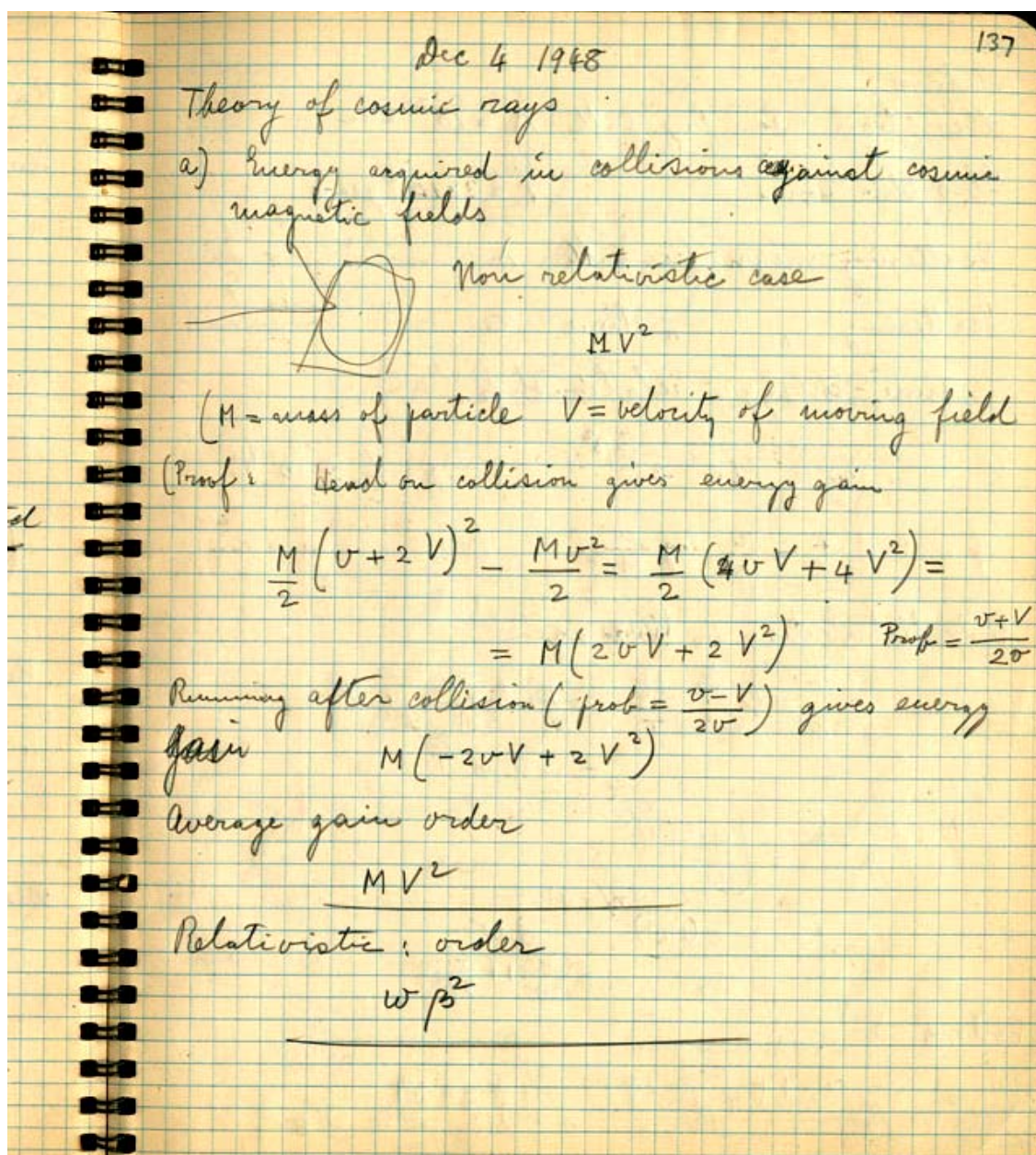


### Χρήση αρχείου εργαστηρίων – To LogBook

Επιστήμονες και μηχανικοί καταγράφουν εργαστηριακά δεδομένα σε βιβλιοδετημένους τόμους ή κατάλληλα τετράδια τα οποία έχουν προηγούμενη σελιδοποίηση. Οι τόμοι αυτοί χρησιμοποιούνται σαν αρχεία κάποιας συγκεκριμένης εργασίας και μπορούν ακόμα να χρησιμοποιηθούν σαν νόμιμα αποδεικτικά στοιχεία σε περιπτώσεις αντιδικίας περί προτεραιότητας κάποιας ανακάλυψης. Η χρήση ενός τέτοιου σημειωματάριου