

# ΟΙ ΠΤΗΤΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΤΟΥ ΛΕΟΝΑΡΝΤΟ ΝΤΑ ΒΙΝΤΣΙ ΦΑΝΤΑΣΙΑ Ή ΠΡΟΦΗΤΙΚΟ ΟΡΑΜΑ;

ΕΙΡΗΝΗ Λ. ΜΠΟΥΡΔΑΚΟΥ  
ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΟΣ

**ΜΕ ΤΟ ΒΛΕΜΜΑ ΣΤΡΑΜΜΕΝΟ ΣΤΟΝ ΟΥΡΑΝΟ Ή ΣΤΑ ΚΥΜΑΤΑ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ Ο ΛΕΟΝΑΡΝΤΟ ΝΤΑ ΒΙΝΤΣΙ ΑΦΙΕΡΩΣΕ 30 ΧΡΟΝΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΖΩΗ ΤΟΥ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΜΙΑΣ ΤΩΝ ΦΤΕΡΩΤΩΝ ΠΛΑΣΜΑΤΩΝ. ΟΙ ΕΠΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΤΟΥ ΤΟΝ ΟΔΗΓΗΣΑΝ ΣΤΗΝ ΕΥΦΥΗ ΣΥΛΛΗΨΗ ΙΠΤΑΜΕΝΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΦΑΝΤΑΣΙΑΣ. ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΠΟΛΛΕΣ ΠΕΡΙΠΕΤΕΙΕΣ ΕΦΘΑΣΑΝ ΣΗΜΕΡΑ ΣΤΑ ΧΕΡΙΑ ΜΑΣ ΤΑ ΠΟΛΥΤΙΜΑ ΧΕΙΡΟΓΡΑΦΑ ΤΟΥ, ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΚΑΝ ΟΙ ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΤΟ ΟΜΩΝΥΜΟ ΜΟΥΣΕΙΟ ΤΟΥ. ΗΤΑΝ ΟΜΩΣ Ο ΛΕΟΝΑΡΝΤΟ ΑΠΛΑ ΕΝΑΣ ΟΡΑΜΑΤΙΣΤΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΜΗΧΑΝΕΣ ΤΟΥ ΑΠΟΚΥΗΜΑΤΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΦΑΝΤΑΣΙΑΣ;**

Ο Λεονάρντο, νόθος γιος του Φλωρεντινού συμβολαιογράφου και γαιοκτήμονα Σερ Πιέρο, γεννήθηκε το 1452 στο οικογενειακό κτήμα του πατέρα του στο Βίντσι, κοντά στο Εμπολι. Παρακολούθησε τη στοιχειώδη εκπαίδευση της εποχής του: ανάγνωση, γραφή και αριθμητική. Από την ηλικία των 30 χρόνων και μετά επιδόθηκε στα ανώτερα μαθηματικά και τη γεωμετρία. Μελέτησε τόσο τους αρχαίους Έλληνες, όσο και τους Λατίνους συγγραφείς, γεγονός που επέδρασε ουσιαστικά στην περαιτέρω επιστημονική του σταδιοδρομία. Οι καλλιτεχνικές του κλίσεις εμφανίσθηκαν αρκετά νωρίς. Η πολύπλευρη προσωπικότητά του δεν περιορίστηκε στη ζωγραφική. Εκτός από τους ζωγραφικούς πίνακες φιλοτέχνησε θαυμάσια σχέδια με πένα και μολύβι, ανάμεσα στα οποία πολλά - σχετικά με αντλίες, πολεμικά όπλα και μηχανικά εξαρτήματα - μαρτυρούν το ενδιαφέρον και τη γνώση του επί των τεχνικών θεμάτων από την αρχή της σταδιοδρομίας του.

