεωρητικό Πλαίσιο

### 2.1 Τεχνολογικά Ενισχυμένη Μάθηση και μαθησιακός σχεδιασμός

Ο όρος «**Τεχνολογικά Ενισχυμένη Μάθηση**» (**Technology Enhanced Learning - TEL**) εμφανίζεται στην ερευνητική βιβλιογραφία τα τελευταία είκοσι περίπου χρόνια (Balacheff et al., 2009; Goodyear & Retalis, 2010; Garrison, 2011, 2016; Scanlon & Conole, 2018; Κόμης, 2004, 2010; Φεσάκης, 2019) και αναφέρεται στη συστηματική και παιδαγωγικά τεκμηριωμένη αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών με σκοπό τη βελτίωση της μαθησιακής διαδικασίας (Scanlon & Conole, 2018). Η έννοια της TEL δεν περιορίζεται στη χρήση ψηφιακών εργαλείων ως απλών υποστηρικτικών μέσων, αλλά αφορά τον επανασχεδιασμό της διδασκαλίας με έμφαση στις μαθησιακές εμπειρίες που δημιουργούνται.

Στο πλαίσιο αυτό, η διδασκαλία προσεγγίζεται ως **σχεδιαστική επιστήμη (design science)**, η οποία στοχεύει στη δημιουργία οργανωμένων και ελεγχόμενων μαθησιακών παρεμβάσεων (Goodyear, 2015; Laurillard, 2012). Ο εκπαιδευτικός αναλαμβάνει τον ρόλο του σχεδιαστή μαθησιακών εμπειριών, λαμβάνοντας υπόψη το γνωστικό αντικείμενο, τους μαθητές, τα διαθέσιμα εργαλεία και το εκπαιδευτικό πλαίσιο. Ιδιαίτερα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, η TEL μπορεί να υποστηρίξει τη διερεύνηση φαινομένων που δεν είναι εύκολα προσβάσιμα μέσω πραγματικών πειραμάτων, καθώς και τη σύνδεση θεωρίας και δεδομένων μέσω προσομοιώσεων και υπολογιστικών μοντέλων. Έτσι, ενισχύεται η κατανόηση εννοιών και διαδικασιών, όπως η μοντελοποίηση και ο έλεγχος υποθέσεων.

## 2.2 Ο προγραμματισμός ως εργαλείο μάθησης (code to learn)

Η ενσωμάτωση του προγραμματισμού στην εκπαιδευτική διαδικασία μπορεί να λάβει διαφορετικές μορφές. Στη διεθνή βιβλιογραφία γίνεται διάκριση ανάμεσα στον προγραμματισμό ως αντικείμενο μάθησης και στον προγραμματισμό ως εργαλείο μάθησης (Papert, 1980). Στη δεύτερη περίπτωση, ο κώδικας λειτουργεί ως μέσο για τη διερεύνηση και κατανόηση εννοιών άλλων γνωστικών αντικειμένων, όπως τα Μαθηματικά και η Φυσική.

Στο πλαίσιο της Φυσικής, ο προγραμματισμός επιτρέπει τη μετατροπή των εξισώσεων κίνησης σε υπολογιστικά μοντέλα, τα οποία μπορούν να εκτελεστούν και να τροποποιηθούν. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με τη δυναμική εξέλιξη ενός φαινομένου και καλούνται να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα του μοντέλου τους (Wilensky & Reisman, 2006).

Ωστόσο, η χρήση προγραμματισμού από αρχάριους μαθητές συνοδεύεται συχνά από αυξημένο γνωστικό φορτίο, ιδίως όταν απαιτείται η ταυτόχρονη κατανόηση της σύνταξης και της λογικής του κώδικα (Sweller, 2011). Για τον λόγο αυτό, η βιβλιογραφία τονίζει τη σημασία της παροχής κατάλληλων παιδαγωγικών σκαλωσιών, ώστε η προσοχή των μαθητών να παραμένει στη φυσική έννοια και όχι στη μηχανική γραφή εντολών (Bråting & Kilhamn, 2022).

## 2.3 Το μοντέλο PRIMM στη μάθηση με κώδικα

Το **μοντέλο PRIMM (Predict - Run - Investigate - Modify - Make)**, προτείνεται ως μια παιδαγωγικά δομημένη προσέγγιση για τη διδασκαλία με κώδικα, ιδιαίτερα σε μαθητές με περιορισμένη εμπειρία στον προγραμματισμό (Sentance & Waite, 2017). Το μοντέλο αυτό διαφοροποιείται από παραδοσιακές προσεγγίσεις, καθώς δεν ξεκινά από τη συγγραφή κώδικα, αλλά από τη νοητική επεξεργασία και την πρόβλεψη της συμπεριφοράς ενός προγράμματος.

Στο στάδιο **Predict**, οι μαθητές καλούνται να διατυπώσουν προβλέψεις σχετικά με την εξέλιξη ενός φαινομένου ή την έξοδο ενός προγράμματος, ενεργοποιώντας προϋπάρχουσες γνώσεις και φυσική διαίσθηση. Στο στάδιο **Run**, εκτελούν το πρόγραμμα ή την προσομοίωση και παρατηρούν τα αποτελέσματα. Ακολουθεί το στάδιο **Investigate**, κατά το οποίο αναλύεται η λειτουργία του κώδικα και η σχέση του με τις υποκείμενες επιστημονικές έννοιες.

Στο στάδιο **Modify**, οι μαθητές τροποποιούν τμήματα του κώδικα, εντοπίζοντας λάθη ή εναλλακτικές λύσεις, ενώ στο στάδιο **Make** καλούνται να δημιουργήσουν νέο κώδικα ή μοντέλο, αξιοποιώντας τη γνώση που έχουν οικοδομήσει. Η ακολουθία αυτή θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλη για τη Φυσική, καθώς ευθυγραμμίζεται με τις πρακτικές της επιστημονικής διερεύνησης: πρόβλεψη, παρατήρηση, ανάλυση, αναθεώρηση και κατασκευή μοντέλου (Hestenes, 2010).

## 2.4 Το μοντέλο 5E

Το μοντέλο **5E (Engage - Explore - Explain - Elaborate - Evaluate)** αποτελεί ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο πλαίσιο διερευνητικής διδασκαλίας στις φυσικές επιστήμες, το οποίο οργανώνει τη μαθησιακή πορεία με τρόπο που ενεργοποιεί την υπάρχουσα γνώση, προωθεί τη διερεύνηση, οδηγεί σε εννοιολογική ερμηνεία, υποστηρίζει την εμπάθυνση και εφαρμογή, ενώ καταλήγει σε αξιολόγηση της μάθησης (Bybee et al., 2006; Duran & Duran, 2004). Αποτελείται από τα:

- **Engage (Εμπλοκή):** Δίνεται ένα ερέθισμα ή ερώτημα, ώστε να διατυπωθούν κάποιες αρχικές προβλέψεις και να δημιουργηθεί σαφής ανάγκη ελέγχου μέσω προσομοίωσης και ανάλυσης δεδομένων (Bybee et al., 2006).
- **Explore (Διερεύνηση):** Γίνεται διερεύνηση του φαινομένου μέσα από πειραματισμό ή προσομοίωση και συλλέγονται δεδομένα, ώστε να γίνουν κάποιες αρχικές παρατηρήσεις (Duran & Duran, 2004).
- **Explain (Εξήγηση):** Γίνεται οργάνωση και ερμηνεία των ευρημάτων, διατύπωση κανόνα και συνδέονται τα αποτελέσματα με τις έννοιες και τους νόμους (Bybee et al., 2006).

- **Elaborate (Εμβάθυνση):** Εφαρμόζεται και γενικεύεται η νέα γνώση σε νέες περιπτώσεις ή παραλλαγές, ενώ γίνεται έλεγχος των ορίων του μοντέλου και ενισχύεται η κατανόησή του (Bybee et al., 2006; Duran & Duran, 2004).
- **Evaluate (Αξιολόγηση):** Αποτιμάται η κατανόηση και η πρόοδος, μέσα από ερωτήσεις, φύλλα εργασίας και αναστοχασμό, τόσο κατά τη διάρκεια όσο και στο τέλος της μαθησιακής πορείας (Bybee et al., 2006; Duran & Duran, 2004).

Στην παρούσα εργασία το **5E** λειτουργεί ως γενικό πλαίσιο διερευνητικής διδασκαλίας στη Φυσική, ενώ το **PRIMM** αξιοποιείται συμπληρωματικά ως διδακτική σκαλωσιά μόνο στις δραστηριότητες με κώδικα. Δεν υπάρχει αντιστοιχία 1-1 μεταξύ των σταδίων τους, ενώ η φιλοσοφία του **5E** συμπληρώνει το **PRIMM**, καθώς προσφέρει έναν αναλυτικό φακό για την ερμηνεία των μαθησιακών ενεργειών των μαθητών σε κάθε στάδιο της δραστηριότητας (Sentance & Waite, 2017; Sentance et al., 2019).

### 2.5 Το μοντέλο ADDIE ως πλαίσιο συστηματικού διδακτικού σχεδιασμού

Το μοντέλο **ADDIE** (Analysis – Design – Development – Implementation - Evaluation) αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα και ανθεκτικά στον χρόνο πλαίσια συστηματικού διδακτικού σχεδιασμού. Αναπτύχθηκε αρχικά στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής εκπαίδευσης ενηλίκων και της επαγγελματικής κατάρτισης, ωστόσο η γενικότητά του επέτρεψε τη μετέπειτα ευρεία εφαρμογή του σε διαφορετικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα και γνωστικά αντικείμενα.

Παρότι συχνά παρουσιάζεται γραμμικά, η σύγχρονη βιβλιογραφία επισημαίνει ότι το **ADDIE** λειτουργεί στην πράξη ως **κυκλικό και επαναληπτικό μοντέλο**, το οποίο επιτρέπει τη συνεχή αναθεώρηση και βελτίωση του διδακτικού σχεδιασμού με βάση τα δεδομένα εφαρμογής και αξιολόγησης (Branch, 2009). Υπό αυτή την έννοια, το **ADDIE** δεν αποτελεί μια άκαμπτη «συνταγή», αλλά ένα ευέλικτο πλαίσιο λήψης και τεκμηρίωσης σχεδιαστικών αποφάσεων.

Στην παρούσα εργασία, το μοντέλο **ADDIE** αξιοποιείται όχι απλώς ως οργανωτικό σχήμα, αλλά ως **αναλυτικό εργαλείο** για τη σύνδεση θεωρίας, σχεδιασμού και πρακτικής υλοποίησης μιας τεχνολογικά ενισχυμένης μαθησιακής εργασίας στη Φυσική.

### 2.6 Το πλαίσιο TPACK

Το θεωρητικό πλαίσιο **TPACK** (Technological Pedagogical Content Knowledge) προτάθηκε από τους Mishra και Koehler (2006) ως επέκταση της έννοιας της παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου (PCK) του Shulman. Το **TPACK** περιγράφει το σύνολο της γνώσης που απαιτείται από τον εκπαιδευτικό προκειμένου να ενσωματώσει την τεχνολογία στη διδασκαλία με τρόπο ουσιαστικό και παιδαγωγικά τεκμηριωμένο, και όχι απλώς εργαλειακό. Σύμφωνα με το μοντέλο, η αποτελεσματική διδασκαλία προκύπτει από την δυναμική αλληλεπίδραση τριών βασικών μορφών γνώσης:

- α. της γνώσης του γνωστικού αντικειμένου (Content Knowledge - CK),
- β. της παιδαγωγικής γνώσης (Pedagogical Knowledge - PK) και
- γ. της τεχνολογικής γνώσης (Technological Knowledge - TK).

Η απλή συνύπαρξη των τριών αυτών συνιστωσών δεν είναι επαρκής. Αντίθετα, καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν οι ενδιάμεσες και συνδυαστικές μορφές γνώσης (PCK, TCK, TPCK), καθώς και το συνολικό πεδίο του TPACK, όπου η τεχνολογία, η παιδαγωγική και το περιεχόμενο λειτουργούν ως αλληλένδετο σύστημα (Mishra & Koehler, 2006; Koehler et al., 2013).

**Η γνώση γνωστικού αντικειμένου (CK)** στην παρούσα εργασία αφορά τις βασικές έννοιες της κινηματικής, και ειδικότερα την ελεύθερη πτώση και την οριζόντια βολή. Κεντρική θέση κατέχει η κατανόηση των εξισώσεων κίνησης ως μαθηματικών μοντέλων που περιγράφουν την εξέλιξη ενός συστήματος στον χρόνο. Η βιβλιογραφία της Διδακτικής της Φυσικής τονίζει ότι οι μαθητές συχνά δυσκολεύονται να αντιληφθούν τις εξισώσεις ως μοντέλα και τις αντιμετωπίζουν ως τύπους προς απομνημόνευση (Hestenes, 2010). **Η εργασία αυτή υιοθετεί**

τη θεώρηση της μοντελοποίησης ως βασικής επιστημονικής πρακτικής, όπου οι εξισώσεις συνδέονται με προβλέψεις, δεδομένα και έλεγχο υποθέσεων.