βοηθά στο να αναπτύξετε καλές εργαστηριακές συνήθειες οι οποίες θα σας βοηθήσουν στην μετέπειτα καριέρα σας.

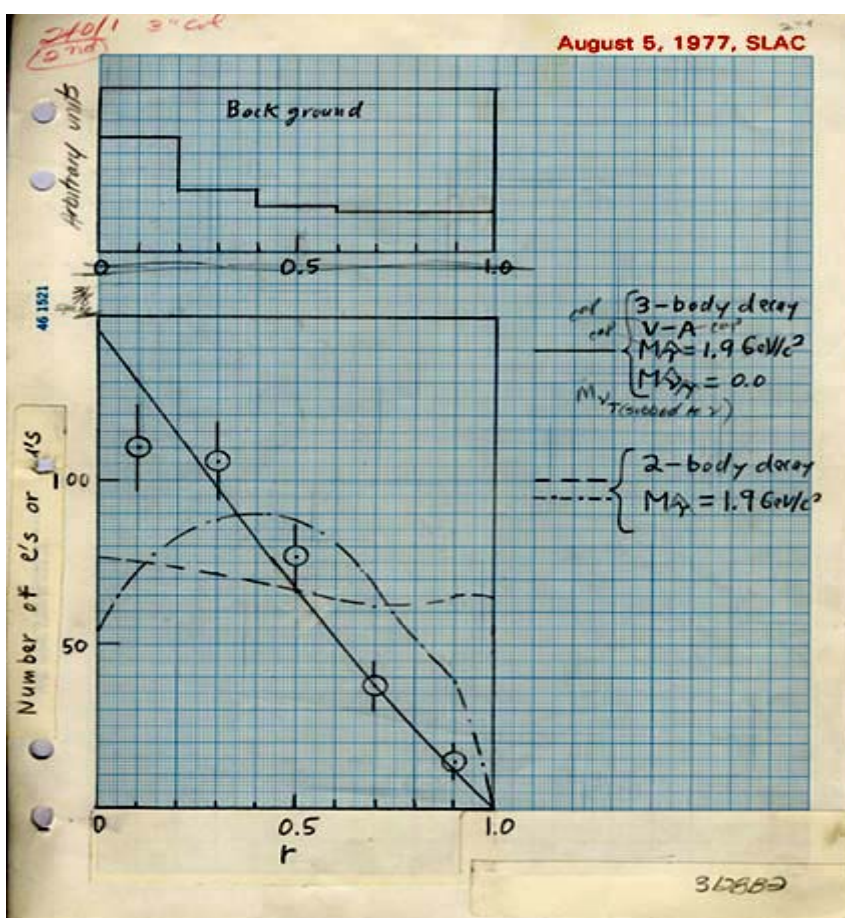
Σα παράδειγμα ενός τέτοιου εργαστηριακού αρχείου σας δίνετε παρακάτω ένα απόσπασμα από το αρχείο που κρατούσε ο E. Fermi. Η συγκεκριμένη σελίδα αναφέρεται όπως βλέπετε



στη γέννηση της θεωρίας των κοσμικών ακτινοβολιών “Theory of cosmic rays” και γράφτηκε στις 4 Δεκεμβρίου του 1948. Η σελίδα που φαίνεται είναι η πρώτη από

