

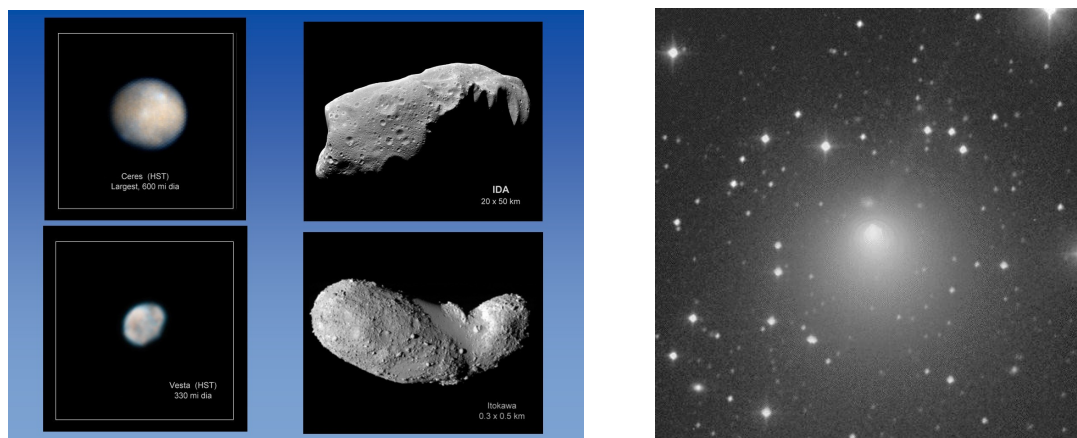


Τα μετέωρα και πώς τα παρατηρούμε

Απόστολος Χρήστου¹, Γρηγόρης Μαραβέλιας^{2,3,4} Βαγγέλης Τσάμης^{5,6}

1. Μετεωροειδή και Μετέωρα: Σύντομη επισκόπηση

Κάθε χρόνο, είκοσι έως σαράντα χιλιάδες τόνοι υλικού εξωγήινης προέλευσης εισέρχονται στη γήινη ατμόσφαιρα. Είναι τα μετεωροειδή, τα οποία ποικίλουν σε μέγεθος από λίγα μικρά (μm) – η μεγάλη τους πλειοψηφία - έως και δεκάδες μέτρα, ενίοτε. Η συνολική μάζα των προσπιπτόντων μετεωροειδών που έχουν διάμετρο από 1/10 του χιλιοστόμετρου έως περίπου ένα μέτρο, υπολογίζεται ότι είναι 1.000 τόνοι ετησίως. Στην ατμόσφαιρα εισέρχονται με ταχύτητες από 11 km/sec έως περίπου 72 km/sec και κατά συνέπεια πυρακτώνονται λόγω τριβής και εξαερώνονται ολοκληρωτικά, συνήθως σε ύψος 80 έως 120 km πάνω από την επιφάνεια της Γης. Καθώς η αέρια φάση φθάνει σε θερμοκρασίες πολλών χιλιάδων βαθμών Kelvin, προκαλείται το φαινόμενο του φθορισμού κατά μήκος της τροχιάς τους και είναι αυτή ακριβώς η φωταύγεια που ονομάζουμε μετέωρο ή διάττοντα αστέρα ή, παραδοσιακά, «πεφταστέρι». Στα ταχέως κινούμενα μετέωρα το φωτεινό ίχνος συνήθως παραμένει ορατό για κάποιο χρονικό διάστημα, το οποίο μπορεί να ποικίλει από μικρότερο του δευτερολέπτου έως και αρκετά λεπτά σε μερικές περιπτώσεις.



Εικόνα 1.1 Αριστερά: Φωτογραφίες τεσσάρων αστεροειδών, από τον πολύ μεγάλης διαμέτρου Δήμητρα (1 Ceres) ως τον πολύ μικρό Ιτοκάβα (25143 Itokawa).

Δεξιά: Φωτογραφία του περιοδικού κομήτη 2P/Encke, από τον Jim Scotti, κατά τη διάρκεια της παρατηρησιακής περιόδου κοντά στην αντίθεσή του το 1994.

Πηγή: <http://neo.jpl.nasa.gov/images/encke.html>

¹ Armagh Observatory, College Hill, Armagh BT61 9DG, UK. Email: aac@arm.ac.uk, Webpage: www.arm.ac.uk

² Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Κρήτης, 71003, Ηράκλειο. Email: gr.maravelias@gmail.com, Webpage: astro.physics.uoc.gr

³ Σύλλογος Ερασιτεχνικής Αστρονομίας. Webpage: www.hellas-astro.gr

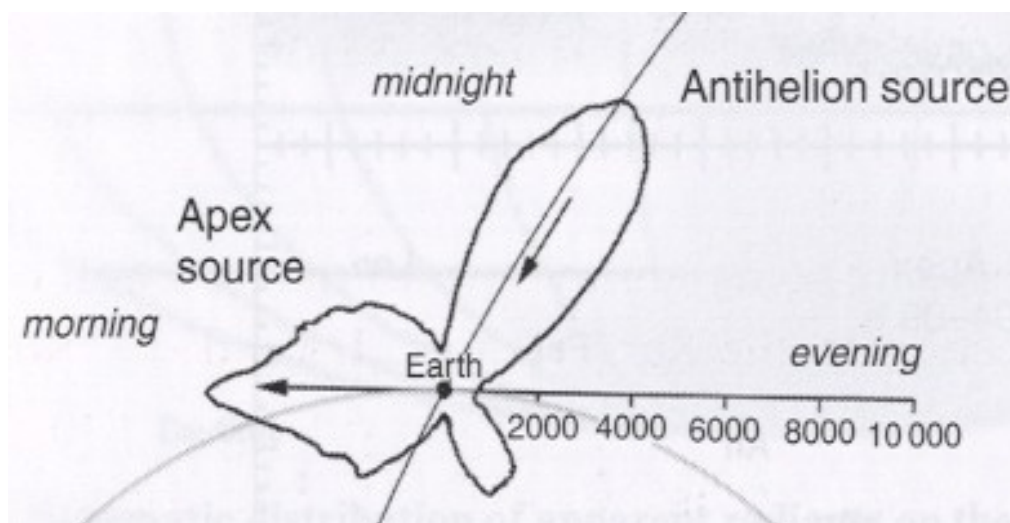
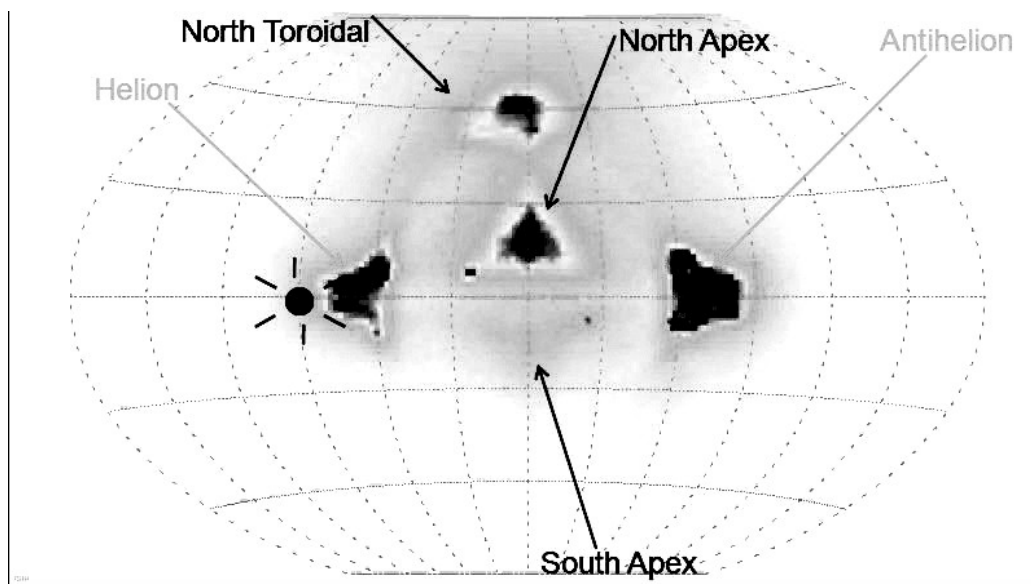
⁴ International Meteor Organisation. Webpage: www.imo.net

⁵ Αστρονομική Ένωση Σπάρτης, Email: vtsamis@aegean.gr, Webpage: www.spartastronomy.gr/astroteams/meteors

⁶ International Occultation Timing Association /European Section. Webpage: www.iota-es.de

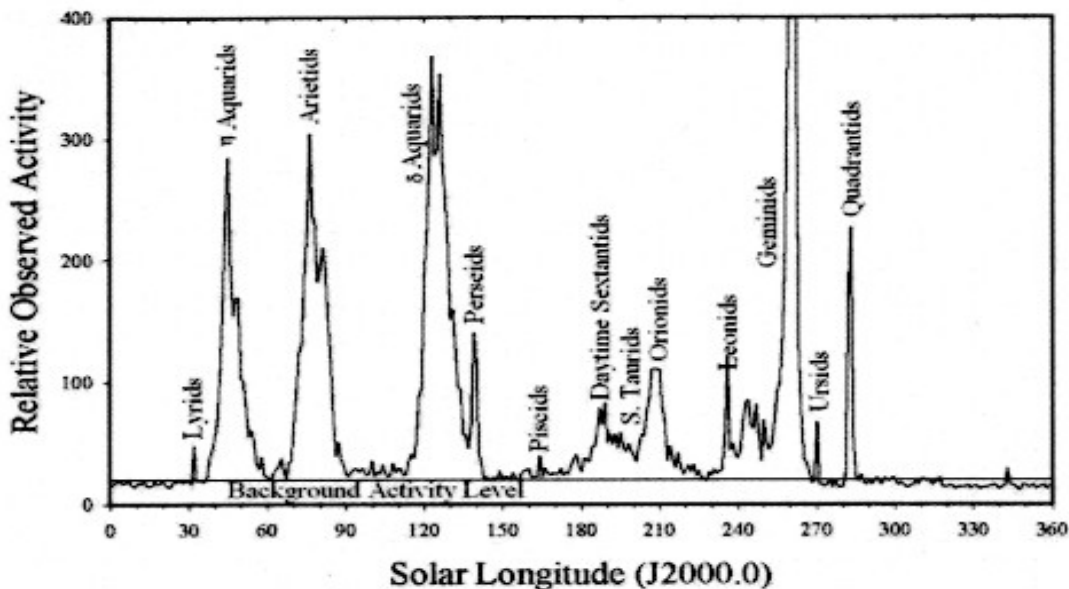
Τα μετεωροειδή, πηγή των μετεώρων, προέρχονται είτε από κομήτες είτε από αστεροειδείς (Εικ. 1.1). Γενικά ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες, τα σποραδικά μετεωροειδή και τα μετεωροειδή που σχετίζονται με συγκεκριμένες βροχές μετεώρων.