Το 1482 και ενώ είχε ήδη αναλάβει σημαντικές παραγγελίες στη Φλωρεντία, εισήλθε στην υπηρεσία του δούκα του Μιλάνου. Ίσως η αιτία που εγκατέλειψε τη Φλωρεντία βρισκόταν στο γεγονός ότι το μάλλον εξεζητημένο πνεύμα του Νεοπλατωνισμού που δέσποζε στη Φλωρεντία των Μεδίκων ήταν αντίθετο με τα πειραματικά - πρακτικά πνευματικά του ενδιαφέροντα και ότι τον προσείλκυσε η πιο ρεαλιστική ακαδημαϊκή ατμόσφαιρα του Μιλάνου. Αναγράφεται μάλιστα στους καταλόγους του βασιλικού οίκου ως «ζωγράφος και μηχανικός του δούκα». Ο Λεονάρντο εργάστηκε εκεί ως ζωγράφος και γλύπτης, αλλά και ως τεχνικός εμπειρογνώμονας σε θέματα αρχιτεκτονικής, οχυρώσεων και στρατιωτικά και ως μηχανικός υδραυλικών έργων.

Τα χρόνια που έζησε στο Μιλάνο χαρακτηρίστηκαν από την αποφασιστική στροφή του προς τις επιστημονικές σπουδές. Τότε γεννήθηκε μέσα του η ανάγκη να καταγράψει σε πεζό λόγο όλες τις παρατηρήσεις και τις εμπειρίες του. Θεωρούσε τα μάτια ως κύρια οδό προσπέλασης στη γνώση. Για τον Λεονάρντο η όραση ήταν η ύψιστη αίσθηση του ανθρώπου, γιατί μόνο αυτή μεταφέρει τις εμπειρίες άμεσα, ορθά και με βεβαιότητα. Ετσι κάθε φαινόμενο ορατό γίνεται αντικείμενο της γνώσης. Το «sapere vedere», δηλαδή το να γνωρίζει κάποιος πώς να βλέπει, έγινε το μεγάλο θέμα των μελετών του, που αφορούσαν τα έργα του ανθρώπου και τις δημιουργίες της φύσης. Πίστευε πως ένας ζωγράφος με οξυδέρκεια και προικισμένος με ζωγραφική δεξιότητα ήταν ο πλέον κατάλληλος για να αναπαράγει μέσω της ζωγραφικής τη γνώση που είχε αποκομίσει από την παρατήρηση της φύσης.

Τον Δεκέμβριο του 1499 ή τον Ιανουάριο του 1500 ο Λεονάρντο εγκατέλειψε την πόλη του Μιλάνου

και πήγε στη Μάντοβα. Οι μαθηματικές μελέτες τον απομάκρυναν για μεγάλο χρονικό διάστημα από τη ζωγραφική του δραστηριότητα. Θεωρούσε μάλιστα τον τομέα της μηχανολογίας ως τον «παράδεισο των μαθηματικών». Το καλοκαίρι του 1502 άφησε τη Φλωρεντία για να τεθεί στην υπηρεσία του Καίσαρα Βοργιά ως «ανώτερος στρατιωτικός αρχιτέκτονας και γενικός μηχανικός». Κατά τη διάρκεια αυτής της δραστηριότητάς του εκπόνησε μερικά πολεοδομικά σχέδια και τοπογραφικούς χάρτες, που έθεσαν τις βάσεις της νεώτερης χαρτογραφίας. Την άνοιξη του 1503 επέστρεψε στη Φλωρεντία για να επιβλέψει ως εμπειρογνώμονας το σχέδιο εκτροπής του ποταμού Αρνου πίσω από την Πίζα, που πολιορκείται τότε από τους Φλωρεντινούς. Ετσι θα κατόρθωνε να εμποδίσει τον ανεφοδιασμό της Πίζας από τη θάλασσα. Το σχέδιο είχε προωθηθεί για πρώτη φορά τον 13ο αιώνα, όμως δεν υλοποιήθηκε ποτέ. Την ίδια περίοδο ο Λεονάρντο ασχολήθηκε με το ανατομικό σχέδιο στο νοσοκομείο της Σάντα Μαρία Νουόβα. Πραγματοποίησε μάλιστα συστηματικές παρατηρήσεις πάνω στο πέταγμα των πουλιών, για το οποίο σχεδίαζε μια πραγματεία. Ακόμη και οι υδρολογικές του μελέτες «για τη φύση και την κίνηση του ύδατος» διευρύνθηκαν με έρευνες πάνω στις φυσικές ιδιότητες του νερού, ιδιαίτερα πάνω στους νόμους των ρευμάτων, τους οποίους συνέκρινε με τους αντίστοιχους νόμους της κίνησης του αέρα. Όλα αυτά καταγράφηκαν στην προσωπική συλλογή στοιχείων που περιέχεται στον αποκαλούμενο «Κώδικα Λάϊσσεστερ», στο Χόλκαμ Χωλ του Νόρφολκ στην Αγγλία.