**Η παιδαγωγική διάσταση (PK)** του TPACK στην παρούσα εργασία βασίζεται σε αρχές διερευνητικής και εποικοδομητικής μάθησης. Οι μαθητές δεν καλούνται απλώς να ακολουθήσουν οδηγίες, αλλά να προβλέψουν, να ερμηνεύσουν, να τροποποιήσουν και να δημιουργήσουν μοντέλα. **Ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται στη χρήση ενδιάμεσων δραστηριοτήτων, οι οποίες επιτρέπουν στους μαθητές να εστιάσουν στη φυσική έννοια χωρίς να αποθαρρύνονται από τη συντακτική πολυπλοκότητα του προγραμματισμού.**

**Η τεχνολογική γνώση (TK)** στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας περιλαμβάνει τη χρήση γλώσσας προγραμματισμού **Python**, την **αξιοποίηση προσομοιώσεων** ως πηγών δεδομένων και τη χρήση της **πλατφόρμας Open eClass** ως περιβάλλον οργάνωσης και υποστήριξης της μαθησιακής πορείας.

**Η επιλογή των εργαλείων** δεν έγινε με βάση την τεχνολογική καινοτομία, αλλά **με κριτήριο τη λειτουργικότητα, την προσβασιμότητα και τη συμβατότητα με το σχολικό περιβάλλον.** Στην παρούσα εργασία, το TPACK δεν χρησιμοποιείται ως εργαλείο αξιολόγησης του εκπαιδευτικού, αλλά ως **ερμηνευτικό και σχεδιαστικό πλαίσιο**, το οποίο επιτρέπει την αιτιολόγηση των επιλογών που έγιναν σε όλα τα στάδια του **ADDIE**. Η τεχνολογία δεν προστίθεται εκ των υστέρων στη διδασκαλία, αλλά αποτελεί οργανικό στοιχείο του σχεδιασμού, σε άμεση σύνδεση με το περιεχόμενο και την παιδαγωγική στρατηγική. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται ο τεχνολογικός ντετερμινισμός και **διασφαλίζεται ότι η χρήση ψηφιακών εργαλείων εξυπηρετεί σαφείς μαθησιακούς στόχους** (Koehler et al., 2013).

## **2.7 Προστιθέμενη διδακτική αξία**

Το σενάριο αυτό σχεδιάστηκε με σκοπό να αναδείξει την αξία της σύνδεσης του προγραμματισμού με την διδασκαλία της Φυσικής. Μέσα από μια σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση γίνονται άμεσα αντιληπτά τα οφέλη του προγραμματισμού (της γλώσσας Python) στη διδασκαλία της φυσικής, καθώς και το αντίστροφο. Ο συνδυασμός απλών δεξιοτήτων του προγραμματισμού με τη θεωρητική γνώση της φυσικής δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να προσομοιώνουν και να μοντελοποιούν φαινόμενα φυσικής. Οι διαφορετικές αναπαραστάσεις οπτικοποίησης του φαινομένου καθώς και η δυνατότητα ελέγχου των μεταβλητών τροποποιώντας τον κώδικα ενισχύουν τη μαθησιακή διαδικασία, τον αναστοχασμό και τη μεταγνωστική ικανότητα (E.Bufasi & K. Lakrad, 2019).

Το σενάριο που παρουσιάζεται δεν ακολουθεί τα βήματα της κλασικής διδακτικής της φυσικής: του πειράματος παρατήρησης. Το πείραμα παρατήρησης χρησιμοποιείται στην αρχή του μαθήματος ως οδηγός κατανόησης της έννοιας του φαινομένου. Σε αυτή τη μέθοδο διδασκαλίας, οι διδακτικοί στόχοι είναι: η συλλογή δεδομένων, η επεξεργασία δεδομένων, η διερεύνηση σχέσεων, η ανάπτυξη εξηγήσεων και τέλος η νοηματοδότηση του νόμου καθώς και του φορμαλιστικού τύπου. Το σενάριο αυτό σχεδιάστηκε υπό την οπτική της καινοτομίας και της διεπιστημονικότητας. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζεται μια διδακτική παρέμβαση ενός πειράματος δοκιμών και ενός πειράματος εφαρμογής σε ένα διερευνητικό πλαίσιο. Το πείραμα δοκιμών χρησιμοποιείται μετά την ανάπτυξη εικασιών για τον έλεγχο των επεξηγήσεων, όπου προβλέπονται και ελέγχονται τα αποτελέσματα. Ενώ, το πείραμα εφαρμογής, χρησιμοποιείται μετά την κατανόηση της έννοιας του φαινομένου, και οι διδακτικοί του στόχοι είναι οι εξής: εφαρμογή της έννοιας από τους μαθητές έλεγχος και επεξήγηση περισσότερων σχετικών φαινομένων (Etkina et al., 2002).

Η ανάπτυξη της τεχνολογία ευνοεί την ένταξη της μοντελοποίησης στη διδασκαλία δίνοντας όλο και περισσότερες δυνατότητες μέσω των λογισμικών που αναπτύσσονται. Τα μοντέλα στην διδακτική της φυσικής χρησιμοποιούνται κυρίως ως ένα διαμεσολαβητικό μέσο αναζήτησης μεταβλητών και συναρτησιακών σχέσεων των φυσικών μεγεθών.

### 3. Σχεδιασμός και υλοποίηση της μαθησιακής εργασίας

#### 3.1 Οργάνωση της μαθησιακής εργασίας στην πλατφόρμα Open eClass

Η μαθησιακή εργασία σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε στο περιβάλλον Open eClass, την επίσημη πλατφόρμα ασύγχρονης εκπαίδευσης που προτείνεται από το Υπουργείο Παιδείας. Η πλατφόρμα αξιοποιήθηκε ως ο κεντρικός οργανωτικός «κόμβος» της παρέμβασης, μέσα από τον οποίο οι μαθητές αποκτούν ενιαία πρόσβαση στο υλικό, στις δραστηριότητες, στις οδηγίες και στις υποβολές, εξασφαλίζοντας παιδαγωγική συνέχεια και σαφή δομή της μαθησιακής πορείας.

Η υλοποίηση της μαθησιακής εργασίας στηρίζεται σε ένα ολοκληρωμένο διαδικτυακό οικοσύστημα, το οποίο φιλοξενείται σε περιβάλλον **shared hosting και συνδέεται λειτουργικά με το Open eClass** (<https://x4.myclas.gr>). Η μαθησιακή πορεία ξεκινά από την πλατφόρμα eClass και, μέσω συνδέσμων (sharelinks), οι **μαθητές οδηγούνται σε εξωτερικά διαδραστικά περιβάλλοντα που περιλαμβάνουν δραστηριότητες τύπου drag-and-drop για Parsons Problems και online περιβάλλον προγραμματισμού Python**. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται η ενιαία και αδιάσπαστη εμπειρία χρήσης, χωρίς κατακερματισμό των μαθησιακών δραστηριοτήτων.

Η εκτέλεση του κώδικα πραγματοποιείται απευθείας στον φυλλομετρητή μέσω της τεχνολογίας Pyodide, η οποία επιτρέπει την εκτέλεση της Python σε περιβάλλον WebAssembly. Με τον τρόπο αυτό **η εκτέλεση γίνεται σε επίπεδο συσκευής του μαθητή (client-side), χωρίς να απαιτείται εγκατάσταση λογισμικού στους υπολογιστές των μαθητών**. Παράλληλα, η οπτικοποίηση των υπολογιστικών μοντέλων φυσικής υποστηρίζεται μέσω του GlowScript/VPython, προσφέροντας δυναμικές αναπαραστάσεις, όπως τροχιές, διανυσματικά μεγέθη και γραφικές παραστάσεις, που ενισχύουν τη σύνδεση μεταξύ του κώδικα και της φυσικής ερμηνείας του φαινομένου.

**Η ροή χρήσης για τον μαθητή είναι σαφώς οργανωμένη και επαναλαμβανόμενη**. Αρχικά, ο μαθητής εισέρχεται στο Open eClass και ανοίγει την αντίστοιχη ενότητα ή δραστηριότητα. Στη συνέχεια, μέσω συνδέσμων, μεταφέρεται στο περιβάλλον των δραστηριοτήτων drag-and-drop ή/και στον Python editor, όπου ολοκληρώνει δραστηριότητες τύπου Parsons, όπως η σειροθέτηση εντολών ή η επιλογή σωστών και λανθασμένων μπλοκ. Αφού συνθέσει τη λύση, την εκτελεί μέσω ενσωματωμένου κουμπιού *Run* και, τέλος, παράγει *sharelink* που αναπαριστά την εργασία του και το υποβάλλει στο eClass για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται μια ενιαία και συνεκτική μαθησιακή εμπειρία, χωρίς αποσπασματική χρήση ασύνδετων εργαλείων.

**Η επιλογή του Open eClass ως κεντρικού περιβάλλοντος υποστηρίζει τη διάθεση του υλικού ανά ενότητα, τον χρονοπρογραμματισμό, τις υποβολές και τη συγκέντρωση των sharelinks, χωρίς να απαιτείται η χρήση εξωτερικών λογαριασμών ή πρόσθετων πλατφορμών**. Παράλληλα, η φιλοξενία της εφαρμογής σε περιβάλλον shared hosting επιλέχθηκε για λόγους πρακτικότητας και βιωσιμότητας, καθώς επιτρέπει απλή εγκατάσταση και αναβάθμιση, χαμηλό κόστος λειτουργίας και ανεξαρτησία από υπηρεσίες τρίτων. Σημαντικό στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι ο εξυπηρετητής δεν εκτελεί κώδικα μαθητών, καθώς η εκτέλεση πραγματοποιείται εξ ολοκλήρου στον φυλλομετρητή.

Τέλος, **ο σχεδιασμός της υποδομής βασίζεται στην αρχή της ελαχιστοποίησης των δεδομένων**. Στο εξωτερικό εργαλείο δεν αποθηκεύονται ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα, ενώ τα *sharelinks* χρησιμοποιούνται αποκλειστικά ως μηχανισμός υποβολής και ανατροφοδότησης, καθώς αναπαριστούν την κατάσταση της λύσης χωρίς να απαιτείται η δημιουργία προσωπικού προφίλ. Η αξιολόγηση της εργασίας και η διαχείριση της πρόσβασης των μαθητών πραγματοποιούνται αποκλειστικά στο περιβάλλον του Open eClass, σύμφωνα με τις πολιτικές και τις ρυθμίσεις του μαθήματος.

Η δομή του μαθήματος στην πλατφόρμα οργανώθηκε σε δύο διακριτές μαθησιακές ενότητες, οι οποίες αντιστοιχούν στις φυσικές έννοιες που αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης:

- την **Ελεύθερη πτώση**
- και την **Οριζόντια βολή**

Κάθε ενότητα περιλαμβάνει εισαγωγικές οδηγίες, δραστηριότητες **με κεντρικό άξονα το μοντέλο PRIMM (Predict - Run - Investigate - Modify - Make)** που θα αναλυθεί παρακάτω, καθώς και χώρους υποβολής. Με αυτόν τον τρόπο, η πλατφόρμα δεν λειτουργεί απλώς ως αποθετήριο υλικού, αλλά ως **δομημένο μαθησιακό περιβάλλον**, το οποίο καθοδηγεί τους μαθητές βήμα προς βήμα.

### 3.2 Φυσικές έννοιες προς μελέτη και διδακτικοί στόχοι

#### 3.2.1 Ελεύθερη πτώση

Η ελεύθερη πτώση είναι η κίνηση που εκτελεί ένα σώμα όταν αφήνεται από κάποιο ύψος με την επίδραση μόνο του βάρους του. Εφαρμόζοντας τον 2ο νόμο του Newton στην παρούσα κίνηση:

$$\Sigma F = m \cdot a \Rightarrow B = m \cdot a \Rightarrow mg = ma \Rightarrow a = g$$

οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η κίνηση αυτή είναι ομαλά επιταχυνόμενη με  $a = g$ .

Από τη χρήση των εξισώσεων της ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης:

$$\Delta y = \frac{1}{2} a g t^2 + v_0 t,$$

$$v = v_0 + a t,$$

καταλήγουμε στις εξής εξισώσεις:

$$\Delta y = \frac{1}{2} g t^2$$

$$v = g t,$$

#### Διδακτικοί στόχοι:

- η νοηματοδότηση της συν μεταβολής μετατόπισης χρόνου (η μετατόπιση είναι ανάλογη του τετραγώνου του χρόνου), σε ίσα χρονικά διαστήματα διανύει μεγαλύτερες αποστάσεις.
- η κατανόηση των παραμέτρων από τις οποίες εξαρτάται ο χρόνος πτώσης (π.χ. η επίδραση της επιτάχυνσης της βαρύτητας και η ανεξαρτησία από τη μάζα του σώματος).
- ανάπτυξη νοημάτων φυσικής, σχέση αναλογίας ταχύτητας με τον χρόνο.

#### 3.2.2 Οριζόντια βολή

Όταν ένα σώμα εκτοξεύεται με οριζόντια ταχύτητα  $v_0$  από την επίδραση μόνο του βάρους του εκτελεί οριζόντια βολή. Σύμφωνα με την αρχή της ανεξαρτησίας των κινήσεων, η κίνηση αυτή αναλύεται σε δύο επιμέρους κινήσεις.