Η ροή των σποραδικών μετεωροειδών, τα οποία αποτελούν το 90% της συνολικής ροής, είναι γενικά σταθερή στη μονάδα του χρόνου. Τα αντίστοιχα μετέωρα που παράγουν (σποραδικά μετέωρα) φαίνεται να πηγάζουν κάθε φορά από διακριτές περιοχές του ουρανού, κυρίως κοντά στην εκλειπτική (Εικ. 1.2). Αυτές είναι: η περιοχή του άπηγος ή κορύμβου (apex), του αντάπηγος (antapex), η περιοχή του προσηλίου (helion), του αντηλίου (antihelion) και η περιοχή του τοροειδούς ή δακτυλιοειδούς (toroidal). Από τις περιοχές του αντηλίου και του προσηλίου φαίνεται να πηγάζουν τα 2/3 της συνολικής ροής μετεώρων μέσης ταχύτητας (10-40 km/sec), ενώ από τις περιοχές του άπηγος και του αντάπηγος προέρχεται το 20% των ταχέως κινουμένων (~ 60 km/sec) σποραδικών μετεώρων. Πρόσφατες έρευνες συνηγορούν στο συμπέρασμα ότι η πλειοψηφία των σποραδικών μετεωροειδών προέρχεται από κομήτες μάλλον, παρά από αστεροειδείς.



Εικόνα 1.2: Πάνω: Χάρτης με τις κύριες περιοχές προέλευσης σποραδικών μετεωροειδών, σε σχέση με τις εκλειπτικές συντεταγμένες και αναφορικά με τη θέση του Ήλιου (δίσκος με ακτίνες). Πηγή: Ιστοσελίδα Meteor Physics, Dept of Physics and Astronomy, University of Western Ontario. (http://aquarid.physics.uwo.ca/research/radar/cmor_results.html)

Κάτω: Διάγραμμα που δείχνει την φαινόμενη προέλευση των σποραδικών μετεώρων από ένα παρατηρητή στην επιφάνεια της Γης, κατά τη διάρκεια ενός ημερονυκτίου. Τα περισσότερα εμφανίζονται κατά το μεσονύκτιο (όποτε και μεσουρανάει η πηγή του αντιηλίου) καθώς και την περίοδο λίγο πριν την ανατολή του Ηλίου (όποτε και μεσουρανάει η πηγή του άπηγος). Λεπτομέρεια από την Εικόνα 28.1 του βιβλίου “Meteor Showers and their Parent Comets” (Peter Jenniskens, Cambridge University Press, 2006).



Εικόνα 1.3. Η δραστηριότητα των κύριων βροχών μετεώρων ως συνάρτηση του εκλειπτικού μήκους του Ήλιου για έναν παρατηρητή στη Γη. Οι 0 μοίρες αντιστοιχούν στην εαρινή ισημερία (21^η Μαρτίου), οι 90 μοίρες αντιστοιχούν στο θερινό ηλιοστάσιο (21^η Ιουνίου) κλπ. Πηγή: Campbell-Brown, M. G., *Earth, Moon & Planets*, 95, 521, 2004.

Τα μετεωροειδή που σχετίζονται με βροχές μετεώρων παρουσιάζουν, στη συνολική ροή, υψηλά ποσοστά γένεσης λαμπρών μετεώρων ($0^m - 4^m$), σε συγκεκριμένες ημερομηνίες στη διάρκεια του έτους (Εικ. 1.3). Η χωρική κατανομή τους στο Ηλιακό Σύστημα έχει τη μορφή μακρόστενων ρευμάτων (ποταμών) ύλης, άμεσα σχετιζόμενων με τις συνθήκες δημιουργίας τους και την εξελικτική τους πορεία. Έτσι διατηρείται ως «ζωντανή μνήμη» η συγγενική τους σχέση με τον μητρικό κομήτη. Επειδή αυτά τα μετεωροειδή ακολουθούν παραλληλες πορείες όταν συναντήσουν τη Γη, φαίνονται ως να προέρχονται από ένα συγκεκριμένο ακτινοβόλο σημείο (radiant point) στον ουρανό (Εικ. 1.4).



Εικόνα 1.4. Απεικόνιση του ακτινοβόλου σημείου των Δρακοντίδων του Οκτωβρίου (October Draconids) κατά τη διάρκεια του καταιγισμού του 1933.

Επιπλέον, οι τεχνικές προσομοίωσης βροχών μετεώρων με υπολογιστή (meteor shower modeling) έχουν σήμερα αναπτυχθεί τόσο πολύ, ώστε να μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια ο χρόνος παρέλευσης από τη γένεση των μετεωροειδών από το μητρικό σώμα μέχρι και τη συνάντησή τους με τη Γη, καθώς και η χρονική στιγμή της συνάντησης ρεύματος και Γης, γεγονός που καθιστά πλέον δυνατή την έμπειρη και καίρια προετοιμασία για την επισκόπηση τους. Το τελευταίο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στην περίπτωση εξάρσεων (outbursts), κατά τη διάρκεια των οποίων ο ρυθμός εμφάνισης μετεώρων ανά ώρα (Zenithal Hourly Rate ή ZHR) μπορεί να φτάσει τις μερικές χιλιάδες.

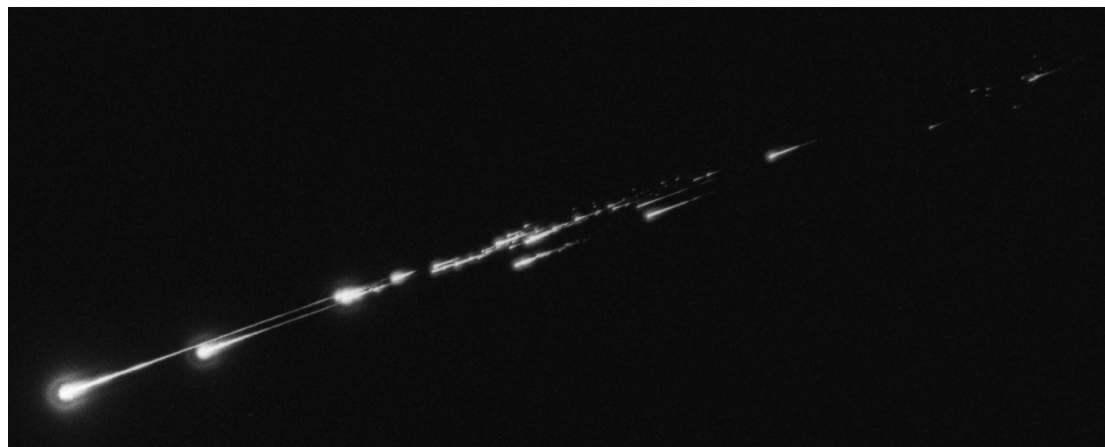
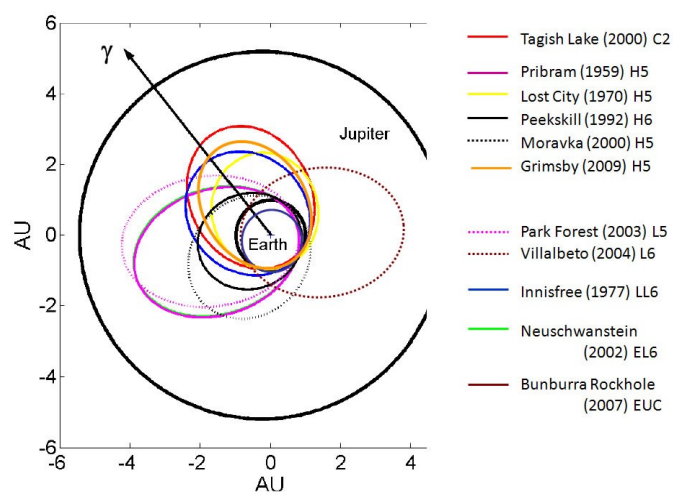
Πρόσφατες περιπτώσεις τέτοιων καταιγισμών από μετέωρα (meteor storms) ήταν οι Λεοντίδες του 1999 και 2001.

2. Γιατί παρατηρούμε τα μετέωρα

Κάποιος είχε αποκαλέσει τα μετέωρα: «το διαστημόπλοιο του φτωχού για αστεροειδείς και κομήτες». Οι συστηματικές παρατηρήσεις βροχών διαττόντων, όπου ο μητρικός κομήτης είναι ενίοτε γνωστός, μας πληροφορούν για: (α) τις ιδιότητες των κόκκων του κομητικού υλικού (β) πότε και πώς τα μετεωροειδή αποβλήθηκαν από το μητρικό κομήτη, εάν έχουν υποστεί αλλοιώσεις εξαιτίας της παρατεταμένης παραμονής τους στο διάστημα και (γ) τη μεταβολή και διακύμανση της δραστηριότητας του μητρικού κομήτη καθώς και της τροχιάς του, προϊόντος του χρόνου, ακόμα και το χρονικό διάστημα πριν την ανακάλυψή του. Μια λεπτομερής μελέτη

της ποικιλομορφίας των κομητών η οποία θα προέκυπτε από in situ παρατηρήσεις από κάποιες διαστημοσυσκευές σε «ραντεβού» με κομήτες στο διάστημα, και κόστους μερικών εκατοντάδων εκατομμυρίων δολλαρίων η κάθε μία, είναι δυνατόν να επιτευχθεί εξίσου καλά μέσω της ανάλυσης δεδομένων από επίγειες παρατηρήσεις μετεώρων, με σημαντικά μικρότερο, σχεδόν αμελητέο, συγκριτικά, κόστος.

Σε κάποιες περιπτώσεις, παρατηρήσεις αργών και αρκετά λαμπρών ($< -15^m$) βολίδων (fireballs) μπορούν να οδηγήσουν στον εντοπισμό και τη συλλογή μετεωριτών και τον υπολογισμό της ακριβούς τροχιάς τους γύρω από τον Ήλιο (Εικ. 2.1). Με τη διεξοδική μελέτη ενός μετεωρίτη στο εργαστήριο μπορεί να εξαχθούν συμπεράσματα για τον τύπο του αστεροειδούς από τον οποίο προήλθε (Σημείωση: οι κομήτες δεν παράγουν μετεωρίτες διότι το υλικό τους είναι, κατά κανόνα, χωρίς συνοχή και εύκολα κατακερματίζεται κατά την είσοδο στην ατμόσφαιρα).