Η επιστημονική δραστηριότητα του Λεονάρντο άρχισε να γνωρίζει νέα ακμή. Συνέχισε τις μελέτες του στην ανατομία με την προοπτική μιας νέας πραγματείας. Εκτός από αυτά τα χειρόγραφα του είναι γεμάτα με μαθηματικές, οπτικές, μηχανικές, γεωλογικές και βοτανικές μελέτες, οι οποίες θα πρέπει να θεωρηθούν ως στοιχεία για την «αισθητή κοσμολογία» του. Κεντρική ιδέα της αυξανόμενης ενεργοποίησής του στον τομέα αυτό ήταν η πίστη του ότι η ισχύς και η κίνηση ως βασικές μηχανικές λειτουργίες παράγουν όλες τις εξωτερικές μορφές της φύσης και τους δίνουν το σχήμα τους. Επιπλέον, αναγνώριζε ότι οι λειτουργικές αυτές δυνάμεις ενεργούν σύμφωνα με αρμονικούς νόμους. Ετσι συμβουλεύει στην πραγματεία του «περί ανατομίας»: «Φρόντισε ώστε το βιβλίο των αρχών της μηχανικής να προηγείται του βιβλίου της δυναμικής και της κινητικής του ανθρώπου και των άλλων ζωντανών πραγμάτων – γιατί μόνο έτσι θα μπορέσεις να αποδείξεις τις αναλύσεις σου». Για τον Λεονάρντο η «ισχύς» είναι η βασική έννοια που ταυτίζεται με την «πνευματική αρετή» που διαμόρφωσε και κυβερνά τον κόσμο. Οπου κι αν ερευνούσε τα φυσικά φαινόμενα, αναγνώριζε την ύπαρξη των αρχέγονων μηχανικών δυνάμεων που διέπουν τη μορφή και τη λειτουργία του σύμπαντος. Τις δυνάμεις αυτές αναζητούσε στις μελέτες του για την πτήση των πουλιών, πραγματοποιώντας ταυτόχρονα μια εξαντλητική μελέτη ως προς το στοιχείο του αέρα.

Με τα πολιτικά γεγονότα του 1513 (ήττα των Γάλλων στη Νοβάρρα και επάνοδος των Σφόρτσα στον δουκικό θρόνο του Μιλάνου) πήγε στη Ρώμη με την ελπίδα να βρει εργασία. Εκεί ασχολείτο στο εργαστήριό του με μαθηματικές μελέτες και πειράματα ή περιδιάβαινε την πόλη μελετώντας τα αρχαία μνημεία. Στα τέλη του 1516 άφησε την Ιταλία για πάντα και πέρασε τα τελευταία χρόνια της ζωής του στη Γαλλία, στη μικρή κατοικία στο Κλο-Λουσέ με τον τίτλο του «πρώτου ζωγράφου, αρχιτέκτονας και μηχανικού του βασιλιά». Εκεί άφησε την τελευταία του πνοή στις 2 Μαΐου 1519. Ενταφιάστηκε στην ανακτορική εκκλησία του Αγίου Φλωρεντίου, η οποία καταστράφηκε κατά τη διάρκεια της Γαλλικής Επανάστασης και κατεδαφίστηκε πλήρως στις αρχές του 19ου αιώνα. Ετσι ο τάφος του δεν μπορεί πλέον να εντοπιστεί.