τέσσερις σελίδες του logbook σχετικά με αυτό το θέμα. Στις σελίδες αυτές ο Fermi ασχολήθηκε με την επιτάχυνση των κοσμικών ακτινών μέσω των σκεδάσεών τους με μαγνητικά σύννεφα που υπάρχουν στο σύμπαν. Η διεργασία αυτή ονομάστηκε αργότερα επιτάχυνση Fermi. Οι μη σχετικιστικοί υπολογισμοί του Fermi, όπως φαίνονται στη σελίδα αυτή, δείχνουν ότι ένα σωματίδιο κοσμικής ακτινοβολίας κερδίζει ένα ποσό ενέργειας  $MV^2$  σε κάθε σκέδαση, όπου  $M$  είναι η μάζα του κοσμικού σωματιδίου και  $V$  η ταχύτητα του μαγνητικού σύννεφου. Από τη σχέση αυτή συμπεράνε ότι το κέρδος της σχετικιστικής ενέργειας είναι  $w\beta^2$ , όπου  $w$  η ολική ενέργεια του σωματιδίου και  $\beta$  ο λόγος της ταχύτητας  $V$  προς την ταχύτητα του φωτός (στη μετέπειτα σελίδα 140, ξανασκεπτόμενος το πρόβλημα έδειξε ότι ο ακριβής υπολογισμός δίνει  $4/3 w\beta^2$ ). Βασίζόμενος στον υπολογισμό αυτό προχώρησε στον υπολογισμό της μέσης απόστασης μεταξύ συγκρούσεων με μαγνητικά σύννεφα 2 ετών φωτός σε μέγεθος, κάτι που είναι απόλυτα φυσιολογικό για μαγνητικά σύννεφα σε ένα γαλαξία. Μερικές μέρες αργότερα έστειλε προς δημοσίευση ένα άρθρο σχετικά με το θέμα το οποίο δημοσιεύτηκε τρεις μήνες αργότερα. Σήμερα, ο μηχανισμός Fermi είναι ο αποδεκτός μηχανισμός σύμφωνα με τον οποίο τα κοσμικά σωματίδια κερδίζουν ενέργεια. Το κέρδος αυτό είναι ανάλογο του  $\beta$  και οφείλεται σε συγκρούσεις των σωματιδίων με στροβιλώδη μαγνητικά πεδία εκατέρωθεν ενός κρουστικού κύματος το οποίο δημιουργήθηκε από ένα supernova.

Παράδειγμα σελίδας από το logbook ενός πειραματικού φυσικού είναι η ακόλουθη σελίδα από το logbook του Martin Perl (βραβείο Nobel 1995) ο οποίος το 1977 ανακάλυψε το στοιχειώδες σωματίδιο  $\tau$ -λεπτόνιο. Το σωματίδιο αυτό μοιάζει πολύ με ηλεκτρόνιο αλλά είναι 3500 φορές πιο βαρύ και η μάζα του εξέπληξε τους περισσότερους φυσικούς πριν τρεις δεκαετίες.



Ο Perl έψαξε για αποδείξεις ύπαρξης ενός βαρέως ηλεκτρικά φορτισμένου σωματιδίου σε συγκρούσεις ηλεκτρονίου-ποζιτρονίου (το αντισωματίδιο του ηλεκτρονίου). Τα σωματίδια που έψαχνε διασπώνται γρήγορα σε τρία άλλα σωματίδια, ένα μόνιο ή ένα ηλεκτρόνιο, ένα νεutrino και ένα αντινεutrino. Άλλα σωματίδια όχι ενδιαφέροντος θα διασπώνται σε δύο από τα ελαφρότερα σωματίδια. Έτσι ο Perl βρήκε ένα τρόπο να ξεχωρίσει το επιθυμητό σήμα από το υπόβαθρο.

Στη σελίδα αυτή του logbook του, έχει σχεδιάσει τις καμπύλες που αναμένονται για διάσπαση σε 3 σωματίδια καθώς επίσης και 2 διαφορετικές διασπάσεις σε 2 σωματίδια. Όταν κοίταξε που βρίσκονται τα σημεία των δεδομένων του πειράματός του πείστηκε ότι βρήκε αυτό που ζητούσε – διάσπαση σε 3 τελικά σωματίδια – που αποτελούν απόδειξη ύπαρξης του τ-λεπτονίου.