- $xx'$ : η Συνισταμένη δύναμη είναι μηδενική οπότε σύμφωνα με τον 1ο νόμο του Newton, εκτελεί ευθύγραμμη κίνηση όπου οι εξισώσεις προσαρμόζονται:

$$\Delta x = v_0 \cdot t$$

- $yy'$ : ελεύθερη πτώση:

$$\Delta y = \frac{1}{2} g t^2$$

$$v = g t,$$

#### Διδακτικοί στόχοι:

- οπτικοποίηση και κατανόηση της αρχής της ανεξαρτησίας των κινήσεων.
- η κατανόηση των παραμέτρων από τις οποίες εξαρτάται ο χρόνος πτώσης (ανάλογος της επιτάχυνσης της βαρύτητας και ανεξάρτητος της μάζας).
- διερεύνηση των μεταβλητών από τις οποίες εξαρτάται το βεληνεκές (μέγιστη οριζόντια απόσταση).

#### **3.2.3 Γνωστικές παρανοήσεις**

Μια σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση ανέδειξε τις κύριες γνωστικές παρανοήσεις που παρουσιάζουν οι μαθητές στις διδακτικές ενότητες της ελεύθερης πτώσης και της οριζόντιας βολής. Παρακάτω αναφέρονται ορισμένες από αυτές τις διδακτικές παρανοήσεις, οι οποίες αποτέλεσαν την πηγή για τον σχεδιασμό αυτού διδακτικού σεναρίου.

- α. Η κίνηση της ελεύθερης πτώσης είναι ανεξάρτητη από τη μάζα του αντικειμένου. Οι μαθητές, βασισμένοι στην εμπειρία τους, πιστεύουν ότι ένα βαρύτερο σώμα χρειάζεται λιγότερο χρόνο από ένα ελαφρύτερο αντικείμενο για να φτάσει στο έδαφος (Doğan & Dağ, 2023; Rane, 2016).
- β. Οι μαθητές συχνά δεν κατανοούν ότι σε όλη τη διάρκεια της κίνησης η επιτάχυνση της βαρύτητας παραμένει σταθερή και ίση με  $g$  (Rane, 2016).

#### **3.2.4 Κοινωνική ενορχήστρωση της τάξης**

Οι μαθητές θα χωριστούν σε ζεύγη ατόμων, με τους ρόλους μεταξύ τους να εναλλάσσονται για να επιτευχθεί καταμερισμός εργασίας, αμοιβαία συνεργασία, παροχή βοήθειας και αναστοχασμός. Στόχος είναι η ευαισθητοποίηση των μαθητών για ομαδικές μαθησιακές διαδικασίες και του ρόλου τους στη συνεργατική μάθηση, διότι οι μαθητές μεταξύ τους θα αλληλεπιδράσουν μέσω της συζήτησης με αποτέλεσμα να νοηματοδοτήσουν μόνοι τους σύμφωνα με τις προϋπάρχουσες γνώσεις τις φυσικές έννοιες, να διαφωνήσουν, να συμφωνήσουν και να ανακαλύψουν από κοινού τη λύση. Υλοποιώντας μια κοινωνική δραστηριότητα, οι μαθητές συζητούν και διαφωνούν κατά τη διάρκεια που «εργάζονται» σε ένα μικρόκοσμο (Hoyles & Sutherland, 1989; Hoyles et al., 1992).

Ο ρόλος του καθηγητή είναι βοηθητικός, συμβουλευτικός και ενθαρρυντικός. Ο καθηγητής με επισημάνσεις και ερωτήσεις προσπαθεί να κατευθύνει και να υποστηρίξει το μαθητή. Ο ρόλος του διεκπεραιώνεται ως έναν απλό παρατηρητή. Ο καθηγητής επεμβαίνει σε περίπτωση που υπάρχει σύγχυση των ρόλων των μαθητών και δυσλειτουργία της ομάδας.

#### **3.3 Εφαρμογή του ADDIE στον σχεδιασμό της μαθησιακής εργασίας**

Το μοντέλο ADDIE χρησιμοποιήθηκε ως γενικό πλαίσιο οργάνωσης και τεκμηρίωσης του σχεδιασμού της μαθησιακής εργασίας:

- Στη φάση της **Ανάλυσης (Analysis)** διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να συνδέσουν τις εξισώσεις κίνησης με τη φυσική εξέλιξη των φαινομένων και ότι η άμεση συγγραφή κώδικα αυξάνει το γνωστικό φορτίο.
- Στη φάση της **Σχεδίασης (Design)** επιλέχθηκε η δομή PRIMM ως κεντρική μαθησιακή ροή, ενώ καθορίστηκε η διάσπαση της ύλης σε δύο διακριτές ενότητες με κοινή δομή.
- Στη φάση της **Ανάπτυξης (Development)** δημιουργήθηκαν οι δραστηριότητες στην πλατφόρμα Open eClass, τα φύλλα εργασίας, οι δραστηριότητες συμπλήρωσης κώδικα και οι σύνδεσμοι προς τα υπολογιστικά εργαλεία.
- Η **Εφαρμογή (Implementation)** αφορά την υλοποίηση της εργασίας στο εργαστήριο πληροφορικής, με εργασία των μαθητών σε ζεύγη και καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό. Η παρέμβαση προτείνεται να υλοποιηθεί σε 2 διδακτικές ώρες ανά ενότητα, συνολικά 4 διδακτικές ώρες για την ελεύθερη πτώση και την οριζόντια βολή.

- Τέλος, η **Αξιολόγηση (Evaluation)** ενσωματώνεται στη μαθησιακή πορεία μέσω κουίζ, υποβολών και παραγόμενου κώδικα, επιτρέποντας την αποτίμηση τόσο της μάθησης όσο και του σχεδιασμού.

### 3.4 Δομή της μαθησιακής πορείας με βάση το PRIMM

Σε επίπεδο συνολικής διδακτικής πορείας, υιοθετήθηκε το **5E (Engage - Explore - Explain - Elaborate - Evaluate)** ως γενικό πλαίσιο διερευνητικής διδασκαλίας στη Φυσική. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, η μαθησιακή εργασία οργανώθηκε με κεντρικό άξονα το μοντέλο **PRIMM (Predict - Run - Investigate - Modify - Make)**, το οποίο αξιοποιήθηκε ως διδακτική «σκαλωσιά» για τη σταδιακή αλληλεπίδραση των μαθητών με τον κώδικα και την προσομοίωση. Η επιλογή του **PRIMM** δεν ήταν θεωρητική ή αφηρημένη, αλλά συνδέθηκε άμεσα με τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές καλούνται να προσεγγίσουν τις έννοιες της ελεύθερης πτώσης και της οριζόντιας βολής, από την πρόβλεψη, στη διερεύνηση μέσω προσομοιώσεων και, τελικά, στη κατασκευή υπολογιστικού μοντέλου, χωρίς να απαιτείται εξαρχής παραγωγή πλήρους κώδικα. Με αυτόν τον τρόπο επιδιώκεται διττό μαθησιακό αποτέλεσμα, αφενός εμπέδωση των νόμων της Φυσικής μέσω δεδομένων και μοντελοποίησης και αφετέρου η ανάπτυξη βασικών δεξιοτήτων προγραμματισμού και υπολογιστικής σκέψης ως εργαλείο επιστημονικής διερεύνησης.

#### 3.4.1 Predict: ενεργοποίηση φυσικής διαίσθησης

Στο στάδιο **Predict** οι μαθητές καλούνται να ερμηνεύσουν το φυσικό φαινόμενο και τις αντίστοιχες εξισώσεις κίνησης πριν από οποιαδήποτε εκτέλεση κώδικα ή υποβολή απαντήσεων. Στην περίπτωση της ελεύθερης πτώσης, προβλέπουν τη μετατόπιση και την ταχύτητα ενός σώματος που κινείται κατακόρυφα υπό την επίδραση της βαρύτητας, αναγνωρίζοντας τη μη γραμμική μεταβολή της μετατόπισης και τη γραμμική αύξηση της ταχύτητας. Αντίστοιχα, στην οριζόντια βολή, οι μαθητές καλούνται να προβλέψουν βασικά χαρακτηριστικά της κίνησης μέσω δραστηριότητας συμπλήρωσης κενού, όπως τη μηδενική επιτάχυνση στον οριζόντιο άξονα και την ανεξαρτησία των κινήσεων στους δύο άξονες. Με τον τρόπο αυτό ενεργοποιείται η εννοιολογική κατανόηση των φαινομένων και καλλιεργείται ο αναστοχασμός πριν την επιβεβαίωση των προβλέψεων μέσω της εκτέλεσης ή της αξιολόγησης των απαντήσεων στο ψηφιακό περιβάλλον.



**Εικόνα 1:** Εργασία ενεργοποίησης φυσικής διαίσθησης μαθητών (Predict) στην ενότητα της ελεύθερης πτώσης όπως διαμορφώθηκε στο περιβάλλον Open eClass

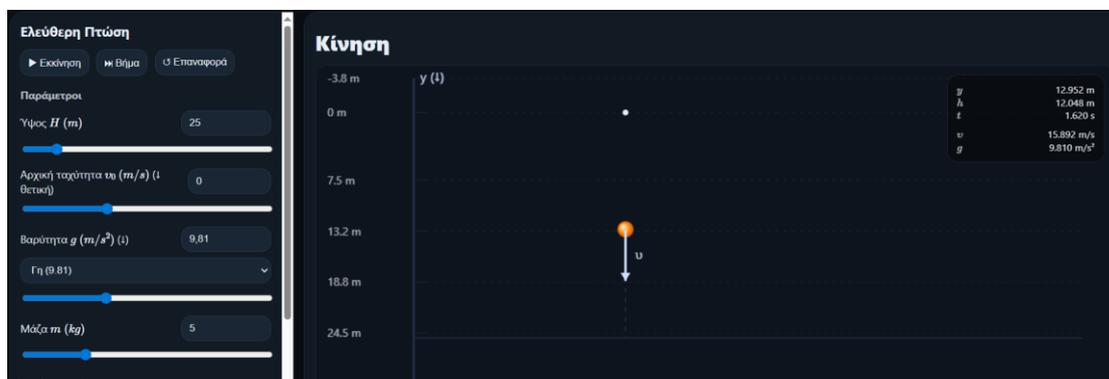


**Εικόνα 2:** Εργασία ενεργοποίησης φυσικής διαίσθησης μαθητών (Predict) μέσω δραστηριότητας συμπλήρωσης κενού στην ενότητα της οριζόντιας βολής όπως διαμορφώθηκε στο περιβάλλον Open eClass

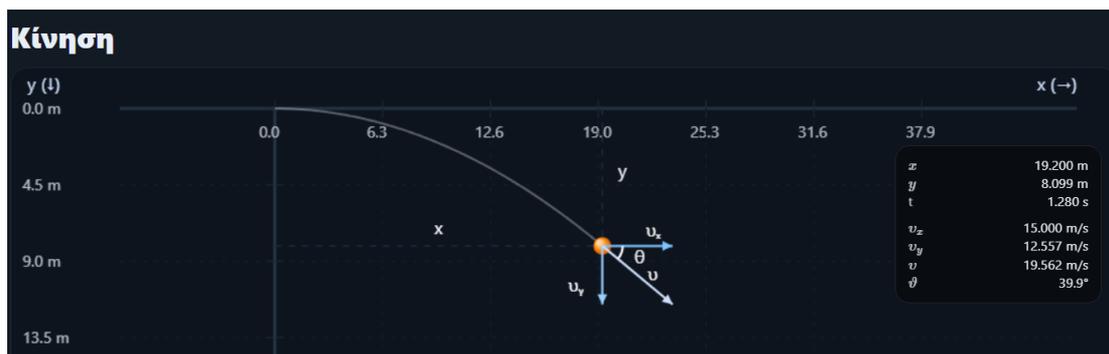
### 3.4.2 Run: διερεύνηση μέσω προσομοιώσεων

Στο στάδιο **Run** της μαθησιακής εργασίας, οι μαθητές καθοδηγούνται μέσω της πλατφόρμας **Open eClass σε διαδραστικά περιβάλλοντα προσομοίωσης**, τα οποία αξιοποιούνται ως βασικό μέσο εμπειρικής διερεύνησης των φαινομένων πριν από την υπολογιστική τους μοντελοποίηση, αλλά έρχονται και για πρώτη φορά σε επαφή με πρόγραμμα γραμμένο σε κώδικα **Python** το οποίο καλούνται να «τρέξουν» και να καταγράψουν τα αποτελέσματα. Ανάλογα με τη θεματική ενότητα, χρησιμοποιούνται διαφορετικά περιβάλλοντα προσομοίωσης, τα οποία έχουν αναπτυχθεί με γνώμονα τους μαθησιακούς στόχους της δραστηριότητας.

Στην ενότητα της ελεύθερης πτώσης, οι μαθητές εργάζονται σε διαδραστικό περιβάλλον προσομοίωσης που έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο της παρούσας μαθησιακής παρέμβασης. Μέσα από το περιβάλλον αυτό, οι μαθητές παρατηρούν την κατακόρυφη κίνηση ενός σώματος υπό την επίδραση της βαρύτητας και έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλλουν βασικές παραμέτρους, όπως η επιτάχυνση της βαρύτητας, η μάζα του σώματος, η αρχική ταχύτητα και η παρουσία ή όχι αντίστασης του αέρα. Η εξέλιξη της κίνησης παρουσιάζεται σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας την καταγραφή μεγεθών όπως η μετατόπιση και ο χρόνος πτώσης, τα οποία οι μαθητές αξιοποιούν για τη συμπλήρωση των αντίστοιχων φύλλων δραστηριοτήτων.