Εικόνα 2.1. Πάνω αριστερά: Υπολογισμός τροχιάς για βολίδες που κατέπεσαν ως μετεωρίτες. Όλοι έχουν το απήλιό τους στη ζώνη αστεροειδών. Το βέλος υποδεικνύει την κατεύθυνση του Πρώτου Σημείου του Κριού (γ). Πάνω δεξιά: Ένα θραύσμα του μετεωρίτη του Peekskill (1992), δίπλα στο αυτοκίνητο πάνω στο οποίο εξοστρακίστηκε μετά από την πρόσπτωσή του στο έδαφος. Κάτω: Φωτογραφία της βολίδας του Peekskill (1992) που δείχνει τη διάσπασή του, εν πτήσει, σε πολλαπλά θραύσματα. Πηγή: Ιστοσελίδα Meteor Physics, Dept of Physics and Astronomy, University of Western Ontario (<http://aquarid.physics.uwo.ca>)

3. Μέθοδοι παρατήρησης

Τα μετέωρα αφήνουν ίχνη σε ένα μεγάλο μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, από τα ραδιοκύματα μέχρι το υπεριώδες. Συνεπώς οι μέθοδοι παρατήρησής τους είναι πολλές και ποικίλες. Στο οπτικό μέρος του φάσματος προσφέρονται: η οπτική (με γυμνό μάτι), η φωτογραφική, η παρατήρηση video και η φασματογραφική (spectroscopic) παρατήρηση.

Η *συστηματική* οπτική παρατήρηση και καταγραφή μετεώρων είναι μια απο τις παλαιότερες μεθόδους παρατήρησης και καταγραφής μετεωρικής δραστηριότητας, χρησιμοποιείται δε ακόμα και σήμερα για ερευνητικούς σκοπούς στον κλάδο της μετεωρικής αστρονομίας (meteor astronomy). Η κυρίως δυσκολία αυτής της μεθόδου έγκειται στο ότι η διαδικασία της μετατροπής του ματιού σε επιστημονικό όργανο χρειάζεται μεγάλα αποθέματα υπομονής, επιμονής και αυτοπειθαρχίας, ενώ ο χρόνος προετοιμασίας για την κάθε εξόρμηση για παρατήρηση είναι σχετικά μεγάλος (βλ. 4.1.1). Παρόλα αυτά, τακτικές ομαδικές παρατηρήσεις δηλώνονται μετά από κάθε σημαντική βροχή διαττόντων, από οργανισμούς όπως η Ολλανδική Μετεωρική Εταιρεία (Dutch Meteor Society).

Η *φωτογραφική* παρατήρηση γίνεται συνήθως με άνοιγμα του διαφράγματος φωτογραφικής μηχανής για χρονικό διάστημα που κυμαίνεται από μερικές δεκάδες λεπτά μέχρι μερικές ώρες.



Εικόνα 3.1. Πάρνωνας, Αύγουστος 2009. Φωτογραφία λαμπρού Περσειίδα από την κάμερα SPOSH, με περιστρεφόμενο διάφραγμα, με φόντο το ορειβατικό καταφύγιο του ΕΟΣ Σπάρτης. Φωτογραφία: Stefan Elgner, DLR, ESA/RSSD Meteor Research Group.

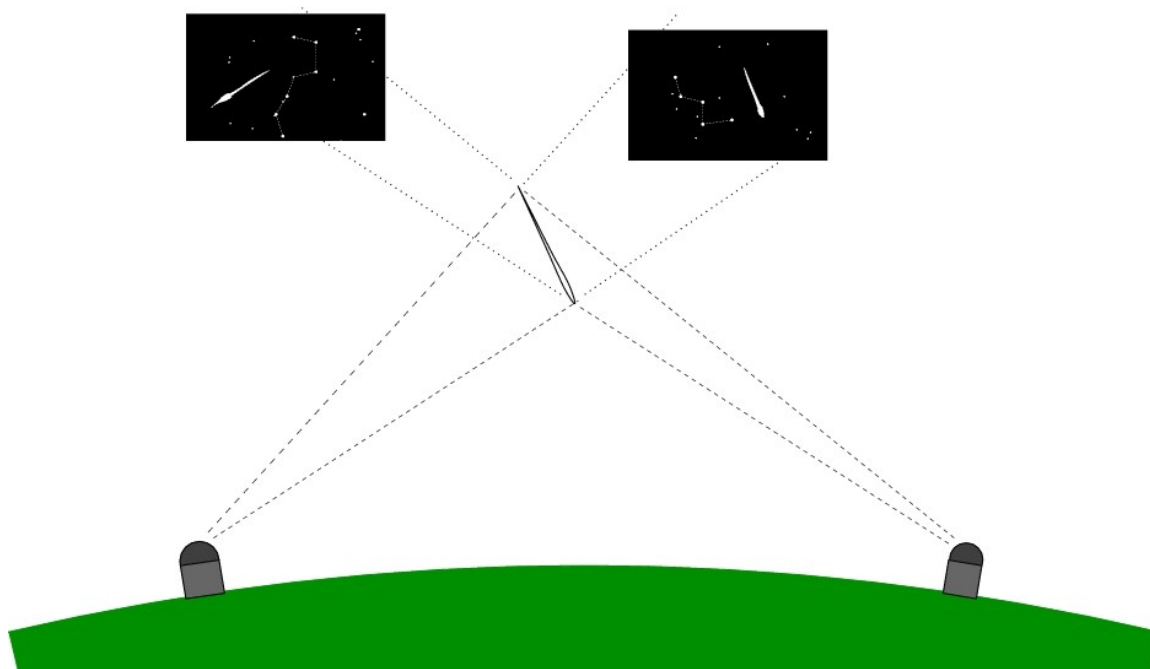
Πηγή: <http://www.spartastronomy.gr/astroteams/meteors>

Προσφέρει την ευκολία ότι δεν απαιτείται η χρήση οδηγητή (drive) αλλά, από την άλλη μεριά, η μετέπειτα επεξεργασία του φίλμ χρειάζεται προσοχή και καλό είναι να γίνεται από τον ίδιο



τον φωτογράφο. Αυτή η διαδικασία βέβαια αναιρείται αν κάποιος έχει στη διάθεσή του ψηφιακή κάμερα Single Lens Reflex (DSLR). Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα που προσφέρει αυτή η μέθοδος είναι η υψηλή διακριτικότητα της επιφάνειας του αισθητήρα (φίλμ ή CCD). Δεν μπορεί να δώσει όμως πληροφορίες για την ταχύτητα του διάττοντα, εκτός και αν τοποθετηθεί περιστρεφόμενο διάφραγμα (rotating shutter) μεταξύ της κάμερας και του διάττοντα (Εικ. 3.1).

Η *video* παρατήρηση διαττόντων είναι μια από τις πιο πρόσφατες μεθόδους. Μοιάζει σε πολλά σημεία με την φωτογραφική, ωστόσο διαφέρει λόγω της ικανότητας του *video* να καταγράψει τη μετατόπιση του διάττοντα στη μονάδα του χρόνου, και συνεπώς την ταχύτητά του. Για αυτό το λόγο, είναι πολύ διαδεδομένη μέθοδος σε προσπάθειες διπλοσταθμικής ή πολυσταθμικής καταγραφής διαττόντων (double station ή multi station) όπου, μέσω τριγωνισμού, προσδιορίζονται τα τρισδιάστατα διανύσματα θέσης και ταχύτητας στο χώρο, και επομένως η τροχιά του πρόγονου μετεωροειδούς γύρω από τον Ήλιο (Εικ. 3.2).



Εικόνα 3.2 Επεξηγηματική απεικόνιση της αρχής που διέπει τη διπλοσταθμική / πολυσταθμική παρατήρηση. Το μετέωρο καταγράφεται σε διαφορετικό αστρικό πεδίο από κάθε σταθμό, γεγονός που κάνει δυνατό τον τριγωνισμό του.

Τέλος, η *φασματογραφική* παρατήρηση διαττόντων (meteor spectroscopy) είναι μια από τις πιο αποδοτικές ως προς την ποιότητα και την επιστημονική αξία των δεδομένων. Συνδιάζεται με την φωτογραφική καταγραφή ή την καταγραφή *video*, όπου τοποθετείται ένα πρίσμα ή διάφραγμα (grating) μπροστά από το οπτικό σύστημα. Δεν αποδίδει όμως ως προς την *ποσότητα* των δεδομένων, αφού το πρίσμα / διάφραγμα συνήθως καλύπτει ένα μικρό μέρος του οπτικού πεδίου και, επιπρόσθετα, καταγραφή ενός καλής ποιότητας φάσματος προϋποθέτει τη διάβαση ενός λαμπρού μετεώρου από το πεδίο της φασματογραφικής διάταξης.

Στα παρακάτω εργαστήρια περιοριζόμαστε στις εξής δύο μεθόδους: στην οπτική παρατήρηση και στην παρατήρηση *video*.



4. Εργαστήρια

4.1 Οπτική Παρατήρηση

Η οπτική παρατήρηση αποτελεί έναν εύκολο και ταυτόχρονα σημαντικό τρόπο συμβολής στη μετεωρική αστρονομία. Ουσιαστικά δεν απαιτείται εξοπλισμός (ό,τι και αν χρησιμοποιήσουμε, απλά βελτιώνουμε την άνεσή μας) αλλά απαιτείται μια συστηματική προσπάθεια για να κερδηθεί εμπειρία, με αποτέλεσμα τη διεξαγωγή των παρατηρήσεων πιο εύκολα και ευχάριστα. Σκοπός αυτής της παραγράφου είναι να παρουσιάσει τα βασικά συστατικά που χρειαζόμαστε για την προετοιμασία και την καταγραφή των διαττόντων καθώς και το πώς γίνεται η αναφορά των αποτελεσμάτων. Η διαδικασία μπορεί να φανεί λίγο στρυφνή στην αρχή, αλλά είναι απαραίτητη ώστε τα στοιχεία που συγκεντρώνονται να είναι επαρκή για την σύγκριση των παρατηρήσεων μεταξύ παρατηρητών υπό διαφορετικές συνθήκες, σε όλο τον κόσμο και σε οποιαδήποτε στιγμή (ή και εποχή ακόμη – οι πρώτες παρατηρήσεις αναφέρονται από τους Κινέζους, 4 χιλιάδες χρόνια πριν!).

Υπάρχουν δύο μεθοδολογίες οπτικής καταγραφής διαττόντων, η καταμέτρηση (counting) και η σχεδίαση (plotting). Η δεύτερη είναι λίγο πιο πολύπλοκη από την απλή καταμέτρηση και απαιτεί ειδικούς χάρτες (γνωμονικούς Βηρο) όπου σχεδιάζονται όλοι οι διάττοντες ένας-ένας με επιπλέον στοιχεία. Αυτό φυσικά μπορεί να γίνει όταν οι αριθμοί είναι χαμηλοί. Η καταμέτρηση ωστόσο είναι εφαρμόσιμη σε όλες τις περιπτώσεις, ιδίως στις μεγάλες βροχές, και απαιτεί την καταγραφή λιγότερων στοιχείων. Οπότε επιλέγουμε αυτή σαν την προτιμότερη μέθοδο για να παρουσιαστεί αναλυτικότερα.

4.1.1 Προετοιμασία πριν την παρατήρηση:

Είναι σημαντικό να είμαστε καλά προετοιμασμένοι για την παρατήρηση. Για αυτό απαιτείται μια προετοιμασία στο σπίτι πρώτα, η επιλογή του απαραίτητου εξοπλισμού και της κατάλληλης θέσης για την παρατήρηση.