Από τα παραπάνω δύο παραδείγματα είναι φανερό το όφελος χρήσης ενός logbook με πιστή τήρηση κάποιων κανόνων που θα παρατεθούν παρακάτω. Είναι αξιοσημείωτο ακόμα πως η ακριβής καταγραφή όλων των σκέψεων και υπολογισμών ή βημάτων που ακολουθήθηκαν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα και σήμερα από επιστήμονες για την εξαγωγή συμπερασμάτων αλλά και αναπαραγωγή των διάφορων υπολογισμών ή πειραμάτων.

Εν γένει το εργαστηριακό αρχείο που κρατά ο καθένας εκφράζει το προσωπικό στυλ αλλά θα πρέπει να καταγράφετε πληροφορίες με τέτοιο τρόπο ώστε ένας συνάδελφός σας με συναφείς γνώσεις επί του αντικειμένου να μπορεί να καταλάβει την εργασία και έρευνά σας. Ακόμα όπως και στα παραδείγματα ίσως χρειαστεί στο μέλλον να ανατρέξετε σε προγενέστερη εργασία σας και επομένως ποτέ μην αγνοείτε να καταγράψετε οποιαδήποτε πληροφορία χρήσιμη για την κατανόηση του τι κάνατε ή για την επανάληψη της μέτρησής σας.

Πάντοτε να χρησιμοποιείτε ένα τετράδιο ή ειδικό βιβλιοδετημένο τόμο σαν logbook. Κάνετε καταγραφή των πληροφοριών καθώς εξελίσσεται το πείραμά σας, σαν ένα τρέχων αρχείο της εργασίας σας. Το logbook περιέχει ένα πλήρες ιστορικό όλων των πειραμάτων που πραγματοποιήσατε και των αποτελεσμάτων τους.

Συνήθως οι σελίδες του logbook είναι σε μορφή χιλιοστομετρικού χαρτιού με διαφορά ότι οι υποδιαίρέσεις είναι της τάξης των 5mm (δείτε τα αντίγραφα από τα logbooks των E. Fermi και M. Perl). Αυτό βοηθά στο γρήγορο σχεδιασμό γραφικών παραστάσεων αλλά και στην ταξινόμηση δεδομένων σε πίνακες. Ποτέ μη σβήνετε οτιδήποτε έχετε γράψει στο logbook σας και ποτέ μη σχίζετε ή πετάτε σελίδες του. Αν θέλετε να σβήσετε κάτι απλά διαγράψτε το. Έτσι μπορείτε να διαβάσατε αργότερα τι είχατε σκεφτεί και θεωρήσατε λάθος. Αυτό αποτελεί αρκετές φορές χρήσιμο στοιχείο για να ανατρέξετε στα προβλήματα που μπορεί να έχετε αργότερα κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων σας ή να επεξεργαστείτε μια διαφορετική ιδέα που είχατε και θεωρήσατε ίσως απίθανη τη στιγμή της καταγραφής της. Ποτέ μη χρησιμοποιείτε μολύβι όταν γράφετε στο logbook σας. Το μολύβι μπορείτε να το σβήσετε εύκολα και παράλληλα μετά από χρόνο δεν είναι ευανάγνωστο. Μπορείτε να χρησιμοποιείτε ορολογία ή ακρωνύμια αλλά θα πρέπει να κάνετε όλες τις καταγραφές σας καθαρά, οργανωμένα και ολοκληρωμένα ώστε να είναι ευανάγνωστες όχι μόνο από εσάς αλλά και από τρίτους.