**Εικόνα 3:** Διαδραστικό περιβάλλον προσομοίωσης για την ελεύθερη πτώση, όπως διαμορφώθηκε στο Open eClass



**Εικόνα 4:** Διαδραστικό περιβάλλον προσομοίωσης για την πλάγια βολή, όπως διαμορφώθηκε στο Open eClass

Σε αμφότερες τις ενότητες, οι μαθητές χρησιμοποιούν τις προσομοιώσεις όχι ως απλά οπτικά εργαλεία, αλλά ως πειραματικά περιβάλλοντα συλλογής δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά λειτουργούν ως εμπειρικό σημείο αναφοράς και αξιοποιούνται στα επόμενα στάδια της μαθησιακής πορείας. Με τον τρόπο αυτό, το στάδιο *Run* λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ των αρχικών προβλέψεων του σταδίου *Predict* και της μαθηματικής και υπολογιστικής διερεύνησης που ακολουθεί στα επόμενα στάδια του μοντέλου PRIMM, χωρίς οι μαθητές να εμπλέκονται ακόμη σε προγραμματιστικές λεπτομέρειες.

### 3.4.3 Investigate: σύνδεση φυσικών μεγεθών και κώδικα

Στο στάδιο **Investigate**, η μαθησιακή διαδικασία οργανώνεται γύρω από δραστηριότητες που στοχεύουν στη συστηματική διερεύνηση των νόμων της ελεύθερης πτώσης και της οριζόντιας βολής. Όσον αφορά την ελεύθερη πτώση, οι μαθητές καλούνται να ανατρέξουν στις μετρήσεις που έχουν ήδη καταγράψει στο φύλλο δραστηριοτήτων της ενότητας *Run* και να τις αξιοποιήσουν σε έτοιμα υπολογιστικά σενάρια σε **Python**, τα οποία εκτελούνται σε διαδικτυακό περιβάλλον προγραμματισμού. Χωρίς να απαιτείται συγγραφή κώδικα από την αρχή, οι μαθητές συμπληρώνουν στον έτοιμο κώδικα τις αριθμητικές τιμές που τους ζητούνται, όπως τους χρόνους και τις αντίστοιχες ταχύτητες που προέκυψαν από τις μετρήσεις στην επιφάνεια της Γης, όταν είναι γνωστή η συνολική απόσταση πτώσης  $y$ . Μέσα από την εκτέλεση του προγράμματος δημιουργείται το διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου ( $v - t$ ), το οποίο επιτρέπει στους μαθητές να διερευνήσουν τη γραμμική σχέση μεταξύ ταχύτητας και χρόνου και να επιβεβαιώσουν πειραματικά τη σχέση  $v = g \cdot t$ .

Σε δεύτερη δραστηριότητα του ίδιου σταδίου, η διερεύνηση εστιάζει στη μετατόπιση  $y$  κατά την ελεύθερη πτώση. Οι μαθητές χρησιμοποιούν εκ νέου τις μετρήσεις από το φύλλο δραστηριοτήτων της προηγούμενης δραστηριότητας, εισάγουν στον έτοιμο κώδικα την τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας  $g$  για διαφορετικά ουράνια σώματα (Γη, Δία, Σελήνη), καθώς και τη συνολική απόσταση πτώσης και τον χρόνο. Αναλύοντας τα αποτελέσματα, συγκρίνουν τα μεγέθη

$$\frac{y}{t^2} \text{ και } \frac{1}{2} \cdot g$$

και παρατηρούν ότι αυτά προσεγγίζουν την ίδια τιμή, γεγονός που τους οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η μετατόπιση είναι ανάλογη του τετραγώνου του χρόνου. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές κατανοούν και τεκμηριώνουν τον μαθηματικό τύπο της ελεύθερης πτώσης

$$y = \frac{1}{2} g t^2,$$

ενισχύοντας τη σύνδεση ανάμεσα στα πειραματικά δεδομένα, τα θεωρητικά μοντέλα και την υπολογιστική διερεύνηση.

```

10 print("--- Μετρηση", i+, "---")
11 t = float(input("Χρόνος t (s): ").replace(",","."))
12 v = float(input("Ταχύτητα v (m/s): ").replace(",","."))
13
14 t_data.append(t)
15 v_data.append(v)
16
17 # --- ΝΕΟ ΚΟΜΜΑΤΙ: Υπολογισμός του g ---
18 print("\n" + "="*35) # Διαχωριστική γραμμή
19 print(f"{'Χρόνος':<10} | {'Ταχύτητα':<10} | {'v / t (g)':<10}")
20 print("-" * 35)
21
22 sum_g = 0 # Για να βρούμε τον μέσο όρο
23 valid_count = 0 # Μετράμε πόσες διατρήσεις έγιναν (για να αποφύγουμε
24
25 for i in range(plithos):
26     t = t_data[i]
27     v = v_data[i]
28
29     if t != 0: # Προσοχή: Δεν διαιρούμε με το μηδέν!
30         g_calc = v / t
31         print(f"t:<10.2f} | {v:<10.2f} | {g_calc:<10.2f}")
32         sum_g += g_calc
33         valid_count += 1
34     else:
35         print(f"t:<10.2f} | {v:<10.2f} | ---")

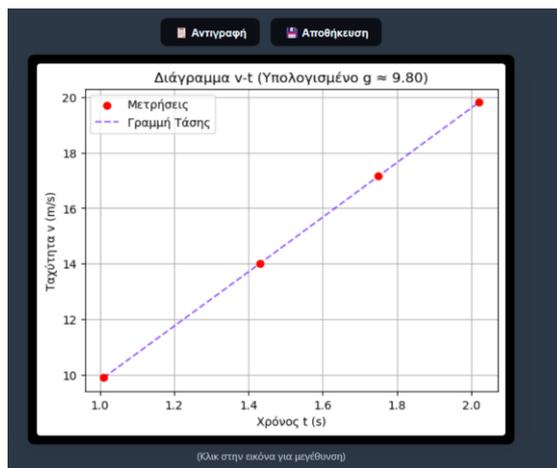
```

```

--- Μετρηση 2 ---
Χρόνος t (s):
>>> 1.43
Ταχύτητα v (m/s):
>>> 14
--- Μετρηση 3 ---
Χρόνος t (s):
>>> 1.75
Ταχύτητα v (m/s):
>>> 17.15
--- Μετρηση 4 ---
Χρόνος t (s):
>>> 2.02
Ταχύτητα v (m/s):
>>> 19.80
=====
Χρόνος | Ταχύτητα | v / t (g)
-----|-----|-----
1.01 | 9.90 | 9.80
1.43 | 14.00 | 9.79
1.75 | 17.15 | 9.80
2.02 | 19.80 | 9.80
=====
Μέσος όρος μετρήσεων: g = 9.80 m/s^2

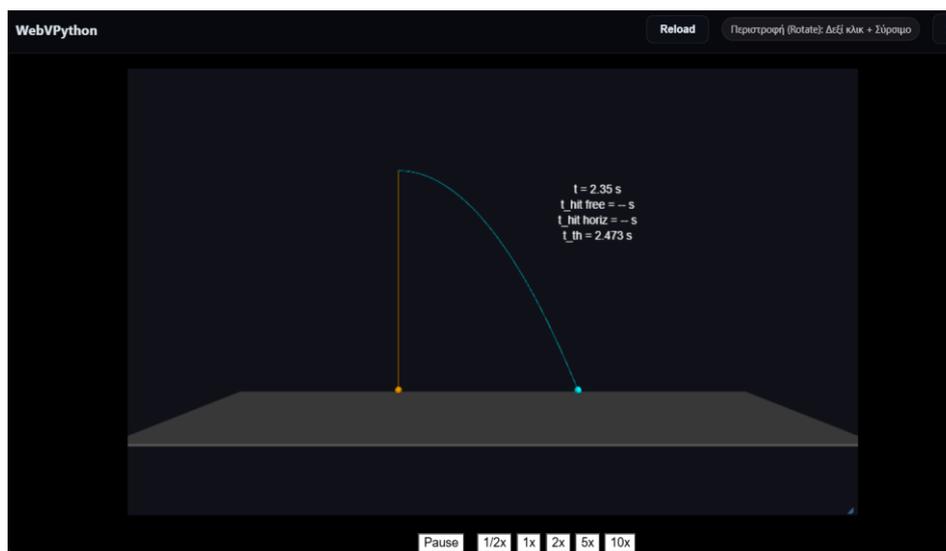
```

Εικόνα 5: Δραστηριότητα διερεύνησης (Investigate) για εύρεση τύπου  $v$ , στην ενότητα της ελεύθερης πτώσης



**Εικόνα 6:** Παραγόμενο διάγραμμα που περιγράφει την σχέση της ταχύτητας ως προς τον χρόνο από δραστηριότητα διερεύνησης (Investigate) για εύρεση τύπου  $v$ , στην ενότητα της ελεύθερης πτώσης

Αντίστοιχα διαμορφώνονται και οι δραστηριότητες στο στάδιο **Investigate** για την ενότητα της **οριζόντιας βολής**. Οι μαθητές εκκινούν την προσομοίωση πατώντας **Run WebVPython**, οπότε εμφανίζεται ένα διαδραστικό περιβάλλον όπου απεικονίζεται ταυτόχρονα η κατακόρυφη ελεύθερη πτώση και η οριζόντια βολή από το ίδιο ύψος. Αρχικά, μεταβάλλουν την αρχική οριζόντια ταχύτητα  $v_0$ , ξεκινώντας από μεγάλη τιμή (π.χ. 20m/s) και παρατηρούν ότι, παρόλο που η μπάλα διανύει μεγάλη οριζόντια απόσταση, ο χρόνος πτώσης είναι ίδιος με αυτόν της ελεύθερης πτώσης. Στη συνέχεια μειώνουν σταδιακά την ταχύτητα, φτάνοντας σε σχεδόν μηδενική τιμή, ώστε να διαπιστώσουν ότι η κίνηση προσεγγίζει την καθαρή ελεύθερη πτώση, χωρίς όμως να αλλάζει ο χρόνος πτώσης. Μέσα από τη σύγκριση των χρόνων πρόσκρουσης και τις μετρήσεις που εμφανίζονται στην οθόνη, οι μαθητές οδηγούνται στο συμπέρασμα ότι η κατακόρυφη κίνηση είναι ανεξάρτητη από την οριζόντια και ότι η βαρύτητα δεν επηρεάζεται από το πόσο γρήγορα κινείται το σώμα οριζόντια. Τέλος, αξιοποιώντας τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, καλούνται να διατυπώσουν και να τεκμηριώσουν τους μαθηματικούς τύπους που περιγράφουν το ύψος  $y$  και την κατακόρυφη ταχύτητα  $v_y$  στην οριζόντια βολή, οι οποίοι είναι ίδιοι με αυτούς της ελεύθερης πτώσης, ενισχύοντας τη βαθύτερη κατανόηση της ανεξαρτησίας των κινήσεων στους δύο άξονες.

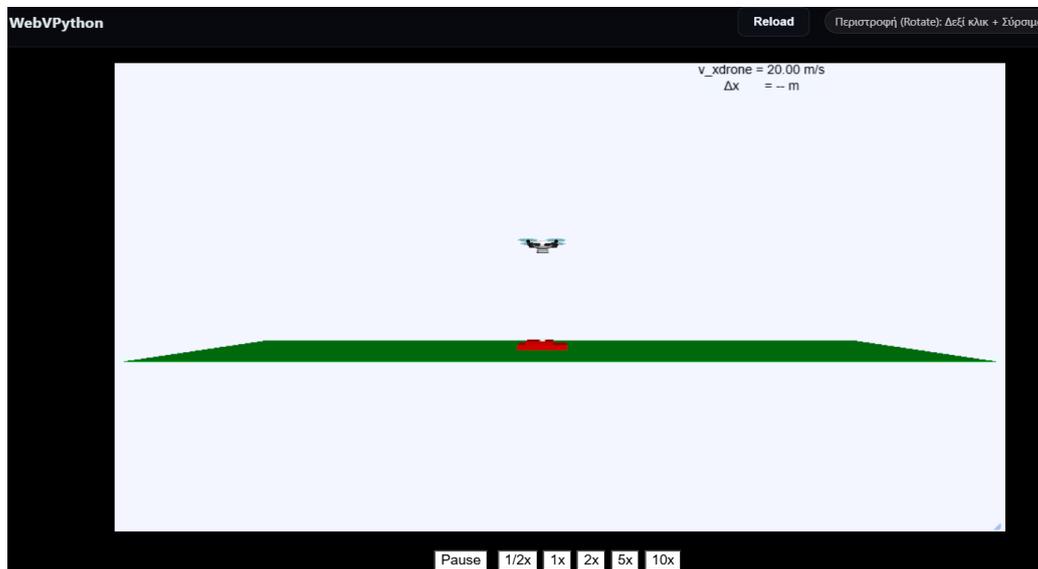


**Εικόνα 7 :** Προσομοίωση οριζόντιας βολής στο στάδιο **Investigate**, η οποία αναδεικνύει την ανεξαρτησία της κατακόρυφης κίνησης από την οριζόντια, καθώς και την ταυτόχρονη πρόσκρουση σώματος σε ελεύθερη πτώση και σώματος σε οριζόντια βολή

Επιπλέον, στο στάδιο **Investigate** της ενότητας της **οριζόντιας βολής** υλοποιείται και μια ακόμη παρόμοια διερευνητική δραστηριότητα, η οποία εστιάζει αυτή τη φορά στη μελέτη της κίνησης στον **οριζόντιο άξονα (x)**. Οι μαθητές εκκινούν την προσομοίωση πατώντας **Run WebVPython**, όπου εμφανίζεται ένα σενάριο με drone που κινείται οριζόντια σε σταθερό ύψος και ένα αυτοκίνητο στο έδαφος. Αρχικά κρατούν σταθερές τις παραμέτρους του ύψους και της επιτάχυνσης της βαρύτητας και μεταβάλλουν μόνο την οριζόντια ταχύτητα του αυτοκινήτου  $v_{xcar}$ . Μέσα από διαδοχικές επαναλήψεις με διαφορετικές τιμές ταχύτητας, παρατηρούν αν το αντικείμενο που αφήνεται από το drone πετυχαίνει τον στόχο, καταγράφουν τον χρόνο πτώσης και την οριζόντια μετατόπιση  $\Delta x$ . Στη συνέχεια, εξετάζουν την ειδική περίπτωση όπου το drone και το αυτοκίνητο έχουν ίσες οριζόντιες ταχύτητες ( $v_{xdrone}=v_{xcar}$ ), οδηγούμενοι στο συμπέρασμα ότι το σώμα που πέφτει διατηρεί την οριζόντια ταχύτητά του και ότι η κίνηση στον άξονα x είναι ευθύγραμμη ομαλή. Μέσα από τη δραστηριότητα αυτή, οι μαθητές τεκμηριώνουν πειραματικά την ανεξαρτησία της οριζόντιας κίνησης από τη βαρύτητα και καταλήγουν στους αντίστοιχους μαθηματικούς τύπους για τη μετατόπιση στον οριζόντιο άξονα

$$x = v_x \cdot t,$$

εμβαθύνοντας περαιτέρω στην κατανόηση της σύνθετης κίνησης της οριζόντιας βολής.