Προετοιμασία στο σπίτι σημαίνει μελέτη των συνθηκών της νύχτας παρατήρησης, των βροχών που είναι ενεργών εκείνο το διάστημα και της περιοχής του ουρανού που μας ενδιαφέρει. Καθοριστικός παράγοντας οργάνωσης κάθε παρατήρησης είναι ο διαθέσιμος χρόνος, καθώς χωρίς αυτόν προφανώς δεν μπορεί να υπάρξει καμία παρατήρηση. Άρα στο σχεδιασμό νύχτας θα λάβουμε υπόψιν μας πόσο χρόνο για παρατήρηση έχουμε (το ελάχιστο χρήσιμο διάστημα είναι μια ώρα “ενεργού χρόνου”, βλ. παρακάτω) και φυσικά πόσο χρόνο θέλουμε για μετακίνηση. Το τελευταίο είναι μάλλον αναγκαίο (όχι απόλυτο όμως!) μια και οι διάττοντες απαιτούν γενικά σκοτεινό ουρανό (όσο πιο αμυδροί είναι οι διάττοντες τόσο πιο πολυάριθμοι είναι, οπότε όσο πιο σκοτεινό ουρανό έχουμε τόσο περισσότερους διάττοντες θα βλέπουμε).

Προφανώς η μετακίνηση μπορεί να συνδυαστεί με παρέα σε κάποια μορφή εξόρμησης (είναι σίγουρα πιο διασκεδαστικό από το να είναι κανείς μόνος του!) αλλά χρειάζεται προσοχή στην καταγραφή. Αν όλη η παρέα καταγράφει διάττοντες τότε το κάθε μέλος της κρατάει ξεχωριστά την παρατήρησή του καθώς διαφορετικοί άνθρωποι σημαίνει διαφορετικές ευαισθησίες άρα και διαφορετικά αποτελέσματα.

Στο σχεδιασμό της παρατήρησης λαμβάνουμε σοβαρά υπόψιν την Σελήνη. Η παρουσία της Σελήνης, ανάλογα με την φάση της, μπορεί να είναι καταλυτική στον αριθμό διαττόντων που βλέπουμε. Η Πανσέληνος μπορεί να μειώσει ως και 10 φορές τον αριθμό αυτό, οπότε καλό είναι να προτιμούνται οι πιο σκοτεινές νύκτες (10 μέρες γύρω από την Νέα Σελήνη).



Διαφορετικά, προσπαθούμε να παρατηρούμε όταν η Σελήνη είναι κάτω από τον ορίζοντα ή πολύ χαμηλά. Αν πάλι δεν έχουμε καμία άλλη επιλογή, τότε αποφεύγουμε να κοιτάμε προς την κατεύθυνσή της, δηλαδή στοχεύουμε στα πιο σκοτεινά σημεία του ουρανού.

Αφού αποφασιστεί η κατάλληλη νύχτα (ή νύχτες) ενημερωνόμαστε [1,2] για το ποιες βροχές είναι ενεργές. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της κάθε βροχής επιλέγουμε αν θα την παρακολουθήσουμε ή όχι. Σημαντικά στοιχεία είναι το ακτινοβόλο σημείο (Α.Σ., radiant), δηλαδή το σημείο στον ουρανό από το οποίο φαίνεται να προέρχονται οι διάττοντες, και ο ρυθμός εμφάνισης μετεώρων ανά ώρα (ZHR, Zenithal Hourly Rate), που δείχνει πόσους διάττοντες ανά ώρα θα ήταν ορατοί αν το Α.Σ. ήταν στο ζενίθ και είχαμε τέλειες συνθήκες (μηδενικά εμπόδια και τέλεια σκοτεινό ουρανό – ελάχιστο μέγεθος 6.5). Ανάλογα με τις συντεταγμένες του Α.Σ. στον ουρανό μπορούμε να αποκλείσουμε αμέσως τις βροχές που δεν μπορούμε να δούμε καθόλου (για παράδειγμα αυτές των οποίων οι συντεταγμένες δεν φαίνονται από την τοποθεσία παρατήρησης) ή που το Α.Σ. δεν ανεβαίνει σημαντικά στον ουρανό. Το ύψος του Α.Σ. αποτελεί επίσης καθοριστικό παράγοντα της δραστηριότητας που θα δούμε τελικά. Έχοντας ιδανικές συνθήκες τότε αν το Α.Σ. βρίσκεται στο ζενίθ (90 μοίρες από τον ορίζοντα) θα μας δώσει την μέγιστη δυνατή δραστηριότητα (δηλαδή το ZHR), έστω π.χ. 100 διάττοντες την ώρα, ενώ αν είναι στις 50 μοίρες θα φανούν 77 διάττοντες, αν είναι στις 30 μοίρες θα φανούν 50 και αν είναι 10 μοίρες θα φανούν μόνο 17 διάττοντες. Οπότε η δραστηριότητα που βλέπουμε εξαρτάται από το ύψος του ακτινοβόλου σημείου, που σημαίνει ότι εξαρτάται από την ώρα που θα παρατηρήσουμε. Έτσι, όταν σχεδιάζουμε την παρατήρησή μας βρίσκουμε τι ώρα το ακτινοβόλο σημείο μας βρίσκεται σε κατάλληλο ύψος παρατήρησης. Για διάφορους λόγους, το κατάλληλο ύψος για να ξεκινήσει κανείς είναι 20 μοίρες από τον ορίζοντα (αν οι συνθήκες το απαιτούν μπορεί να γίνει και παρατήρηση και κάτω από αυτό το νούμερο, αλλά όχι και όταν το ακτινοβόλο σημείο είναι κάτω από τον ορίζοντα, καθώς τότε δεν βλέπουμε τίποτα).

Γίνεται επιλογή των βροχών στις οποίες θα εστιάσουμε ανάλογα με την ώρα παρατήρησης (ύψος Α.Σ.) και με την δραστηριότητα, δηλαδή το ZHR. Όσο πιο μεγάλο είναι τόσο πιο πιθανό να δούμε διάττοντες από την συγκεκριμένη βροχή. Οι πρώτες προσπάθειες καλό είναι να γίνονται με βροχές που παρουσιάζουν μεγάλες τιμές ZHR (>20) ώστε να υπάρχουν αφ' ενός αρκετοί διάττοντες για εξάσκηση και αφ' ετέρου για να μην απογοητευτεί κανείς εύκολα (μια καλή ευκαιρία είναι οι Περσείδες!). Έτσι αρχικά κανείς μπορεί να αποκλείσει εύκολα βροχές με $ZHR < 2$ διάττοντες την ώρα και να συμπεριλαμβάνει περισσότερες σιγά σιγά μετά από κάποια εμπειρία.

Ταυτόχρονα με την μελέτη των Α.Σ. των βροχών μελετάμε την περιοχή του ουρανού που θα παρατηρήσουμε. Δηλαδή διαλέγουμε κάποια άστρα τα οποία μπορούμε να αναγνωρίσουμε εύκολα στο πεδίο και απομνημονεύουμε τα μεγέθη τους (με μια διασπορά από -1 ως +7 ή λιγότερο ανάλογα με την ποιότητα του ουρανού) για να μπορούμε να συγκρίνουμε τους διάττοντες με αυτά κατά την διάρκεια της παρατήρησης (βλ. παρακάτω).

Τελειώνοντας την μελέτη του ουρανού και της δραστηριότητας προετοιμάζουμε τα απαραίτητα για την παρατήρηση. Η θέση παρατήρησης θα πρέπει να είναι πολύ βολική, έτσι ώστε να μπορούμε να είμαστε καθιστοί ή να ξαπλώσουμε άνετα κοιτάζοντας τον ουρανό χωρίς να κουραζόμαστε, για κάποιες ώρες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια καρέκλα με ρυθμιζόμενη πλάτη, ένα υπόστρωμα, ένα πτυσσόμενο κρεβάτι, ό,τι προσφέρει περαιτέρω άνεση (π.χ. ένα μαξιλάρι, ένας υπνόσακος, κτλ). Φυσικά χρειάζεται ένα καταγραφικό μέσο, που μπορεί να είναι χαρτί και μολύβι / στυλό ή κάποιο μαγνητοφωνάκι (αναλογικό/ψηφιακό). Όσον αφορά στην



δεύτερη λύση σιγουρευόμαστε ότι το χρησιμοποιούμε σωστά ακόμα και στο σκοτάδι, ώστε να μην βρεθούμε με κάποια αστοχία που θα μας αποτρέψει να το χρησιμοποιήσουμε, ή, πολύ χειρότερα, να νομίζουμε ότι καταγράφουμε. Έτσι είναι μάλλον ασφαλές να υπάρχει πάντα χαρτί και μολύβι (φυσικά πάντα με κάποια πολλαπλότητα!) διαθέσιμο. Το πλεονέκτημα με το μαγνητοφονάκι είναι ότι κοιτάμε συνέχεια τον ουρανό χωρίς να χάνουμε χρόνο σημειώνοντας, αλλά το μειονέκτημα είναι ότι χρειάζεται επιπλέον χρόνος για την απομαγνητοφώνηση. Αναγκαίο είναι επίσης να ρυθμιστεί σωστά το ρολόι μας πριν την παρατήρηση, ώστε να καταγράφουμε σωστές τιμές (ακρίβεια λεπτού). Τα τελευταία χρόνια τα μοντέλα έχουν βελτιωθεί τόσο πολύ που μπορούν σε ορισμένες περιπτώσεις να δώσουν προβλέψεις με αυτή την ακρίβεια, που πραγματοποιείται μόνο με αντίστοιχης ακρίβειας παρατηρήσεις. Επιπλέον, προσοχή χρειάζεται στην σωστή επιλογή των ρούχων ανάλογα με την εποχή. Καλό είναι να υπάρχουν εύκαιρα χάρτες, σημειώσεις, τρόφιμα και νερό αλλά όχι τσιγάρο, αλκοόλ και μουσική. Τέλος, είναι σημαντικό να είμαστε ξεκούραστοι, γιατί διαφορετικά δεν θα καταγράφουμε σωστά αυτά που βλέπουμε.

Όντας έτοιμοι και έχοντας όλα τα απαραίτητα μαζί μας φτάνουμε στην περιοχή παρατήρησης οπότε και επιλέγουμε την θέση παρατήρησης. Η σωστή θέση μας δίνει ένα καθαρό πεδίο στον ουρανό της τάξης των 120 μοίρες (το πεδίο στο οποίο φαίνεται το 98% των διαττόντων δεν είναι μεγαλύτερο από 50 μοίρες, αλλά παρακολουθείται ένα μεγάλο πεδίο του ουρανού καθώς διάττοντες μπορούν να φανούν παντού) με το κέντρο του πεδίου μας να βρίσκεται 50 μοίρες - 70 μοίρες από τον ορίζοντα. Ωστόσο, προσέχουμε να μην παρατηρούμε κατ' ευθείαν το ακτινοβόλο σημείο αλλά περίπου 20 μοίρες - 40 μοίρες μακριά. Αποφεύγουμε όσο γίνεται πηγές φωτός (φώτα, Σελήνη, ανακλαστικές επιφάνειες, κα) και περιμένουμε τον απαραίτητο χρόνο προσαρμογής στο σκοτάδι (~20-30 min).