Παρακάτω δίνεται μια λίστα στοιχείων τα οποία θα πρέπει να καταγράφετε στο logbook σας:

1. Πριν χρησιμοποιήσετε το logbook, αριθμήστε όλες τις σελίδες του αν δεν είναι ήδη αριθμημένες.
2. Στη πρώτη σελίδα γράψτε το όνομά σας, αριθμό ταυτότητας, και το μάθημα για το οποίο χρησιμοποιείται το logbook καθώς και την περίοδο που το χρησιμοποιείτε. Θα πρέπει να αφήσετε 2 σελίδες καινές πριν αρχίσετε να καταγράφετε διάφορες πληροφορίες.
3. Αν γεμίσει θα πρέπει να αριθμήσετε το αρχικό logbook πριν αρχίσετε να καταγράφετε σε ένα καινούργιο. Θα πρέπει επίσης να γράψετε την χρονική περίοδο που καλύπτει το συγκεκριμένο logbook. Έτσι θα μπορείτε αργότερα να ανατρέξετε σε κάποια πληροφορία ανάλογα με την χρονολογία.

Οδηγίες για το τι καταγράφετε και τον τρόπο που καταγράφεται κάποια πληροφορία

1. Η ημερομηνία και ώρα κάθε νέας καταγραφής.
2. Τα αρχικά του προσώπου που κάνει την καταγραφή
3. Περιγραφικές επικεφαλίδες, τίτλοι και υπότιτλοι γραφημάτων και πινάκων
4. Λίστα των οργάνων μέτρησης που χρησιμοποιούνται (όνομα οργάνου, κατασκευαστής, μοντέλο, σειριακός αριθμός), και συναφείς προσδιορισμοί όπως ακρίβεια, όρια σωστής λειτουργίας, συνθήκες λειτουργίας.
5. Σχεδιαγράμματα της πειραματικής διάταξης, ηλεκτρονικά διαγράμματα με όλα τα επιμέρους τμήματα κατάλληλα καταγραμμένα.
6. Παρατηρούμενα δεδομένα. Γράφετε τις μετρήσεις σας άμεσα. Αυτό ελαχιστοποιεί το κίνδυνο σύγχυσης κάποιων αριθμών. Επίσης ποτέ μην αντιγράφετε από πρόχειρες σελίδες ή αποκόμματα σελίδων. Οργανώστε τα δεδομένα σας σε ωραίους πίνακες αφήνοντας αρκετό διάστημα για διορθώσεις και βοηθητικές σημειώσεις. Συμβολισμοί και ακρωνύμια κάθε στήλης θα πρέπει να συμπίπτουν με ότι έχετε καταγράψει στο διάγραμμα της διάταξης, στις εξισώσεις σας και οποιαδήποτε παραπομπή έχετε στη συζήτηση του πειράματός σας. Όταν είναι δυνατό αναγνωρίστε το ακριβές όργανο μέτρησης που χρησιμοποιήθηκε. Διαγράψτε οποιαδήποτε λάθος δεδομένο. Αν έχετε πολλές λάθος μετρήσεις σε ένα πίνακα είναι προτιμότερο να διαγράψετε το πίνακα με ένα μεγάλο X και να τον ξαναγράψετε με τις σωστές μετρήσεις. Ανάλογα μπορείτε να κάνετε και για μια ολόκληρη σελίδα. Αν πάλι σε σας αρέσει κάτι τέτοιο από αισθητικής άποψης μπορείτε να γράψετε στο τέλος της σελίδας ότι η σελίδα αυτή έχει διαγραφεί.  
**Ποτέ μη σχίζετε τη σελίδα.**
7. Υπολογίστε διάφορες ποσότητες και βρείτε διάφορα αποτελέσματα που σας ζητούνται. Πάντοτε υπογραμμίστε ή βάλτε σε ένα τετράγωνο το αποτέλεσμα που υπολογίσατε.
8. Δειγματοληπτικοί υπολογισμοί. Δεν χρειάζεται να κάνετε όλους τους υπολογισμούς αλλά πάντοτε καταγράψτε μερικούς από αυτούς. Αν χρειαστεί να κάνετε τους ίδιους υπολογισμούς αργότερα, τα παραδείγματα υπολογισμών που καταγράψατε θα σας βοηθήσει να κερδίσετε χρόνο.
9. Γραφικές παραστάσεις. Σχεδιάστε τα δεδομένα που έχετε στους πίνακες σε καμπύλες όποτε είναι δυνατό.
  - Χρησιμοποιούμε τον όρο “καμπύλη” για να αναπαραστήσουμε μετρήσεις ή δεδομένα σχεδιασμένα με μια συνεχή γραμμή η οποία περνά διαμέσου των

σημείων αυτών. Ο όρος καμπύλη χρησιμοποιείται ακόμα και για ευθείες γραμμές.