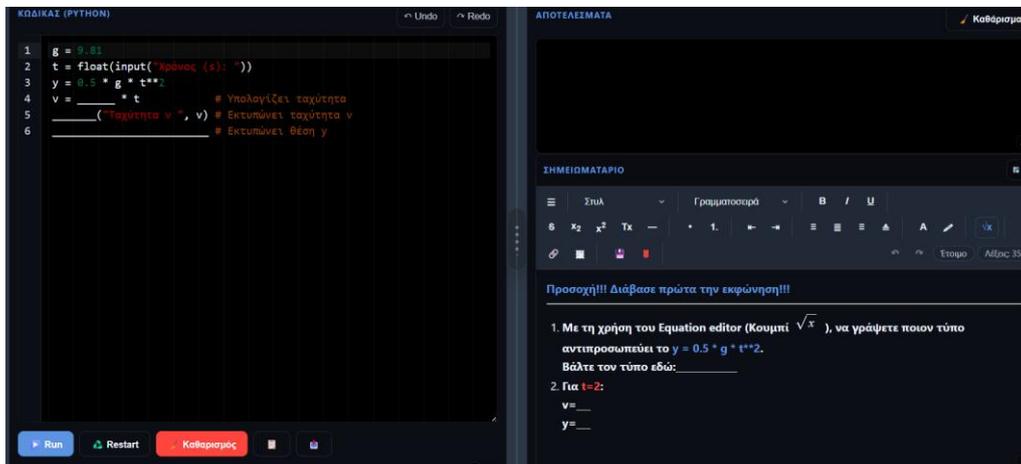
*Εικόνα 8: Προσομοίωση οριζόντιας βολής με drone σε περιβάλλον WebVPython για τη διερεύνηση της οριζόντιας μετατόπισης.*

Επιπλέον στο στάδιο **Investigate** χρησιμοποιήθηκαν και δραστηριότητες τύπου **Parsons**, στις οποίες τα τμήματα κώδικα δίνονται ανακατεμένα και οι μαθητές καλούνται να τα τοποθετήσουν στη σωστή σειρά. Οι δραστηριότητες αυτές υποστηρίζουν την ανάπτυξη της αλγοριθμικής σκέψης και της κατανόησης της εκτελεστικής ροής ενός υπολογιστικού μοντέλου. Παράλληλα, **ενισχύουν δεξιότητες ανάγνωσης και ερμηνείας κώδικα (code reading)**, οι οποίες θεωρούνται κρίσιμες για τη μετάβαση από την κατανόηση στη δημιουργία υπολογιστικών μοντέλων.

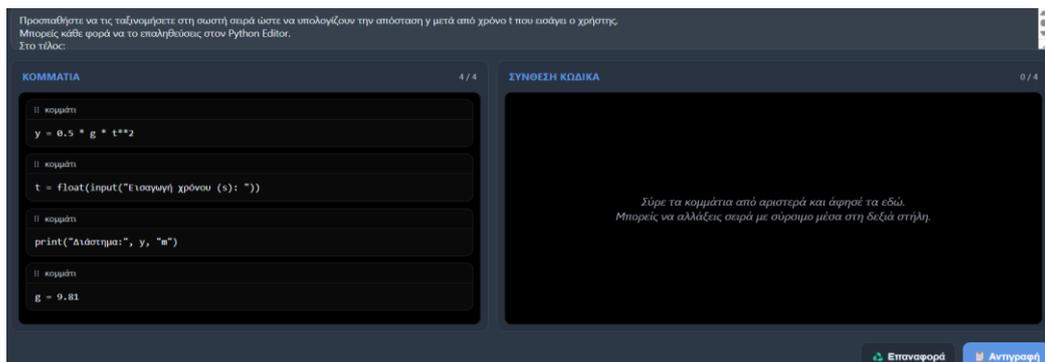
Επίσης χρησιμοποιούνται δραστηριότητες τύπου **fill-in-the-blank (faded Parsons)** στις οποίες οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν ημιτελή τμήματα απλού κώδικα σε Python, συνδυάζοντας τη λογική σειρά με τη σύνταξη. Οι δραστηριότητες αυτές λειτουργούν ως ενδιάμεσο στάδιο μεταξύ της ανάγνωσης και της συγγραφής κώδικα, επιτρέποντας τη σταδιακή απόσυρση της υποστήριξης και τη σταδιακή αυτονομία των μαθητών. Για παράδειγμα στην ενότητα της **ελεύθερης πτώσης**, η διερεύνηση **fill-in-the-blank** σχετίζεται με την συμπλήρωση τμήματος απλού κώδικα σε Python, αναγνωρίζοντας τη σωστή μεταβλητή που συνδέει την επιτάχυνση της βαρύτητας με τον χρόνο, ώστε να υπολογιστεί η ταχύτητα του σώματος. Μέσα από τη δραστηριότητα αυτή, οι μαθητές διερευνούν τη λειτουργία των

κινηματικών σχέσεων και κατανοούν πώς η μαθηματική εξίσωση της ελεύθερης πτώσης μετασχηματίζεται σε υπολογιστική διαδικασία.

Η επιλογή των συγκεκριμένων τύπων δραστηριοτήτων ευθυγραμμίζεται με το μοντέλο **PRIMM**, καθώς ενισχύει τη μετάβαση από την παρατήρηση και την ερμηνεία στη νοητική επεξεργασία του κώδικα και στη σύνδεση της υπολογιστικής αναπαράστασης με τη φυσική έννοια, χωρίς να επιβαρύνει τους μαθητές με συντακτικές λεπτομέρειες που δεν σχετίζονται άμεσα με το αντικείμενο της Φυσικής.



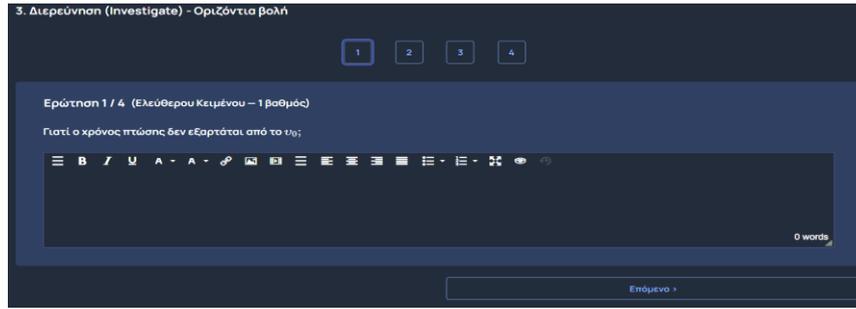
**Εικόνα 9:** Δραστηριότητα διερεύνησης (*Investigate*) τύπου *fill-in-the-blank (faded Parsons)* για την ελεύθερη πτώση μέσω της οποίας οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν τμήματα απλού κώδικα σε Python



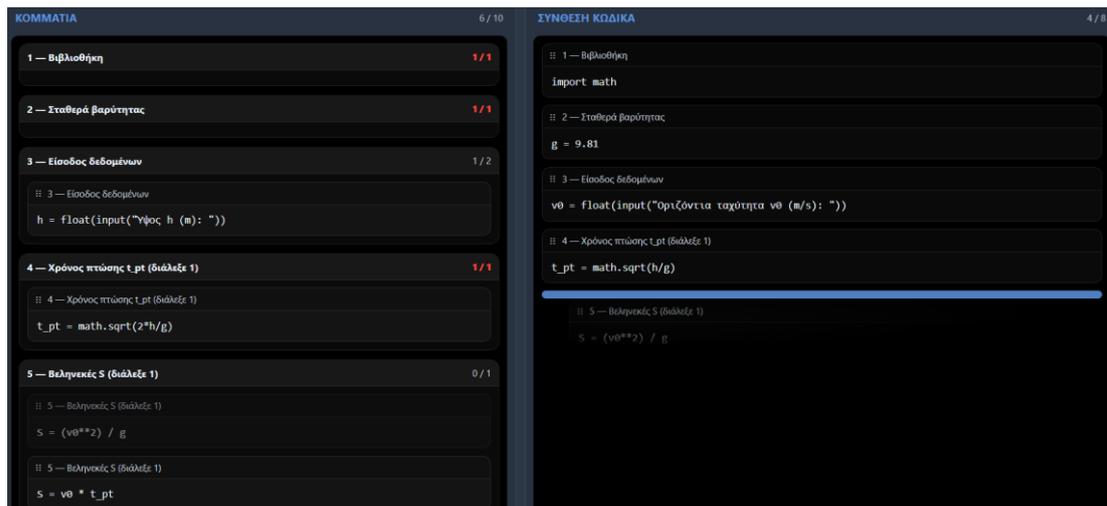
**Εικόνα 10:** Δραστηριότητα διερεύνησης (*Investigate*) τύπου *Parsons* για την ελεύθερη πτώση μέσω της οποίας οι μαθητές καλούνται να τοποθετήσουν τμήματα κώδικα στην σωστή σειρά

Στην ενότητα της **οριζόντιας βολής**, το στάδιο **Investigate** οργανώνεται επιπλέον και με μία δραστηριότητα ελεύθερου κειμένου, η οποία εστιάζει σε βασικό εννοιολογικό ερώτημα, όπως η ανεξαρτησία του χρόνου πτώσης από την αρχική οριζόντια ταχύτητα. Οι μαθητές καλούνται να αιτιολογήσουν τις απαντήσεις τους, αξιοποιώντας τις παρατηρήσεις τους από το περιβάλλον προσομοίωσης και τις κινηματικές σχέσεις. Με τον τρόπο αυτό, η διερεύνηση επικεντρώνεται στην κατανόηση της ανεξαρτησίας των δύο κινήσεων και στη θεμελίωση της εννοιολογικής βάσης της οριζόντιας βολής.

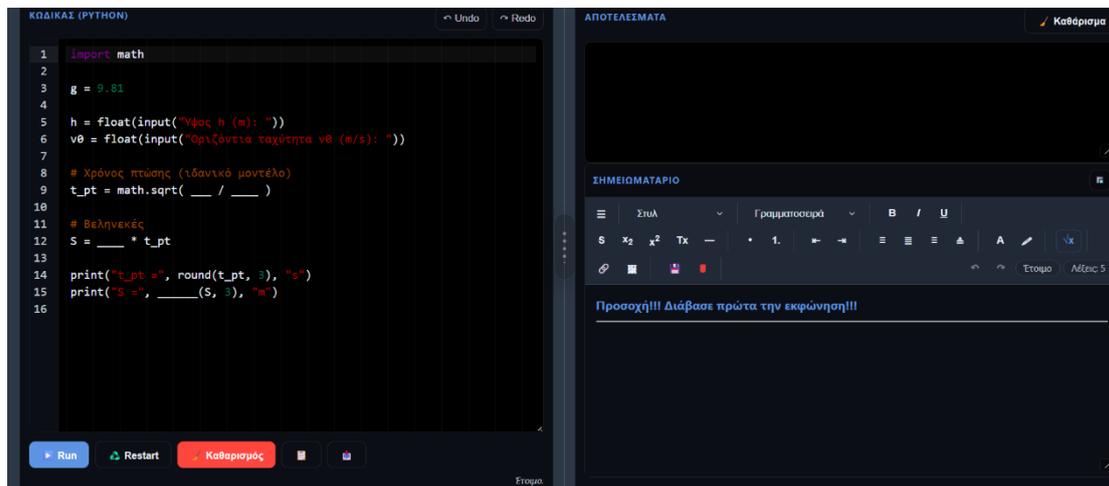
Με τον τρόπο αυτό, το στάδιο **Investigate** δεν περιορίζεται στην παθητική παρατήρηση, αλλά **οργανώνεται ως ενεργή διαδικασία διερεύνησης**, κατά την οποία οι μαθητές συνδέουν ποιοτικές παρατηρήσεις, μαθηματικές σχέσεις και υπολογιστική αναπαράσταση, προετοιμάζοντας τη μετάβαση στα επόμενα στάδια του μοντέλου **PRIMM**.