4.1.2 Κατά την παρατήρηση:

Νιώθοντας άνετοι και έτοιμοι για την παρατήρηση προχωράμε στην ουσιαστική καταγραφή των συνθηκών και των διαττόντων.

Ένα από τα πρώτα στοιχεία που σημειώνουμε είναι το κέντρο του πεδίου μας (το RA και Dec αν το ξέρουμε ή κάποιο γνωστό άστρο του οποίου θα βρούμε τις συντεταγμένες αργότερα). Γενικά παρακολουθούμε μια συγκεκριμένη περιοχή του ουρανού κατά την διάρκεια της παρατήρησης και δεν την αλλάζουμε εκτός αν υπάρχει κάποιο πρόβλημα (κατεβαίνει πολύ χαμηλά, υπάρχουν εμπόδια, κτλ). Όταν υπάρχουν εμπόδια (δέντρα, βουνά, κτίρια, σύννεφα) τότε αυτά καλύπτουν ένα μέρος του πεδίου μας το οποίο πρέπει να καταγραφεί προσεχτικά και όποτε αλλάζει. Έχουμε υπόψιν μας ότι το πραγματικά ωφέλιμο πεδίο μας είναι 50 μοίρες, που σημαίνει ότι όσο διατηρούμε αυτό το πεδίο, ακόμα και ανάμεσα από σύννεφα, δεν χρειάζεται να σημειώσουμε τίποτα. Ανάλογα με το πόσο σκοτεινός είναι ο ουρανός βλέπουμε και ένα μέρος της πραγματικής δραστηριότητας μιας βροχής. Για να διορθώσουμε ως προς αυτό, μετράμε τον αριθμό των άστρων που συμπεριλαμβάνονται σε κάποια “τρίγωνα” [3]. Ανάλογα με τον αριθμό τους προκύπτει ένα “ελάχιστο μέγεθος” (lm – limited magnitude) του ουρανού. Λόγω της σημαντικότητας του παράγοντα αυτού ο προσδιορισμός του πρέπει να γίνεται σχετικά συχνά, ακόμη και αν δεν υπάρχουν ορατές αλλαγές, χρησιμοποιώντας 3 τρίγωνα τουλάχιστον. Τέλος, κρατάμε την ώρα έναρξης και λήξης κάθε περιόδου, ουσιαστικά χωρίζοντας την νύχτα σε χρονικά διαστήματα που συμπεριλαμβάνουν 15-20 διάττοντες. Αυτά μπορεί να είναι 1 ώρα ή 30 λεπτών ή 15 λεπτών ανάλογα με την δραστηριότητα που παρατηρείται. Μπορεί να φτάσει ακόμα και τα 5 ή και 1 λεπτά αν η δραστηριότητα είναι εξαιρετικά μεγάλη. Πάντως είναι καλό να υπάρχουν σημειώσεις ανά περίπου 15 λεπτά για να μπορούμε να κατανειμούμε καλύτερα τους διάττοντες αν χρειαστεί αργότερα. Επίσης είναι



πολύ σημαντικό να καταγράφουμε τον χρόνο που χάνεται όταν δεν κοιτάμε τον ουρανό, όπως όταν κάνουμε ένα διάλειμμα ή σημειώνουμε ένα διάττοντα.

Ωστόσο, η χρονική καταγραφή των διαττόντων ξεχωριστά δεν έχει σημασία, καθώς αυτό που μας ενδιαφέρει είναι η κατανομή τους στατιστικά. Τα δύο σημαντικότερα στοιχεία που αναφέρονται για ένα διάττοντα είναι η βροχή στην οποία (ενδεχόμενα) ανήκει και το μέγεθος του. Για αυτό ακριβώς πρέπει να έχουμε μελετήσει από πριν ποιες βροχές είναι ενεργές (ταυτοποίηση) και να γνωρίζουμε τα μεγέθη κάποιων άστρων (σύγκριση μεγεθών). Σίγουρα δεν είναι εύκολο στην αρχή αλλά η εξάσκηση θα προσφέρει αρκετή τριβή ώστε να γίνεται πιο γρήγορα ο συσχετισμός με τις βροχές και τα μεγέθη. Όταν δούμε ένα διάττοντα προσπαθούμε να κρατήσουμε στην μνήμη μας όσο καλύτερα γίνεται την πορεία του και να την προεκτείνουμε προς τα πίσω, βλέποντας αν προέρχεται από κάποιο γνωστό Α.Σ. (αν όχι τότε είναι σποραδικός).

Κάποιοι απλοί κανόνες που βοηθούν είναι ότι τα μέλη μιας βροχής φαίνονται γρηγορότεροι όσο πιο μακριά είναι από το Α.Σ. και όσο πιο ψηλά στο ζενίθ βρίσκεται αυτό (και το αντίστροφο) και τα μήκη των μελών φαίνονται μακρύτερα όσο πιο μακριά είναι από το Α.Σ. και όσο πιο ψηλά στο ζενίθ εμφανίζονται (και το αντίστροφο). Η εκτίμηση, πρακτικά, του μέγιστου μεγέθους του γίνεται συγκρίνοντάς το με μεγέθη γνωστών άστρων με ακρίβεια 0.5 μεγέθη (π.χ. 3.5) αν είμαστε σίγουροι, διαφορετικά στρογγυλεύουμε σε ολόκληρο μέγεθος (π.χ. 3). Προαιρετικά μπορούμε να σημειώσουμε επιπλέον στοιχεία, αν υπάρχουν, όπως διάρκεια “επίμονου ίχνους” (persistent train), χρώμα, διάρκεια διάττοντα.

Αν παρατηρηθεί κάποιος διάττοντας που είναι πιο φωτεινός από την Αφροδίτη (περίπου -4) τότε πρόκειται για κάποια βολίδα (fireball, bolide) που δεν είναι τίποτα περισσότερο παρά ένα πιο μαζικό μετέωρο. Ωστόσο, μερικά από αυτά ενδεχόμενα μπορούν να καταλήξουν σαν μετεωρίτες, οπότε είναι σημαντικό σε αυτή τη περίπτωση να δοθούν περισσότερα στοιχεία. Σημειώνεται όσο πιο λεπτομερειακά γίνεται ο χρόνος εμφάνισης, η διάρκεια, το χρώμα (χρώματα), η τροχιά στον ουρανό (από που ξεκίνησε, που τελείωσε), πόσο γρήγορα διένυσε την απόσταση αυτή, αν διαλύθηκε σε κομμάτια, αν είχε “επίμονο ίχνος”, αν υπήρξε κάποιος ήχος και όποια άλλη λεπτομέρεια θυμόμαστε [4]. Σημαντικότερος είναι ο προσδιορισμός του μεγέθους που όμως γίνεται δύσκολα καθώς δεν υπάρχουν τόσα πολλά λαμπρά αντικείμενα. Μπορούμε να έχουμε υπόψιν μας μερικά ενδεικτικά μεγέθη (Αφροδίτη -4, Σελήνη στο πρώτο τέταρτο -9.5, Πανσέληνος -12.6) και ανάλογα με αυτά να προσδιορίσουμε, αν δε γίνεται διαφορετικά, ένα ανώτερο ή/και ένα κατώτερο μέγεθος.

4.1.3 Αναφορά παρατήρησης:

Αφού ολοκληρωθεί η παρατήρηση τότε συντάσσεται μια αναφορά. Ένα πρότυπο αναφοράς βρίσκεται στην ιστοσελίδα του IMO [5], όπου συμπεριλαμβάνεται μαζί με άλλες σε ζωντανό χρόνο. Ταυτόχρονα, η ίδια αναφορά μπορεί να σταλεί σε ελληνικούς συλλόγους που ασχολούνται με το αντικείμενο, όπως π.χ. ο Σύλλογος Ερασιτεχνικής Αστρονομίας (ΣΕΑ, e-mail: meteors@hellas-astro.gr).

Η αναφορά χωρίζεται σε τρία μέρη.

Στο πρώτο μέρος (εικόνα 4.1.1) δίνονται τα απαραίτητα στοιχεία του παρατηρητή, της περιοχής παρατήρησης (συντεταγμένες), της ώρας έναρξης και λήξης (πάντα σε UT) και μια λίστα με τις βροχές που παρακολούθησαμε (ότι δεν παρακολουθούμε καταχωρείται ως σποραδικός αφού δεν κάνουμε κάποια ταυτοποίηση).

Στο δεύτερο μέρος (εικόνα 4.1.2) ουσιαστικά δίνονται οι χρονικές περίοδοι (ανά ώρα ή λιγότερο ανάλογα με τις ανάγκες) μαζί με τις συνθήκες που επικρατούσαν και τον συνολικό



αριθμό διαπτόντων ανάλογα με την βροχή. Εκτός από τον αριθμό φαίνεται και η μέθοδος (C – counting = καταμέτρηση, P – plotting = σχεδίαση). Σε περίπτωση που στο χρονικό διάστημα που αναφέρουμε δεν παρατηρούσαμε μια συγκεκριμένη βροχή το δηλώνουμε με “ - “. Δίνουμε αναλυτικά τις συντεταγμένες του κέντρου του πεδίου μας, την ελάχιστη λαμπρότητα (ο μέσος όρος των μετρήσεων μας για την χρονική περίοδο αυτή) καθώς και τις δυο παραγόντων του “ενεργού χρόνου” Teff και του διορθωτικού παράγοντα F. Ο πρώτος είναι ουσιαστικά ο καθαρός χρόνος παρατήρησης του ουρανού, δηλαδή η χρονική διάρκεια της κάθε περιόδου αφαιρώντας όλα τα χρονικά διαστήματα που είναι κενά (διαλείμματα, χρόνος καταγραφής σημειώσεων, χρόνος ξεκούρασης) και διαιρώντας αυτό το αποτέλεσμα με το 60 (για να έχουμε το αποτέλεσμα σε ώρες). π.χ. για την περίοδο 22:31-23:00 με 4 λεπτά διάλειμμα σημαίνει $Teff = (29-4) / 60 = 0.417$ h. Ο διορθωτικός παράγοντας F ορίζεται ως $F = 1 / (1-\kappa)$, όπου κ η μέση κάλυψη λόγω εμποδίων της περιόδου επί το χρονικό διάστημα της περιόδου προς τον ολικό χρόνο επί 100%. π.χ. για 110 λεπτά παρατήρησης με 6 λεπτά διάλειμμα και σύννεφα που κάλυπταν το 10% του πεδίου μας για 9 λεπτά και 20% αντίστοιχα για 4 λεπτά έχουμε $\kappa = (10\% \times 9 + 20\% \times 4) / (104 \times 100\%) = 0.016$ και άρα $F = 1 / (1-0.016) = 1.02$.