- Σημαντικά δεδομένα ή σημεία που προέρχονται από υπολογισμούς μπορεί να χρειάζονται να γίνουν σε ειδικά μετρικά φύλλα όπως χιλιοστρομετρικό ή λογαριθμικό ή ημιλογαριθμικό χαρτί το οποίο και θα πρέπει να επικολληθεί μόνιμα στο logbook στην κατάλληλη σελίδα. Αποφύγετε να χρησιμοποιήσετε κολλητική ταινία μια και με το χρόνο καταστρέφεται. Χρησιμοποιήστε μια λεπτή στρώση κόλλας. Με το ίδιο τρόπο θα πρέπει να επικολλάτε διαγράμματα ή φωτογραφίες.

10. Γραφικές παραστάσεις: Όλα τα γραφήματα (και γραφικές παραστάσεις) πρέπει να έχουν ένα περιγραφικό τίτλο και κάθε άξονας θα πρέπει να είναι ονοματισμένος σύμφωνα με το φυσικό μέγεθος το οποίο αντιστοιχείτε, το αντίστοιχο σύμβολο του μεγέθους και τις αντίστοιχες μονάδες μέτρησης (π.χ. Δύναμη,  $F$  (Nt)). Επιλέξτε το μέγεθος της κλίμακας έτσι ώστε κάποιος τρίτος να μπορεί να διαβάσει τις τιμές των μεγεθών από τις καμπύλες τουλάχιστον με την ίδια πιστότητα όπως η πιστότητα των μετρήσεων. Σχεδιάστε τα σημεία των δεδομένων σας πολύ μικρά και κάντε τα πιο εμφανή με το σχεδιασμό ενός κύκλου γύρω από κάθε σημείο. Όταν θέλετε να δείξετε αρκετές καμπύλες στο ίδιο διάγραμμα τότε είναι προτιμότερο να ομαδοποιήσετε σημεία που αναφέρονται σε μια σειρά μετρήσεων με ένα σύμβολο (π.χ. τετράγωνο είτε κύκλος είτε τρίγωνο ή αστεράκι) και μετρήσεις μιας άλλης σειράς μετρήσεων με διαφορετικό σύμβολο. Αν υπάρχουν διαφορετικές καμπύλες τότε σχεδιάστε τη μια καμπύλη σε συνεχή γραμμή και τις άλλες είτε σαν σημειακά διακεκομμένες γραμμές (.....) ή διακεκομμένες με μεγάλα διαστήματα ( - - - -). Πάντοτε χρησιμοποιείτε το σύμβολο της καμπύλης ή των δεδομένων σας σε κάποιο χώρο του διαγράμματός σας για να δηλώσετε σε τι αντιστοιχεί το συγκεκριμένο σύμβολο ή καμπύλη.
11. Κρατήστε σημειώσεις ή εξηγήσεις οι οποίες είναι απαραίτητες για την ενδεδειγμένη λειτουργία του πειράματος ή για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Αυτό μπορεί να περιέχει και τη δική σας ερμηνεία και εξήγηση για το πώς ξεπεράσατε κάποιες δυσκολίες που συναντήσατε κατά την διάρκεια της πειραματικής μέτρησης.
12. Θα πρέπει να επαναλάβετε τις ερωτήσεις που σας τέθηκαν καθώς και τις απαντήσεις σας.

Ένας αναγνώστης δεν αναμένει διαβάζοντας το logbook σας να δει μια συμπυκνωμένη και όμορφα γραμμένη έκθεση με όλους τους υπολογισμούς και επεξηγήσεις των αποτελεσμάτων σας από το πείραμα που εκτελέσατε, αλλά θα αναμένει να βρει αρκετές αποδείξεις ώστε να προσδιορίσει το τι κάνατε, πως το κάνατε και τι αποτελέσματα πήρατε.