Εικόνα 11: Δραστηριότητα διερεύνησης(*Investigate*) ελεύθερου κειμένου με αιτιολόγηση για την οριζόντια βολή.



Εικόνα 12: Δραστηριότητα διερεύνησης(*Investigate*) τύπου *Parsons* για την οριζόντια βολή μέσω της οποίας οι μαθητές καλούνται να τοποθετήσουν τμήματα κώδικα στην σωστή σειρά



Εικόνα 13: Δραστηριότητα διερεύνησης(*Investigate*) τύπου *Fill-in-the-Blank*(faded *Parsons*) αντίστοιχα για την οριζόντια βολή

### 3.4.4 *Modify*: ελεγχόμενη τροποποίηση του μοντέλου

Στην ενότητα της ελεύθερης πτώσης, το στάδιο **Modify** υλοποιείται μέσω κώδικα Python που δίνεται στους μαθητές και υπολογίζει τη μετατόπιση και την ταχύτητα σε συνάρτηση με τον χρόνο, σύμφωνα με τις εξισώσεις της ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης. Οι μαθητές καλούνται να εκτελέσουν το πρόγραμμα για διαφορετικές τιμές του χρόνου και να παρατηρήσουν πώς μεταβάλλεται η απόσταση. Ειδικότερη έμφαση δίνεται στη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ



### 3.4.5 Make: Δημιουργία υπολογιστικού μοντέλου

Το στάδιο **Make** του μοντέλου PRIMM αποτελεί το **τελικό και συνθετικό στάδιο της μαθησιακής πορείας**, στο οποίο οι μαθητές καλούνται να αξιοποιήσουν τις γνώσεις και τις εμπειρίες που έχουν αποκτήσει στα προηγούμενα στάδια, προκειμένου να δημιουργήσουν ένα λειτουργικό υπολογιστικό μοντέλο. Σε αυτό το στάδιο, η έμφαση μετατοπίζεται από την ερμηνεία και την τροποποίηση σε **αυτόνομη παραγωγή**, γεγονός που καθιστά το Make κρίσιμο για την εδραίωση της κατανόησης.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, το Make δεν αντιμετωπίζεται ως άσκηση προγραμματισμού με αυτοσκοπό τη συγγραφή κώδικα, **αλλά ως δραστηριότητα μοντελοποίησης φυσικών φαινομένων**. Οι μαθητές καλούνται να μετασχηματίσουν μια φυσική σχέση σε υπολογιστική διαδικασία, να λάβουν αποφάσεις σχετικά με τις μεταβλητές και τις παραμέτρους, και να ελέγξουν την ορθότητα του αποτελέσματος με βάση τη φυσική ερμηνεία του προβλήματος.

**Στην ενότητα της ελεύθερης πτώσης**, το στάδιο **Make** υλοποιείται μέσω της δημιουργίας ενός απλού προγράμματος σε **Python** που υπολογίζει τον χρόνο πτώσης ενός σώματος από δεδομένο ύψος. **Οι μαθητές καλούνται να αναδιατυπώσουν την εξίσωση της μετατόπισης ως προς τον χρόνο** και να υλοποιήσουν τον αντίστοιχο υπολογισμό στον κώδικα. Η δραστηριότητα απαιτεί από τους μαθητές να επιλέξουν κατάλληλες μεταβλητές, να χρησιμοποιήσουν μαθηματικές συναρτήσεις και να ερμηνεύσουν το αποτέλεσμα με βάση το φυσικό πλαίσιο. Στο τέλος τους ζητείται να καταγράψουν τις απαντήσεις τους σε φύλλα δραστηριοτήτων. Με τον τρόπο αυτό, το στάδιο **Make** λειτουργεί ως κορύφωση της ενότητας, καθώς οι μαθητές συνδέουν τη φυσική θεωρία, τη μαθηματική αναπαράσταση και την υπολογιστική υλοποίηση σε ένα ενιαίο μοντέλο.

Π

Εργασίες

**5. Make (Δημιουργία) - Ελεύθερη πτώση**

Με βάση όσα μάθατε, δημιουργήστε από την αρχή ένα μικρό πρόγραμμα που να υπολογίζει πόσο χρόνο χρειάζεται ένα σώμα για να πέσει από ένα συγκεκριμένο ύψος  $y$ .

Ανοίξτε τον Python Editor:

->Python Editor

Τίπ: Θα χρειαστεί να αναδιατυπώσετε την εξίσωση:

$$y = \frac{1}{2}gt^2$$

ώστε να λύσετε ως προς  $t$  (συμβουλή:  $t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$ ).

Τίπ: Προτείνεται η χρήση της συνάρτησης `math.sqrt()`.

**Παράδειγμα λειτουργίας:** Για  $y = 20m$ , το πρόγραμμα πρέπει να υπολογίζει και να εμφανίζει  $t \approx 2,02s$ .

Τίπ: Ξεκινήστε εισάγοντας `import math`. Έπειτα ζητήστε από τον χρήστη το ύψος, υπολογίστε  $t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$  και εμφανίστε το αποτέλεσμα.

(Προσοχή: Χρησιμοποιούμε μόνο τη θετική τιμή χρόνου).

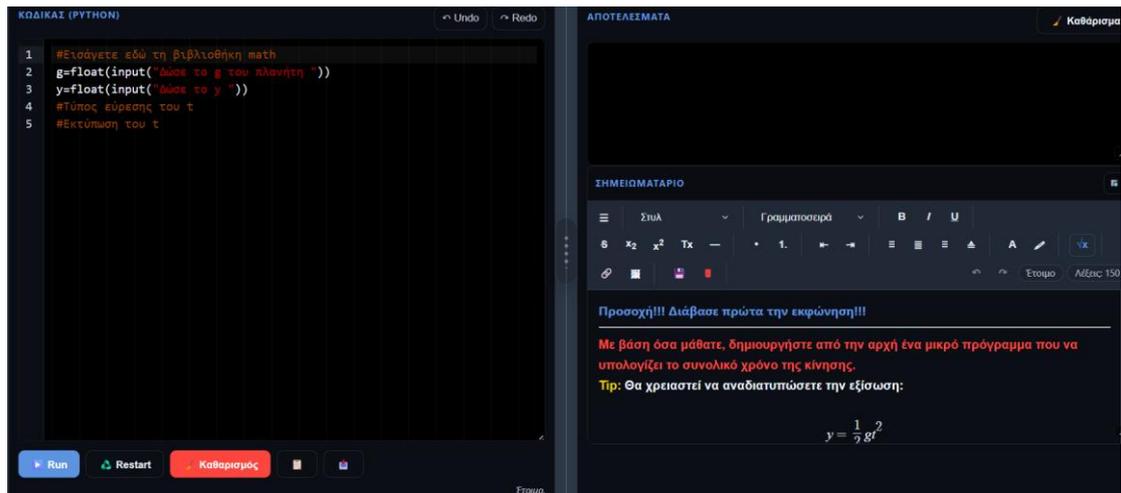
Τίπ: **Να τυπώνει "Συνολικός χρόνος" ...s**

**Να εκτελέσετε το πρόγραμμα όσες φορές χρειαστεί ώστε να συμπληρώσετε τους πίνακες της Δραστηριότητας 2.**

Στο τέλος:

- Θα πατήσετε **Κοινή χρήση** -> **Δημιουργία συνδέσμου**.
- Θα γυρίσετε στην άσκηση και θα κάνετε επικόλληση του συνδέσμου.
- Θα κάνετε υποβολή της άσκησης.

**Εικόνα 16:** Εκφώνηση δραστηριότητας δημιουργίας (**Make**) στην ελεύθερη πτώση στο *Open eClass*

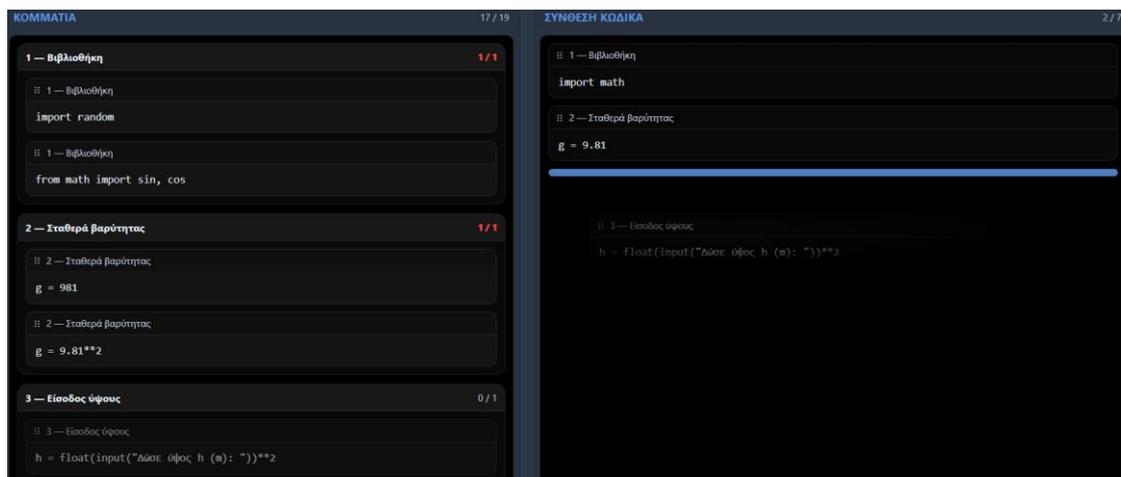


Εικόνα 17: Δραστηριότητα δημιουργίας (Make) στην ελεύθερη πτώση στο Open eClass

Στην ενότητα της **οριζόντιας βολής**, το στάδιο Make υλοποιείται μέσω **δραστηριότητας τύπου Parsons**, κατά την οποία οι μαθητές καλούνται να συνθέσουν ένα πλήρες πρόγραμμα **Python** επιλέγοντας και τοποθετώντας στη σωστή σειρά τα κατάλληλα τμήματα κώδικα. Ο στόχος του προγράμματος είναι ο υπολογισμός του χρόνου πτώσης και της οριζόντιας μετατόπισης (βεληνεκούς), για σώμα που εκτελεί οριζόντια βολή χωρίς αντίσταση του αέρα.

Οι μαθητές καλούνται να επιλέξουν, για κάθε στάδιο του προγράμματος, μία και μόνο σωστή εντολή ανάμεσα σε εναλλακτικές επιλογές, οι **οποίες περιλαμβάνουν και σκόπιμα λανθασμένες (δόλωμα)**. Με τον τρόπο αυτό, οι μαθητές πρέπει να λάβουν συνειδητές αποφάσεις σχετικά με:

- την εισαγωγή των φυσικών παραμέτρων (ύψος εκτόξευσης και αρχική οριζόντια ταχύτητα),
- τον σωστό υπολογισμό του χρόνου πτώσης βάσει της κατακόρυφης κίνησης,
- τον υπολογισμό της οριζόντιας μετατόπισης ως συνάρτηση της οριζόντιας ταχύτητας και του χρόνου πτώσης.



Εικόνα 18: Δραστηριότητα δημιουργίας (Make) στην οριζόντια βολή στο Open eClass

Αφού ολοκληρωθεί επιτυχώς η σύνθεση του κώδικα, **οι μαθητές εκτελούν το πρόγραμμα στο περιβάλλον του Python editor**, ελέγχουν ότι **το πρόγραμμα λειτουργεί σωστά** για συγκεκριμένες τιμές παραμέτρων και προσθέτουν μία επιπλέον εντολή εξόδου (*print*) που διατυπώνει λεκτικά το αποτέλεσμα (π.χ. τον χρόνο πτώσης και το βεληνεκές). Στη συνέχεια, καταγράφουν τα αποτελέσματα στο αντίστοιχο φύλλο δραστηριοτήτων και υποβάλλουν την εργασία τους μέσω συνδέσμου (*sharelink*).

#### 4. Συμπεράσματα και προοπτικές

Η παρούσα εργασία παρουσίασε τον σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας μαθησιακής παρέμβασης στη Φυσική που αξιοποιεί τον προγραμματισμό ως εργαλείο υπολογιστικής μοντελοποίησης. Με επίκεντρο τις έννοιες της ελεύθερης πτώσης και της οριζόντιας βολής, αναπτύχθηκε μια συνεκτική μαθησιακή πορεία που συνδυάζει θεωρητικό υπόβαθρο, διδακτικό σχεδιασμό και ψηφιακή υλοποίηση σε περιβάλλον Open eClass. Ο **συστηματικός σχεδιασμός της παρέμβασης με βάση το μοντέλο ADDIE επέτρεψε τη σαφή οργάνωση των μαθησιακών στόχων**, των δραστηριοτήτων και των τρόπων αξιολόγησης. Παράλληλα, το **μοντέλο PRIMM λειτούργησε ως λειτουργικό πλαίσιο** που υποστήριξε τη σταδιακή μετάβαση των μαθητών από τη διατύπωση προβλέψεων και τη διερεύνηση μέσω προσομοιώσεων στη δημιουργία απλών υπολογιστικών μοντέλων. Η χρήση της πλατφόρμας Open eClass συνέβαλε στην ορατότητα της μαθησιακής πορείας και στη συστηματική οργάνωση του υλικού και των δραστηριοτήτων.