Στο τρίτο μέρος (Εικ. 4.1.3) δίνεται η κατανομή των διαπτόντων ανάλογα με το μέγεθός τους για κάθε περίοδο. Για σημαντικές βροχές (π.χ. Περσείδες) μπορούμε να δώσουμε ανά 15 ή 30 λεπτά αλλά για άλλες (με λιγότερη δραστηριότητα) ανά ώρα. Τέλος, συμπληρώνουμε κάποια σχόλια, αν υπάρχουν φυσικά, και πατώντας το κουμπί “Check for errors” βλέπουμε αν υπάρχει κάποιο λάθος στην αναφορά. Αν ναι, τότε αυτό σημειώνεται με κόκκινο και πρέπει να διορθωθεί, αν όχι τότε μπορεί να προκύψουν κάποια προειδοποιητικά μηνύματα με πορτοκαλί τα οποία όμως επιτρέπουν την αποστολή της αναφοράς.

Αντίστοιχα υπάρχει μια φόρμα αναφορά για τις βολίδες [4], αλλά είναι σχετικά απλή στην συμπλήρωσή της από την στιγμή που έχουμε καταγράψει όσα περισσότερα στοιχεία μπορούσαμε (βλ. προηγούμενη παράγραφο).



IMO International

Organization

- > Introduction
- > Publications
- > Journal WGN
- > Conference
- > Ongoing Projects
- > Mailing List
- > Who Is Who
- > Membership

Meteor Science

- > Observations
 - > Visual
 - > Minor Showers
 - > Major Showers
 - > Exceptional Activity
 - > Report Form
 - > Electronic Form
 - > Contact
 - > FAQ
 - > Literature
 - > Live ZHR graphs
 - > Photographic
 - > Video
 - > Radio
 - > Telescopic
 - > Fireball
- > Data
- > Shower Calendar
 - > 2009
 - > Software
 - > Glossary

Search

Home » Observations » Visual » Report Form

Electronic visual report form

Introduction

The form below validates and submits data for entry in the [IMO visual meteor database](#). For instructions on filling out a visual report form, please

[hints for the electronic form](#).

Note that in the case of high meteor activity, you should report short intervals to allow for detailed analysis. As a rule of thumb, try to avoid interval distributions with more than 30 meteors. To submit a large number of intervals, you may [customize the layout](#) or submit multiple forms.

Form

Observer details.

First name(s)*: . Family name(s)*:

Country*: . IMO Code:

Observing location.

Longitude*: ° ' " . Latitude*: ° ' " . Height: m.

Name*: . Country*: . IMO Code:

Specify the night as a pair of local dates (enter two consecutive days).

Local night date (LT)*: / (dd₁/dd₂), (mm₁), (yyyy).

Specify the observation begin and end in Universal Time.

Observation begin (UT)*: (hhmm), (dd), (mm), (yyyy).

Observation end (UT)*: (hhmm), (dd), (mm), (yyyy).

Observed showers. Use IMO three-letter codes.

Shower	R.A.	Dec.
PER	45 °	57 °
CAP	318 °	-06 °
ANT	330 °	-10 °
SDA	349 °	-13 °

Εικόνα 4.1.1: Το πρώτο μέρος της φόρμας αναφοράς (στοιχεία παρατηρητή, συντεταγμένες περιοχής παρατήρησης, ώρα έναρξης-λήξης, λίστα με βροχές που παρακολούθησαμε).

Period (UT) hhmm - hhmm	Field (°)		Teff h	F	Lm	PER		CAP		ANT		SDA		SPO	
	RA	Dec				M	N	M	N	M	N	M	N	M	N
2231 - 2300	326	09	0.450	1.00	5.64	C	8	C	0	C	2	-	/	C	6
2300 - 2315	326	09	0.233	1.00	5.64	C	12	C	0	C	0	-	/	C	4
2315 - 2330	326	09	0.217	1.00	5.64	C	12	C	1	C	0	C	0	C	5
0200 - 0211	002	+29	0.183	1.77	5.50	C	3	C	0	C	0	C	0	C	0

Εικόνα 4.1.2: Το δεύτερο μέρος της φόρμας αναφοράς (χρονικές περίοδοι, κέντρο πεδίου, ενεργός χρόνος, διορθωτικός παράγοντας F, ελάχιστο μέγεθος ουρανού, συνολικός αριθμός διαπτόντων ανάλογα με την βροχή).



Showers	Interval (UT)	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	Tot
PER	2231 - 2300	1	0	0	0	0	0	1	0	2	2	0	1.5	0.5	0	8
PER	2300 - 2315	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2.5	2.5	2	0	0	12
PER	0200 - 0211	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3
CAP	2231 - 2330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
ANT	2231 - 2330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
SPO	2231 - 2330	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	5	5	1	0	15

Comments (add your name if you report for somebody else):

1. The -6 PER (period 2231-2300) had a train of ~5sec. Most of the PER had peristent trains.
2. Also KGC (Kappa Cygnids, radiant placed at 18:56 (284) +58) were observed. In detail:
period 2231-2330: 2 meteors (mag: 3 & 4.5)

Reporter e-mail* (you will receive a copy of the observation)

gmaravel@iesl.forth.gr

Error: period 0200-0211: '+29' is an illegal field declination (should be integer).

Warning: magnitude distribution total for shower 'PER' is less than the observed number of meteors for this shower.

Warning: period 2231-2300: sporadic hourly rate value is unusually high (HR=34).

The "Submit"-button will become available when no errors are found.

Please contact visual@imo.net if you feel your observation triggered incorrect errors.

Εικόνα 4.1.3: το τρίτο μέρος της φόρμας αναφοράς (κατανομή διαπτόντων ανάλογα με το μέγεθος και ανά χρονική περίοδο)



4.2 Παρατήρηση βίντεο

4.2.1 Προετοιμασία

Η προετοιμασία για παρατήρηση και καταγραφή μετεώρων με βίντεο έχει πολλά κοινά στοιχεία με την προετοιμασία για οπτική παρατήρηση. Εδώ θα επικεντρωθούμε στις διαφορές:

Πρώτη είναι η ανάγκη για ηλεκτρικό ρεύμα που θα τροφοδοτήσει τη βιντεοκάμερα και ενδεχομένως κάποια παρελκόμενα (π.χ. laptop). Η μπαταρία του αυτοκινήτου είναι μια λύση (και υπάρχουν ειδικά βύσματα παροχής που ενώνονται π.χ. με τον αναπτήρα του αυτοκινήτου γι' αυτό το σκοπό) αλλά καλύτερα να αποφεύγεται. Καλό είναι να έχει κάποιος μαζί του ή επιπλέον μπαταρία τύπου αυτοκινήτου ή, αν υπάρχει ευχέρεια, να αγοράσει φορητή γεννήτρια πετρελαίου.

Επόμενο ερώτημα είναι το πού θα σκοπεύσουμε τη κάμερα. Αν π.χ. επιχειρείται καταγραφή διαττόντων πού ανήκουν σε γνωστή βροχή, τότε προτιμάται το ύψος των 50 μοιρών και το αζιμούθιο των 20-30 μοιρών εκατέρωθεν του ακτινοβόλου σημείου. Επειδή όμως το τελευταίο κινείται το ίδιο λόγω της περιστροφής της Γης, σαν αναφορικό σημείο μπορούμε να πάρουμε αυτό το οποίο αντιστοιχεί στο μέσο της προβλεπόμενης διάρκειας της παρατήρησης. Π.χ. αν σκοπεύουμε να παρατηρήσουμε από τις 23:00 UT μέχρι και τις 04:00 UT, θα αναζητήσουμε, συνήθως μέσω πρόγραμματος προσομοίωσης πλανηταρίου, τη θέση του ακτινοβόλου σημείου στις 01:30 UT. Στη γενική περίπτωση, που κάποιος επιθυμεί να καταγράψει όσους περισσότερους διάττοντες μπορεί σε μία τυχαία νύχτα, επισημαίνουμε ότι η δραστηριότητα είναι συνήθως στο μέγιστό της μόλις πριν από την αυγή.

Προσοχή επίσης χρειάζεται στο θέμα πιθανής συμπύκνωσης υδρατμών κατά τη διάρκεια της νύχτας, όχι μόνο πάνω στις οπτικές επιφάνειες αλλά και σε κάθε ηλεκτρονικό εξάρτημα. Καλό είναι οι οπτικές επιφάνειες να εκτίθενται, για χρονικό διάστημα $\frac{1}{2}$ - 1 ώρα πριν από την παρατήρηση, σε θερμοκρασία ενδιάμεση του σπιτιού και του εξωτερικού χώρου. Αυτό καθυστερεί την εμφάνιση συμπυκνώσεων. Ένας επιπλέον τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος είναι η τοποθέτηση ενός κυλίνδρου από χνουδωτό μαύρο χαρτόνι γύρω από το οπτικό σύστημα χωρίς βέβαια να παρενοχλείται το οπτικό πεδίο. Τέλος, ο υπογράφων συνήθως απλώνει μια (αρχικά) στεγνή πετσέτα μάνιου πάνω στο πληκτρολόγιο και την οθόνη του laptop ως προσπάθεια αποφυγής δυσάρεστων (και επιζήμιων) συμβάντων!

4.2.1 Εξοπλισμός

Απαραίτητα υλικά για την διεξαγωγή παρατήρησης μετεώρων με video είναι:

(i) Ο αισθητήρας (detector), π.χ. κάμερα, ο οποίος αναγνωρίζει το φως από το μετέωρο και τις λοιπές πηγές (sources) στο πεδίο και το μετατρέπει σε σήμα (signal) π.χ. ηλεκτρόνια, (ii) το οπτικό σύστημα (optical system ή optics) π.χ. φακός, που εστιάζει το φως πάνω στον αισθητήρα και δημιουργεί την εικόνα (image), (iii) το σύστημα ελέγχου της διάταξης (iv) το σύστημα προσωρινής αποθήκευσης των δεδομένων (data storage) τα οποία μετέπειτα θα αναχθούν σε μετρήσεις (measurements), και (v) η εισαγωγή και αποθήκευση του χρόνου της παρατήρησης. Στα ακόλουθα, θα εστιάσουμε την προσοχή μας σε κάθε ένα από αυτά με λεπτομερή σχολιασμό.



Εικόνα 4.2.1. Αισθητήρες και οπτικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στην καταγραφή μετεώρων. **Πάνω Αριστερά:** Μια videocάμερα χαμηλού φωτισμού (Low Light Level) τύπου Watec 902 DM2S. **Πάνω Κέντρο:** Ασφαιρικός φακός εστιακής απόστασης 6 χιλιοστών της Computar. **Πάνω Δεξιά:** Συσκευή εισαγωγής χρόνου GPS, TIM-10. **Κάτω:** Camcorder Canon L2 Super-8 εφοδιασμένο με έναν ενισχυτή εικόνας (Image Intensifier) τύπου Micro Channel Plate (MCP) 25 χιλιοστών δεύτερης γενιάς (Gen II).

Πηγή: Ιστοσελίδα <http://www.members.shaw.ca/epmajden/>

4.2.1.1 Η κάμερα.

Γενικά χρησιμοποιούνται δύο ειδών βιντεοκάμερες: *camcorders* και *CCTVs*, με τις πρώτες να προηγούνται ιστορικά των δεύτερων. Οι αισθητήρες των *camcorders* είναι κατάλληλοι κυρίως για λήψεις ημέρας και όχι αμυδρών πηγών, όπως τα άστρα και οι διάττοντες. Γι' αυτό το λόγο, συνήθως αυτοί συνδυάζονται με *ενισχυτές εικόνας* (image intensifiers, βλ. Εικ. 7) οι οποίοι ενεργούν ως φωτοπολλαπλασιαστές (photomultipliers). Αυτές οι συσκευές, όντως βαριές και καθόλου προσιτές οικονομικά για το μέσο ερασιτέχνη (κόστος της τάξης των 2.000 δολλαριών) ήταν και η κύρια αιτία της σχετικά μικρής, μέχρι πρόσφατα, δημοτικότητας της καταγραφής διαττόντων με video από ερασιτέχνες. Η κατάσταση βελτιώθηκε σημαντικά με την εισαγωγή αισθητήρων CCD της Sony με πολύ μεγαλύτερη φωτοευαισθησία, σε μικρές κάμερες



ασφαλείας (CCTVs) και τη διάθεσή τους στο εμπόριο από εταιρίες όπως η WaTEC και η Mintron.

Μια τέτοια είναι και η WaTEC 902DM2S την οποία θα χρησιμοποιήσουμε στο εργαστήριο. Αυτή έχει μια πλευρική διάταξη από τρεις διακόπτες, ονόματι AGC HI/LO, GAMMA ON/OFF και INVERSE ON/OFF. Η πρώτη ελέγχει το λεγόμενο gain της κάμερας, που είναι η αντιστοιχία φωτοηλεκτρονίων ανά μονάδα ADU σε κάθε εικονοστοιχείο (pixel). Για νυχτερινές παρατηρήσεις πρέπει να είναι στη θέση HIGH.

Ο δεύτερος ελέγχει το περιβόητο gamma, το οποίο όταν ενεργοποιηθεί συνδέει τη φωτεινότητα (intensity) της πηγής και το αποτέλεσμα της (ADU) με *μη γραμμική* σχέση, συνήθως της μορφής $ADU \sim (intensity)^{\gamma}$, και πρέπει να αποφεύγεται η χρήση του, ειδικά όταν οι λήψεις προορίζονται για επιστημονική επεξεργασία. Η χρήση του ενδείκνυται μόνον όταν είναι επιθυμητή η ευκρίνεια κατά το playback ή σε παρουσιάσεις. Ο τελευταίος διακόπτης απλώς αντιστρέφει την εικόνα κατακόρυφα. Επιπλέον, υπάρχει υποδοχή για βύσμα ελέγχου της ίριδας του οπτικού συστήματος (Auto-Iris).

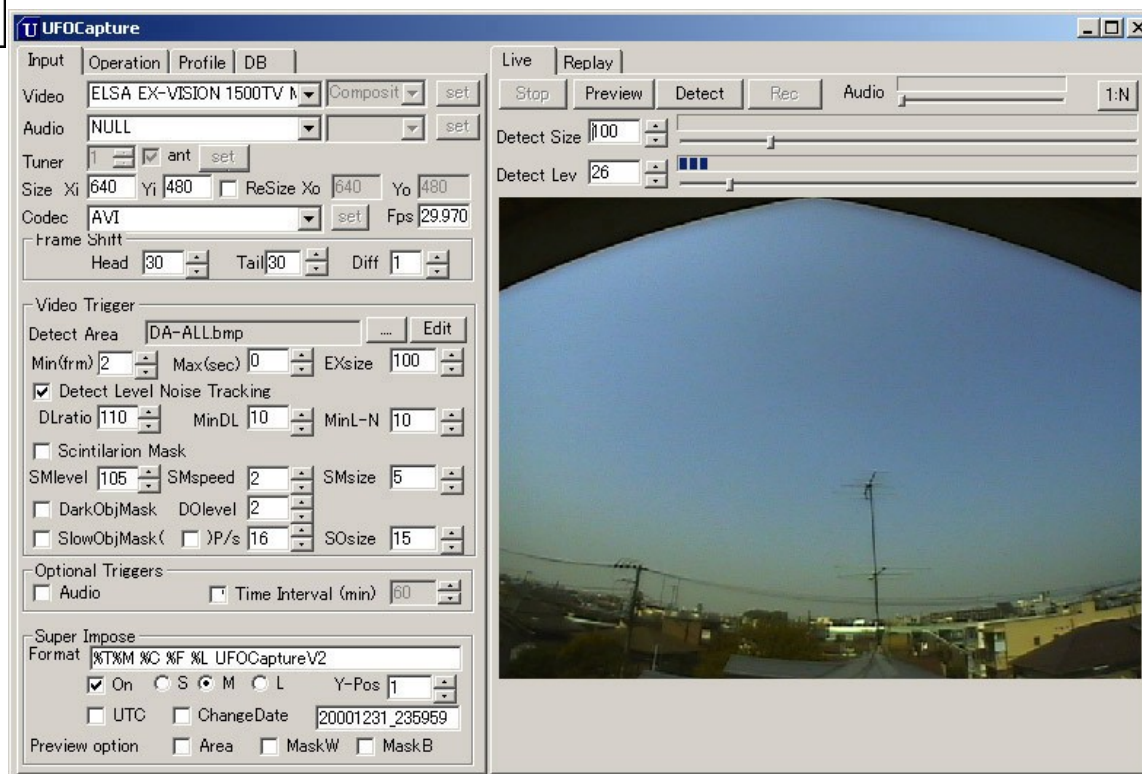
Στην άλλη πλευρά υπάρχει ροοστάτης (λευκή υποδοχή για σταυρωτό κατσαβίδι) ο οποίος επιτρέπει περισσότερο, αλλά αναλογικό (χωρίς αριθμητική ένδειξη), έλεγχο της τιμής του gain. Πίσω υπάρχουν βύσματα για υποδοχές τροφοδοσίας ρεύματος και εξόδου σήματος, καθώς και δύο διακοπών που συνήθως αφήνονται στη θέση OFF.

4.2.1.2 Το οπτικό σύστημα.

Αυτό ελέγχει το εύρος του οπτικού πεδίου (Field of View ή FOV). Επίσης, μαζί με τον αισθητήρα, καθορίζει το οριακό μέγεθος του συστήματος, δηλ το αστρικό μέγεθος των πιο αμυδρών αναγνωρίσιμων πηγών. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι διάττοντες, όντας κινούμενες πηγές, έχουν οριακό μέγεθος 2-3 αστρικά μεγέθη λαμπρότερο των αστερών του πεδίου. Επιπλέον, αυτό εξαρτάται και από τη φαινόμενη ταχύτητα του διάττοντα, που είναι εν γένει διαφορετική σε κάθε περίπτωση. Στο παρόν εργαστήριο θα χρησιμοποιήσουμε έναν ασφαιρικό φακό Computar με εστιακή απόσταση 8 mm, CCD των 1/2 ιντσών, αυτόματο έλεγχο ίριδας (Auto Iris) και χειροκίνητο έλεγχο εστίασης (Manual Focus). Αυτός βιδώνεται μπροστά από την WaTEC, ενώ η εστίαση στο άπειρο γίνεται με επιπρόσθετη περιστροφή του φακού προς την ένδειξη FAR. Το FOV σε αυτή την περίπτωση είναι περίπου 40 επί 27 μοίρες. Τέλος, ενώνουμε το βύσμα Auto-Iris του φακού στη σχετική υποδοχή της κάμερας.

4.2.1.3 Το σύστημα ελέγχου.

Στην απλούστερη περίπτωση, γίνεται τρέχουσα καταγραφή του σήματος (εικόνα) καθόλη τη διάρκεια της νύχτας ενώ, όταν υπάρχει θέμα χωρητικότητας όπως π.χ. στην περίπτωση καταγραφής σε σκληρό δίσκο ενός φορητού υπολογιστή (laptop), παρεμβάλλεται πρόγραμμα λογισμικού που επιτρέπει τη λήψη (capture) μόνο όταν η σκηνή ικανοποιεί κάποια κριτήρια. Σε αυτό το εργαστήριο θα κάνουμε χρήση του προγράμματος UFOCapture της εταιρίας SonotaCo (Εικ. 4.2.2). Ενδεικτικά, αυτό κοστίζει γυρω στα 170 ευρώ και λειτουργεί με την αρχή της ανίχνευσης αλλαγών στη σκηνή (change detection, βλ. 4.2.2).



Εικόνα 4.2.2. Ο πίνακας ελέγχου του προγράμματος λογισμικού UFOCaptureV2 της εταιρίας SonotaCo (http://sonotaco.com/e_index.html). Κόστος 175 ευρώ, δωρεάν χρήση για 30 ημέρες. Συνιστώμενα χαρακτηριστικά υπολογιστή: τουλάχιστον 2.4 Ghz Pentium 4, Vista, Windows XP/2000. Εγχειρίδιο χρήσης: <http://sonotaco.com/soft/NSOG/index.html>

4.2.1.4 Το μέσο αποθήκευσης.

Αυτό μπορεί να είναι αναλογικό (analog) ή ψηφιακό (digital), σημειωτέον όμως ότι, στην περίπτωση που η λήψη αποθηκεύεται αναλογικά (π.χ. σε βιντεοκασσέτα), μετέπειτα επεξεργασία των λήψεων προϋποθέτει τη δυνατότητα ψηφιοποίησης (digitization) των δεδομένων. Αυτό μπορεί να γίνει σε υπολογιστή χρησιμοποιώντας προγράμματα λογισμικού όπως π.χ. το VideoStudio της Ulead Systems. Εδώ επισημαίνουμε τη δυνατότητα αποθήκευσης σε υβριδικό σύστημα όπου χρησιμοποιείται camcorder μόνο για αποθήκευση (π.χ. σε ψηφιακή κασέτα miniDV) ενώ η λήψη γίνεται με άλλη κάμερα που είναι συνδεδεμένη με τη θύρα S-VIDEO IN του camcorder.

4.2.1.5 Η εισαγωγή του χρόνου.