**Η εργασία ανέδειξε ότι η ενσωμάτωση του προγραμματισμού στη διδασκαλία της Φυσικής μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην εννοιολογική κατανόηση, όταν δεν αντιμετωπίζεται ως αυτοσκοπός αλλά ως μέσο διερεύνησης και ελέγχου φυσικών υποθέσεων.** Μέσα από τη μοντελοποίηση της ελεύθερης πτώσης και της οριζόντιας βολής, οι μαθητές καλούνται να συνδέσουν μαθηματικές σχέσεις, φυσική ερμηνεία και υπολογιστική υλοποίηση σε ένα ενιαίο πλαίσιο. **Ως προοπτική, η προτεινόμενη μαθησιακή εργασία θα μπορούσε να επεκταθεί σε πιο σύνθετα φαινόμενα της κινηματικής ή να εμπλουτιστεί με πρόσθετες μορφές υπολογιστικής αναπαράστασης**, διατηρώντας τον ίδιο παιδαγωγικό σχεδιασμό. Με τον τρόπο αυτό, η παρούσα προσέγγιση μπορεί να αποτελέσει βάση για περαιτέρω διδακτικές παρεμβάσεις που αξιοποιούν τη μοντελοποίηση και τον προγραμματισμό ως κεντρικά στοιχεία της μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες.

#### Βιβλιογραφία

- Balacheff, N., Ludvigsen, S., de Jong, T., Lazonder, A. W., & Barnes, S. (2009). Technology-enhanced learning: A kaleidoscopic view. In N. Balacheff, S. Ludvigsen, T. de Jong, A. W. Lazonder, & S. Barnes (Eds.), *Technology-enhanced learning: Principles and products* (pp. v-xvi). Springer.
- Benton, L., Hoyles, C., Kalaš, I., & Noss, R. (2016, February 2-5). Building mathematical knowledge with programming: Insights from the ScratchMaths project [Conference presentation]. *Constructionism 2016*, Bangkok, Thailand.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- Bråting, K., & Kilhamn, C. (2022). The integration of programming in Swedish school mathematics: Investigating elementary mathematics textbooks. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 66(4), 594-609. <https://doi.org/10.1080/00313831.2021.1897879>
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins, effectiveness, and applications*. BSCS.
- Doğan, A., & Dağ, S. (2023). Students' misconceptions about gravity and free fall motion. *Journal of Physics Education Research*, 18(2), 45-58.
- Duran, L. B., & Duran, E. (2004). The 5E instructional model: A learning cycle approach for inquiry-based science teaching. *Science Education Review*, 3(2), 49-58.
- Etkina, E., Van Heuvelen, A., Brookes, D. T., & Mills, D. (2002). Role of experiments in physics instruction - A process approach. *The Physics Teacher*, 40(6), 351-355. <https://doi.org/10.1119/1.1511592>

- Garrison, D. R. (2011). *E-learning in the 21st century: A framework for research and practice*. Routledge.
- Garrison, D. R. (2016). *E-learning in the 21st century: A community of inquiry framework for research and practice*. Taylor & Francis.
- Goodyear, P. (2015). Teaching as design. *HERDSA Review of Higher Education*, 2, 27-50.
- Goodyear, P., & Retalis, S. (Eds.). (2010). *Technology-enhanced learning: Design patterns and pattern languages*. Sense Publishers.
- Hestenes, D. (2010). Modeling theory for math and science education. In R. Lesh, P. L. Galbraith, C. R. Haines, & A. Hurford (Eds.), *Modeling students' mathematical modeling competencies: ICTMA 13* (pp. 13-41). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0561-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0561-1_3)
- Hoyles, C., & Sutherland, R. (1989). A methodology for developing note-taking skills and understanding in mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 20(2), 157-174. <https://doi.org/10.1007/BF00355519>
- Hoyles, C., Healy, L., & Pozzi, S. (1992). Interdependence and autonomy: Aspects of group work in mathematics. *Learning and Instruction*, 2(4), 249-267. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(92\)90012-M](https://doi.org/10.1016/0959-4752(92)90012-M)
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, 193(3), 13-20. <https://doi.org/10.1177/002205741319300303>
- Laurillard, D. (2012). *Teaching as a design science: Building pedagogical patterns for learning and technology*. Routledge.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, Inc.
- Parsons, D., & Haden, P. (2006). Parson's programming puzzles: A fun and effective learning tool for first programming courses. *Proceedings of the 8th Australasian Conference on Computing Education (ACE '06)*, 157-163. <https://doi.org/10.5555/1151869.1151890>
- Rane, L. V. (2016). Students' understanding of acceleration due to gravity in free fall motion. *International Journal of Science Education*, 38(12), 1895-1912.
- Scanlon, E., & Conole, G. (2018). Interdisciplinarity in technology enhanced learning: An interview study. *Journal of Interactive Media in Education*, 2018(1), Article 11. <https://doi.org/10.5334/jime.476>
- Sentance, S., & Waite, J. (2017). PRIMM: Exploring pedagogical approaches for teaching text-based programming in school. *Proceedings of the 12th Workshop in Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE '17)*. <https://doi.org/10.1145/3137065.3137084>
- Sentance, S., Waite, J., & Kallia, M. (2019). Teaching computer programming with PRIMM: A sociocultural perspective. *Computer Science Education*, 29(2-3), 136-176. <https://doi.org/10.1080/08993408.2019.1608781>
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. In J. P. Mestre & B. H. Ross (Eds.), *Psychology of learning and motivation* (Vol. 55, pp. 37-76). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>
- Wilensky, U., & Reisman, K. (2006). Thinking like a wolf, a sheep, or a firefly: Learning biology through constructing and testing computational theories - An embodied

modeling approach. *Cognition and Instruction*, 24(2), 171-209.  
[https://doi.org/10.1207/s1532690xci2402\\_1](https://doi.org/10.1207/s1532690xci2402_1)

Κόμης, Β. (2004). Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των Τεχνολογιών Πληροφορίας και των Επικοινωνιών. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Κόμης, Β. (2010). Διδασκαλία με τη χρήση της τεχνολογίας. Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

Φεσάκης, Γ. (2019). Εισαγωγή στις Εφαρμογές των Ψηφιακών Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Από τις Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) στην Ψηφιακή Ικανότητα και την Υπολογιστική Σκέψη. Gutenberg.

## **Παράρτημα διαλόγων με εργαλεία Artificial Intelligence (Large Language Models)**

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε με εκτεταμένη, αλλά ελεγχόμενη και κριτική χρήση εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης τύπου Large Language Models (LLMs), συγκεκριμένα των μοντέλων ChatGPT (εκδόσεις 5.1 και 5.2) και Google Gemini 3. Το ChatGPT αξιοποιήθηκε στη λειτουργία «Thinking», ενώ το Gemini 3 στη λειτουργία «Pro».

Το ChatGPT υπερέιχε στον σχεδιασμό και στην εκτέλεση σύνθετων εργασιών, στην ανάλυση θεωρητικών εννοιών και στη διατύπωση συνεκτικών και τεκμηριωμένων απαντήσεων. Αντίθετα, το Gemini 3 διακρίθηκε για την αυξημένη ταχύτητα απόκρισης, αλλά παρουσίασε περιορισμούς στην ολοκλήρωση πολύπλοκων ή πολυεπίπεδων εργασιών. Για τον λόγο αυτό, το Gemini χρησιμοποιήθηκε κυρίως σε δευτερεύουσες ή υποστηρικτικές εργασίες, όπως η δημιουργία στοιχείων διεπαφής χρήστη (User Interface) ή η παροχή εναλλακτικών ιδεών.

Η χρήση των εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης δεν αφορούσε την αυτόματη παραγωγή έτοιμου εκπαιδευτικού υλικού, αλλά λειτούργησε ως μέσο υποστήριξης του σχεδιασμού, του αναστοχασμού και της τεκμηρίωσης. Ειδικότερα, τα LLMs αξιοποιήθηκαν για τη διατύπωση ερωτημάτων, τη διερεύνηση εναλλακτικών διδακτικών επιλογών, τη σύνδεση θεωρητικού πλαισίου και διδακτικού σχεδιασμού, καθώς και για τον έλεγχο της εσωτερικής συνοχής της εργασίας.

Στο παρόν παράρτημα παρουσιάζονται ενδεικτικοί διάλογοι που αποτυπώνουν τον τρόπο με τον οποίο τα εργαλεία αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν εποικοδομητικά στα διαφορετικά στάδια της εργασίας (θεωρητικό πλαίσιο, σχεδιασμός δραστηριοτήτων, επιλογή παιδαγωγικών μοντέλων, χρήση προγραμματισμού Python). Μετά από κάθε θεματική ενότητα διαλόγου παρατίθεται σύντομος σχολιασμός σχετικά με τη συμβολή, την αξιοπιστία και τους περιορισμούς του εργαλείου.

### **Διάλογος 1: Προγραμματισμός ως εργαλείο μάθησης στη Φυσική**

**Ερώτηση προς AI:** «Θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε Python στη διδασκαλία της ελεύθερης πτώσης. Πώς μπορεί ο προγραμματισμός να λειτουργήσει ως εργαλείο εννοιολογικής κατανόησης και όχι απλώς ως τεχνική δεξιότητα;»

**Απάντηση AI:** «Ο προγραμματισμός μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο μάθησης όταν χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση φυσικών φαινομένων και όχι για την εκμάθηση της σύνταξης καθαυτής. Στην ελεύθερη πτώση, για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να μεταφράσουν τις εξισώσεις κίνησης σε υπολογιστικό μοντέλο και να παρατηρήσουν τη δυναμική εξέλιξη της κίνησης στον χρόνο. Με τον τρόπο αυτό, οι εξισώσεις αποκτούν λειτουργικό νόημα ως περιγραφές μεταβολής και όχι ως στατικοί τύποι.»

**Σχόλιο:** Το εργαλείο βοήθησε στην εννοιολογική αποσαφήνιση της έννοιας *code to learn* και στην τεκμηρίωση της επιλογής του προγραμματισμού ως μέσου μοντελοποίησης. Η απάντηση κρίνεται συνεπής με τη βιβλιογραφία, ωστόσο απαιτείται παιδαγωγική κρίση για τη μεταφορά της σε σχολικό πλαίσιο.

### **Διάλογος 2: Γνωστικό φορτίο και σταδιακή εισαγωγή του κώδικα**

**Ερώτηση προς AI:** «Πώς μπορεί να αιτιολογηθεί παιδαγωγικά η επιλογή δραστηριοτήτων τύπου Parsons και faded Parsons στο πλαίσιο της θεωρίας γνωστικού φορτίου;»

**Απάντηση AI:** «Οι δραστηριότητες Parsons μειώνουν το εξωγενές γνωστικό φορτίο, καθώς απαλλάσσουν τους μαθητές από τη σύνταξη του κώδικα και τους επιτρέπουν να εστιάσουν στη λογική δομή και στη σχέση των εντολών με τα φυσικά μεγέθη. Τα faded Parsons λειτουργούν ως μηχανισμός σταδιακής απόσυρσης της υποστήριξης, επιτρέποντας την ομαλή μετάβαση προς την αυτόνομη συγγραφή κώδικα.»

**Σχόλιο:** Το εργαλείο συνέβαλε στη θεωρητική τεκμηρίωση των σχεδιαστικών επιλογών σε σχέση με τη διαχείριση του γνωστικού φορτίου και ενίσχυσε τη σύνδεση με το στάδιο *Investigate* του PRIMM.

### **Διάλογος 3: Ευθυγράμμιση PRIMM και ADDIE**

**Ερώτηση προς ΑΙ:** «Πώς μπορεί να τεκμηριωθεί η συμβατότητα του PRIMM με το ADDIE, δεδομένου ότι το ένα είναι παιδαγωγικό μοντέλο μάθησης και το άλλο πλαίσιο διδακτικού σχεδιασμού;»

**Απάντηση ΑΙ:** «Το ADDIE λειτουργεί σε μακρο-επίπεδο σχεδιασμού, ενώ το PRIMM σε μικρο-επίπεδο μαθησιακής ροής. Η συμβατότητα προκύπτει όταν το PRIMM εντάσσεται στη φάση Design και Development του ADDIE, ενώ τα δεδομένα από τα στάδια Run - Investigate - Modify τροφοδοτούν τη φάση Evaluation. Έτσι, τα δύο μοντέλα λειτουργούν συμπληρωματικά.»

**Σχόλιο:** Η απάντηση βοήθησε στην εννοιολογική αποσαφήνιση της πολυεπίπεδης χρήσης παιδαγωγικών μοντέλων στην εργασία.

### **Διάλογος 4: Επιλογή ψηφιακής πλατφόρμας για την υλοποίηση του διδακτικού σεναρίου**

**Ερώτηση προς ΑΙ:** «Για τη διάθεση του διδακτικού σεναρίου και των δραστηριοτήτων προγραμματισμού που σχεδιάζονται στο πλαίσιο της εργασίας, εξετάζουμε τη χρήση της πλατφόρμας Open eClass. Αποτελεί παιδαγωγικά κατάλληλη επιλογή για την υποστήριξη δραστηριοτήτων τύπου PRIMM με χρήση Python και ποιες λειτουργίες της μπορούν να αξιοποιηθούν πιο αποτελεσματικά;»

**Απάντηση ΑΙ:** «Η πλατφόρμα Open eClass μπορεί να υποστηρίξει αποτελεσματικά τον διδακτικό σχεδιασμό, ιδιαίτερα σε σεναρία μεικτής ή ασύγχρονης μάθησης. Εργαλεία όπως οι ενότητες μαθήματος, οι εργασίες, τα έγγραφα και τα φόρουμ επιτρέπουν τη σταδιακή οργάνωση των φάσεων του PRIMM, ενώ η ανάρτηση φύλλων εργασίας και αρχείων κώδικα υποστηρίζει τη διερεύνηση και τον αναστοχασμό. Ωστόσο, για διαδραστική εκτέλεση κώδικα απαιτείται η συμπληρωματική χρήση εξωτερικών εργαλείων, τα οποία μπορούν να ενσωματωθούν μέσω συνδέσμων.»