Κάθε παρατήρηση μετεώρου πρέπει να συνοδεύεται από το χρόνο λήψης, για δύο κυρίως λόγους: πρώτον για την αναγωγή (reduction) των παρατηρήσεων σε επιστημονικά χρήσιμες μετρήσεις και δεύτερον για την αναγνώριση μετεώρων που καταγράφονται ταυτόχρονα από δύο ή παραπάνω σταθμούς που βρίσκονται σε διαφορετικές τοποθεσίες (double/multiple station observation). Η τελευταία κάνει δυνατό τον υπολογισμό της πορείας (trajectory) του μετεώρου σε τρεις διαστάσεις, και συνεπώς της ηλιοκεντρικής του τροχιάς (orbit).

Μια νέα τεχνολογική καινοτομία στην ψηφιακή καταγραφή μετεώρων είναι η χρήση συσκευών εισαγωγής χρόνου GPS (GPS-VTI), οι οποίες παρεμβάλλονται μεταξύ της κάμερας λήψης και του μέσου καταγραφής (π.χ. laptop). Οι συσκευές αυτές εισάγουν στην εικόνα του αναλογικού

βίντεο μία ή περισσότερες γραμμές στην οθόνη, όπου απεικονίζονται η ημερομηνία και ο ακριβής χρόνος UT (ώρες, λεπτά, δευτερόλεπτα, χιλιοστά του δευτερολέπτου), αλλά και οι ακριβείς γεωγραφικές συντεταγμένες της θέσης παρατήρησης. Αυτό επιτυγχάνεται με τη σύνδεση του VTI με ειδική συσκευή GPS (τύπου 1 pulse per second). Συνήθως για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται η μονάδα GPS Garmin 18-LVC OEM Sensor.

Γνωστές συσκευές εισαγωγής χρόνου GPS είναι το TIM-10 GPS/DCF Time-Insertor της AME (<http://www.ame-engineering.de/produkte/gps/gps.html>), το KIWI-OSD, το VNG Users Consortium GPS Time Receiver, το TIVi Time Imposer for Video και το McAfee Video Time Insertor. Για καταγραφές μετεώρων στον ελλαδικό χώρο (Περσειδες 2009, Λεοντίδες 2009, Λυρίδες 2010) διαθέτουμε και χρησιμοποιούμε τη συσκευή TIM-10 (Βλ. <http://www.spartastronomy.gr/astroteams/meteors>).

Η χρήση συσκευών εισαγωγής χρόνου GPS συνεπάγεται μετρήσεις με μεγάλη ακρίβεια, εγκυρότητα και αξιοπιστία. Στην περίπτωση βολίδων (fireballs), που μπορεί ενδεχομένως να ακολουθηθούν από πρόσπτωση μετεωρίτη (meteorite), η καταγραφή του μετεώρου με χρόνο και συντεταγμένες GPS ταυτόχρονα από πολλαπλούς σταθμούς σε διαφορετικές θέσεις, μπορεί να οδηγήσει, μετά από ανάλυση, τόσο σε προσδιορισμό της ηλιοκεντρικής τροχιάς με μεγάλη ακρίβεια, όσο και στον προσδιορισμό της περιοχής πτώσης του πιθανού μετεωρίτη στην επιφάνεια της Γης (fall) και τη μετέπειτα εύρεση του (find), ως αποτέλεσμα μεθοδικής ερεύνας.

Εναλλακτικά, εάν υπάρχει πρόσβαση στο διαδίκτυο, μπορεί κάποιος να κάνει χρήση εφαρμογών όπως π.χ. η NistTime οι οποίες συγχρονίζουν, ανά τακτά διαστήματα, το χρόνο του υπολογιστή με αυτόν που μεταδίδεται από υπηρεσίες ατομικού χρόνου όπως το Αστεροσκοπείο Ναυτικού των ΗΠΑ (US Naval Observatory) κ.α.

4.2.1.6 Τα λοιπά

Πέρα από τα παραπάνω, επίσης χρειάζονται (στην περίπτωσή μας) καλώδιο που μετατρέπει το τρέχον αναλογικό σήμα του βίντεο σε ψηφιακό που εισάγεται στον υπολογιστή σε πραγματικό χρόνο μέσω θύρας Universal Serial Bus (USB 2.0) καθώς και καλώδιο RCA που επιτρέπει την τελική σύνδεση με την κάμερα (Εικ. 4.2.3). Το συνολικό κόστος αυτών είναι κάπου στα 60 Ευρώ. Το τελευταίο απαραίτητο στοιχείο είναι ο (φωτογραφικός) τρίποδας, ο οποίος πρέπει να είναι σχετικά βαρύς για λόγους σταθερότητας έναντι των ανέμων.



Εικόνα 4.2.3. Αριστερά: Καλώδιο video-to-USB 2.0 της Belkin. Δεξιά: Καλώδιο RCA της Belkin.



4.2.2 Οδηγίες προς τους ναυτιλομένους.

Η κύρια ασχολία κατά τη διάρκεια της παρατήρησης έγκειται στη βελτιστοποίηση των παραμέτρων του λογισμικού λήψης, έτσι ώστε αφ' ενός να καταγραφεί ο μέγιστος αριθμός διαττόντων, αφ' ετέρου να μειωθεί στο ελάχιστο ο αριθμός των λεγομένων false positives, δηλ. λήψεων που δεν περιέχουν μετέωρα. Προς βοήθεια του παρατηρητή που αποφασίζει να κάνει χρήση του UFOCAPTURE, δίνουμε μια σειρά οδηγιών (στην αγγλική) για την εξ'αρχής λειτουργία του προγράμματος με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Σημειώνουμε εδώ ότι, αν και τα false positives δεν είναι, εν γένει, επιθυμητά, αποτελούν παρόλα αυτά τεκμήριο των καιρικών συνθηκών (π.χ. νεφοκάλυψη) που επικράτησαν κατά τη διάρκεια της νύχτας και, ως τέτοια, είναι χρήσιμα στη μετέπειτα επεξεργασία των δεδομένων.

Quickstarting UFOCapture v2:

1. Double-click "UFO" icon. You now see four tabs: "Input", "Operation", "Profile",
2. "DB"

Check that Detect Size= 2 (above the viewer, when you hit the "Live" Tab on the right). Then go through the four tabs on the left as follows:

On "Input":

- Select appropriate "Video" stream, eg "Hi-Speed USB DVD"
- Check that the settings are as follows

Size=640x480, Codec=AVI,fps=25
Head=35, Tail=35, Diff=1
Min(frm)=3, Max(sec)=8, EXsize=50
Detect Level Noise Tracking: Tick.
DLratio= 115, MinDL=5, MinL-N=2
Scintillation Mask: Tick.
SMLevel=107, SMSpeed=2, SMSize=3
Superimpose: on: tick, m: tick, UTC: ticked.

On "Operation":

Snapshot, Map bmp: tick. Detect Schedule (1 of 2; tick or untick as appropriate): eg
17:30 - 07:00

Minimum Free Space: eg 1000MB. Stop: tick. Beep at Capture Start (tick or untick as appropriate).

On "Profile"

...

Camera ID= MO



Camera Name= WATEC902DM2S

Lens Name= COMPUTAR8MM

Interlace: tick

On "DB"

DB dir = /xxx/yyy (do >not< type it in; rather, click on button to the right and select it from the list; need to create directory *before* linking to it). pm/am per day: tick.

Finally, press “Live” and then “Detect”.

4.2.3 Μετά την παρατήρηση: Επεξεργασία.

Η επεξεργασία λήψεων βίντεο κυμαίνεται από τη χρήση των δεδομένων ως έχουν π.χ. για παρουσίαση στο διαδίκτυο, μέχρι την πλήρη επιστημονική τους επεξεργασία για την εξαγωγή των ουράνιων συντεταγμένων και της λαμπρότητας του μετεώρου ως συνάρτηση του χρόνου, της πορείας του στο χώρο και της ηλιοκεντρικής του τροχιάς. Τα δύο τελευταία είναι δυνατόν να γίνουν εάν υπάρχουν ταυτόχρονες καταγραφές από δύο ή περισσότερες τοποθεσίες.

Κάθε είδος επιστημονικής επεξεργασίας απαιτεί γνώση χρήσης κάποιου ειδικού προγράμματος λογισμικού, όπως π.χ. το MetRec του Sirko Molau (<http://www.metrec.org/>) ή το UFOAnalyzer της SonotaCo (http://sonotaco.com/soft/e_index.html#ufoa). Τέτοια επεξεργασία μπορεί να είναι αρκετά χρονοβόρα, με το αντίστοιχο όμως αντίκρυσμα (επιστημονικά χρήσιμες/δημοσιεύσιμες μετρήσεις). Σημειώνουμε ότι αυτά τα προγράμματα έχουν μεταξύ τους διαφορετικές προϋποθέσεις σωστής λειτουργίας. Ο ερασιτέχνης ο οποίος κλίνει προς την επιστημονική αξιολόγηση των λήψεων του πρέπει, εάν μεν ο ίδιος επεξεργάζεται τις λήψεις του, να έχει γνώση αυτών, εάν δε τις στέλνει σε τρίτα πρόσωπα για επεξεργασία, να έχει γνώση των απαιτήσεων τους.

Αναφορές στο κείμενο (Οπτική Παρατήρηση):

1. <http://www.amsmeteors.org/lunsford/>
2. <http://www.imo.net/calendar>
3. <http://www.imo.net/visual/major/observation/lm>
4. <http://www.imo.net/fireball/report>
5. <http://www.imo.net/visual/report>

Δημοσιεύσεις προσιτές στο ευρύ κοινό:

Beech, M., 2006. “*Meteors and Meteorites: origins and observations*”, Crowood Press, Marlborough, pp157.

IMO: “*Observation Methods*”, International Meteor Organisation: www.imo.net/observations



Littmann, M., 1998. *“The Heavens on Fire: The Great Leonid Meteor Storms”*, Cambridge University Press, Cambridge, pp360.

Rendtel, J. & Arlt, R., 2008. *“Handbook for Meteor Observers”*, International Meteor Organization, Potsdam.

Smith, C., Russell, S. & Benedix, G., 2009. *“Meteorites”*, Natural History Museum Press, London, pp 112.

Τεχνικές δημοσιεύσεις:

Bronshten, V.A., 1983. *“Physics of Meteoric phenomena”*, D. Reidel Publishing, Dordrecht.

Campbell-Brown, M., 2007 *“The Meteoroid Environment: Shower and Sporadic Meteors”* ESA SP-643, 11-21. Available at <http://articles.harvard.edu/full/ESASP.643...11C/0000011.000.html>

Cepplecha, Z., Borovicka, J., Elford, W.G., Revelle, D.O., Hawkes, R.L., Porubcan, V., Simek, M., 1998. *“Meteor phenomena and bodies”*, Space Sci. Rev., 84, 327-471.

Jenniskens, P., 2006. *“Meteor Showers and their Parent Comets”*, Cambridge University Press, Cambridge, pp804. Note: Some parts of this book are accessible to the layman.

Opik, E.J., 1958. *“Physics of meteor flight in the atmosphere”*, Interscience Publishers, New York.