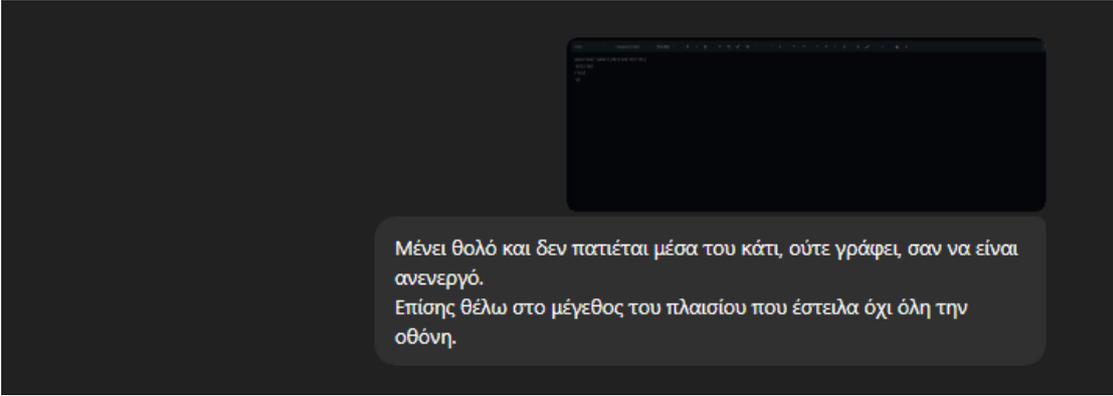
**Σχόλιο:** Ο διάλογος συνέβαλε στη λήψη τεκμηριωμένης απόφασης σχετικά με την επιλογή της ψηφιακής πλατφόρμας και ανέδειξε τόσο τις δυνατότητες όσο και τους περιορισμούς της Open eClass. Η απάντηση υποστήριξε τον σχεδιασμό μιας ρεαλιστικής και παιδαγωγικά συνεπούς υλοποίησης, λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες του σεναρίου και το σχολικό πλαίσιο εφαρμογής.

### **Συνολική αποτίμηση**

Η χρήση εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης στην παρούσα εργασία λειτούργησε ως μέσο εννοιολογικής αποσαφήνισης, θεωρητικής διασταύρωσης και αναστοχασμού επί του διδακτικού σχεδιασμού. Τα εργαλεία αυτά παρείχαν χρήσιμες κατευθύνσεις και ερμηνευτικά σχήματα, χωρίς να υποκαθιστούν τη μελέτη της βιβλιογραφίας ή την επιστημονική κρίση των συγγραφέων. Η αξιοποίησή τους ήταν ελεγχόμενη, κριτική και εναρμονισμένη με τους στόχους της εργασίας.

## Ενδεικτικοί διάλογοι με τα εργαλεία Α.Ι. για τη δημιουργία του λογισμικού

### Α. Διάλογος με τη βοήθεια screenshot



Μένει θολό και δεν πατιέται μέσα του κάτι, ούτε γράφει, σαν να είναι ανενεργό.  
Επίσης θέλω στο μέγεθος του πλαισίου που έστειλα όχι όλη την οθόνη.

Σκέφτηκε για 6m 52s >

Οκ, το έπιασα: αυτό που έβλεπες ("θολό", και **δεν πατιέται/δεν γράφει**) είναι επειδή στο notes-only είχα βάλει ένα **overlay** (`body.notes-only::before`) για dimming, αλλά επειδή η `.card` έχει **z-index** και φτιάχνει stacking context, το overlay έκατσε **πάνω** από όλο το app (άρα και πάνω από το notepad), οπότε... το notepad φαινόταν "σβηστό" και δεν έπαιρνε clicks.

Και το δεύτερο που ζήτησες ("όχι όλη την οθόνη") το έφτιαξα: τώρα το expanded notepad **μένει μέσα στο πλαίσιο του app** (max-width 1600, κεντραρισμένο), όχι full-width σε όλο το viewport.

✅ Έτοιμο fix:  
[Download notepad-fullscreen-mode-fix.zip](#)

#### Τι αλλάζει

- **index.html:**
  - έβγαλα το overlay dimming που μπλόκαρε τα clicks
  - και έκανα το notes-only wrapper να γίνεται `position: fixed` αλλά με πλάτος `min(1600px, 100vw - 32px)` ώστε να μην απλώνει σε όλη την οθόνη.
- **main-v4.js / notes.html:** τα αφήνω μέσα στο zip για να είσαι synced με την ίδια έκδοση (έχει και focus logic).

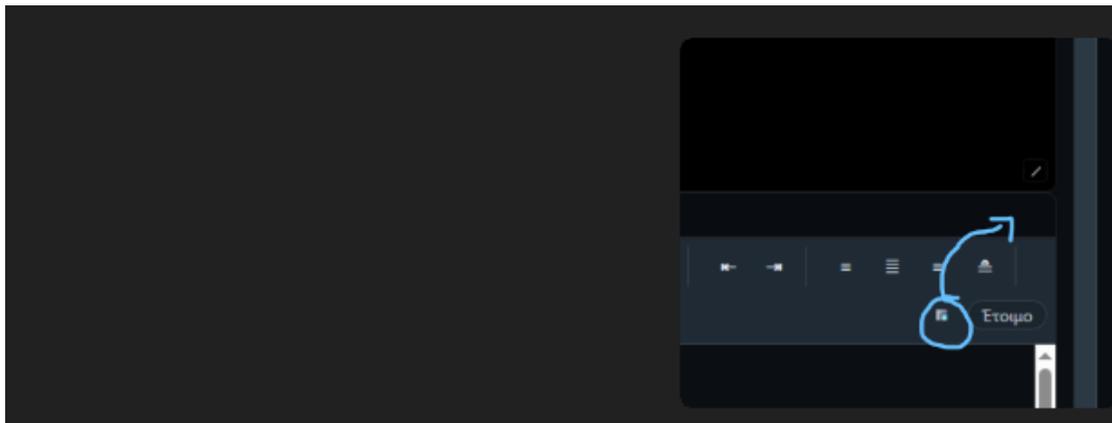
#### Εγκατάσταση

Απλά αντικατάστησε τα αρχεία από το zip (ή τουλάχιστον το `index.html`) και κάνε **hard refresh** (Ctrl+F5), γιατί με service worker/ cache μπορεί να κρατάει παλιό CSS.

---

Αν μετά από αυτό θες να έχει και *ελαφρύ dim* γύρω-γύρω χωρίς να μπλοκάρει (δηλαδή καθαρό "focus mode"), το κάνουμε με overlay που έχει `pointer-events:none` ή το βάζουμε μέσα στην `.card` αντί για `body`.

## B. Διάλογος με τη βοήθεια σχεδιαγράμματος



Σκέφτηκε για 4m 27s >

Το βλέπω 👍 — αυτό που κύκλωσες (το κουμπί expand) "πέφτει" κάτω δεξιά επειδή το toolbar είναι flex με flex-wrap: wrap, άρα όταν δεν χωράνε όλα, το τελευταίο group (που έχει το κουμπί + το "Ετοιμο") σπάει γραμμή και καταλήγει εκεί.

Το έφτιαξα ώστε να μένει καρφωμένο πάνω-δεξιά πάντα, ακόμα κι αν τα υπόλοιπα κουμπιά τυλίγονται σε 2η/3η σειρά:

- Το toolbar γίνεται 2-στήλο grid:
  - αριστερά: όλα τα groups (και αυτά κάνουν wrap)
  - δεξιά: μόνο fullscreen κουμπί + status (δεν κάνει ποτέ wrap, μένει πάνω-δεξιά)

📎 Κατέβασε το fix

[Download notepad-fullscreen-button-pinned.zip](#)

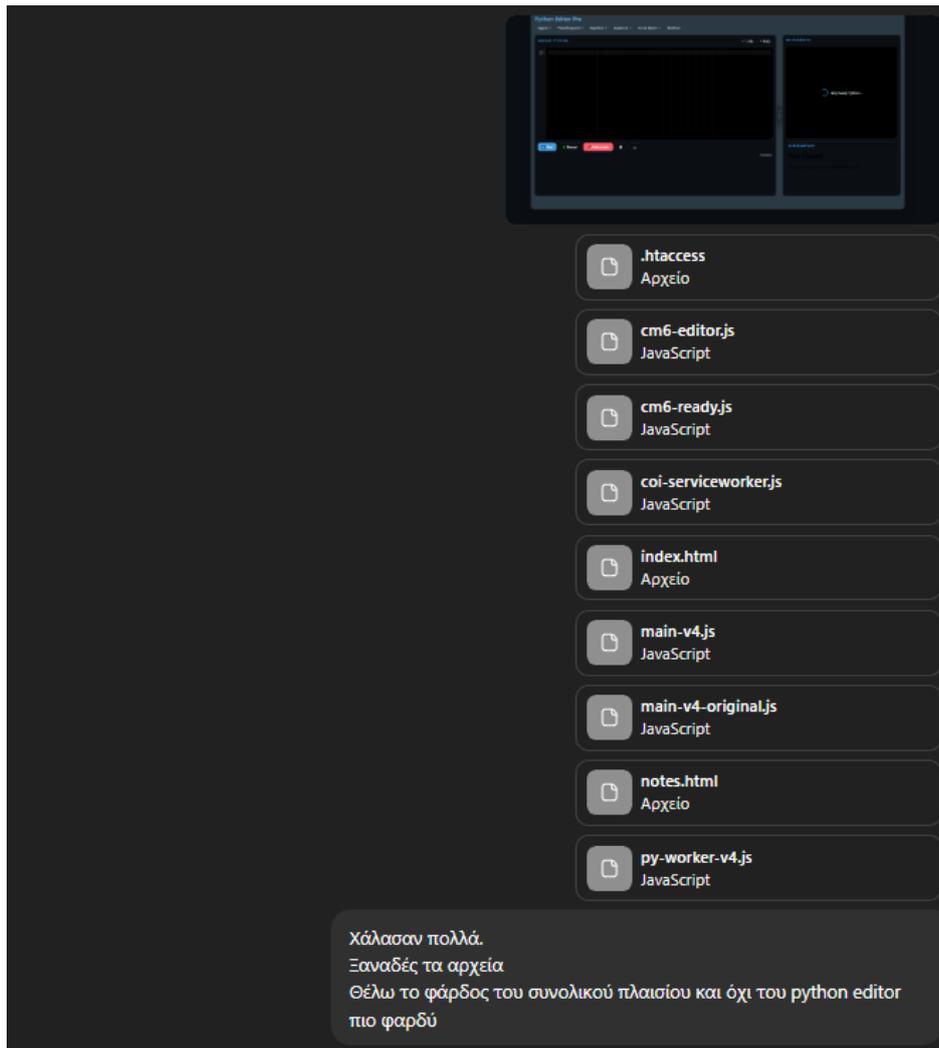
Τι κάνεις

1. Unzip
2. Πάρε το `notes.html`
3. Αντικατάστησε το δικό σου `notes.html`
4. Hard refresh (Ctrl+F5) για να μη σε κρατήσει cache

Αν θες, μπορώ να το κάνω και "ακόμα πιο όπως στο βελάκι": να γίνει floating κουμπί στο πάνω-δεξιά corner του notepad frame (εκτός toolbar), ώστε να είναι πάντα στην ίδια θέση ανεξάρτητα από toolbar — αλλά πρώτα δοκίμασε αυτό, γιατί συνήθως λύνει ακριβώς το πρόβλημα που δείχνει το screenshot.

📄 🌟 🗨️ 📤 🔄 ⋮

### Γ. Διάλογος με τη βοήθεια screenshot και αρχείων



Σκέφτηκε για 16m 0s >

OK — το ξαναείδα από την αρχή και βρήκα γιατί "χάλασαν πολλά":

- Το `index` που έτρεξε δείχνει `notes_patched.html` → στον server δεν υπάρχει → **Not Found** στο notepad.
- Υπήρχε και σπασμένο `id` στο `stderr` (`<pre id="stderr style="...`) που κάνει crash το JS → μένει κολλημένο στο «Φόρτωση Python...».

Έφτιαξα σωστό σεντ αρχείων (με πιο φαρδύ συνολικό πλαίσιο, λαβή για αλλαγή φάρδους, *undo/redo* στη θέση που θες, και *notes* που θυμάται το προηγούμενο κείμενο).

Κατέβασέ τα εδώ:

- [Download όλα μαζί \(zip\)](#)

Το zip περιέχει έτοιμα για ανέβασμα στον server:

- `index.html`
- `main-v4.js`
- `notes.html`

Αν τα αντικαταστήσεις αυτά τα 3 στον server (ίδιος φάκελος), θα φύγει το Not Found και θα ξαναφορτώνει κανονικά η Python, ενώ το συνολικό πλαίσιο θα είναι πιο φαρδύ και ο splitter θα δουλεύει σωστά.