Παρά τους ξεχωριστούς τομείς της γνώσης του, η επιστήμη του Λεονάρντο προσέφερε μια ενιαία εικόνα του κόσμου βασισμένη στην αισθητή κοσμογονία του «γιγνώσκειν οράν» (*saper vedere*). Εκτός όμως από τη δύναμη του ματιού, που πρώτοι οι αρχαίοι Έλληνες είχαν συλλάβει, πίστευε ότι οι φυσικές λειτουργίες υπόκεινται σε έναν νόμο αναγκαιότητας και έναν νόμο τάξης που έπλασε ο δημιουργός, η «Πρωταρχική Κινητήρια Δύναμη».

## **ΤΑ ΣΧΕΔΙΑ ΤΩΝ ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ**

Η απελευθέρωση μέσω της γνώσης είναι η βάση για όλες τις επιστημονικές έρευνες του Λεονάρντο. Από την αρχή της καλλιτεχνικής του δημιουργίας θεωρούσε πως το πουλί ήταν κατ' εξοχήν ελεύθερο και γι' αυτόν τον λόγο ήθελε να απελευθερώσει τα φυλακισμένα πτηνά. Τα αγόραζε για να τα αφήσει

ελεύθερα να πετούν, ενώ ταυτόχρονα κρατούσε σημειώσεις γύρω από τη φυσιολογία τους. Όπως αποδεικνύεται όμως από τις σημειώσεις του πρέπει να προχώρησε και στην ανατομική τους μελέτη προκειμένου να μελετήσει τη φυσιολογία των φτερών τους. Φιλοδοξούσε να πετάξει από την κορυφή του όρους Τσέτσερι (όνομα πουλιού) που βρίσκεται βορειοανατολικά του Φιετσόλε. Γράφει λοιπόν: «Από το βουνό που φέρει το όνομα του μεγάλου πουλιού, το περίφημο πουλί (συχνά αναφέρεται στην πτητική μηχανή αποκαλώντας τη πουλί) θα πραγματοποιήσει την πτήση του και θα δοξαστεί από τον κόσμο. Ολα τα γραπτά θα εγκωμιαστούν και θα δοξάσουν τη φωλιά όπου γεννήθηκε». Στηρίχθηκε στην άποψη της εποχής πως η μίμηση της πτήσης των πουλιών ήταν ο κατάλληλος δρόμος που έπρεπε να ακολουθήσουν και πως η μελέτη τους θα αποκάλυπτε τα αληθινά μυστικά της πτήσης. Αλλού γράφει χαρακτηριστικά: «Ένα πουλί είναι ένα όργανο που λειτουργεί σύμφωνα με μαθηματικό νόμο, ένα όργανο το οποίο εξαρτάται από την επιδεξιότητα του ανθρώπου να αναπαράγει όλες τις κινήσεις του (πραγματικού), αν και όχι με έναν αντίστοιχο βαθμό δύναμης, επειδή δεν έχει (ο άνθρωπος) την ικανότητα να διατηρήσει την ισορροπία του. Μπορούμε ίσως γι' αυτό να πούμε πως τέτοιο όργανο κατασκευασμένο από άνθρωπο δεν υστερεί σε τίποτα παρά μόνο στην έλλειψη ζωτικών δυνάμεων, οι οποίες αντικαθίστανται με τη μυική δύναμη».

Ως προς την τεχνική αντίληψη των σχεδίων της μελέτης μπορούμε να διακρίνουμε δύο ενότητες. Η πρώτη περιλαμβάνει την πιστή αντιγραφή των κινήσεων των πουλιών μέσα από συστήματα προσομοίωσης. Παρόλα αυτά ο καλλιτέχνης δεν είχε ψευδαισθήσεις σχετικά με τη σύγκριση ανάμεσα σε ένα πουλί που χρησιμοποιεί τα δικά του ζωτικά μέλη και έναν άνθρωπο που χρησιμοποιεί άψυχα φτερά και εξαρτήματα. Γι' αυτόν τον λόγο επιχείρησε να κατασκευάσει κάποια ομοιώματα τα οποία ετίθεντο σε κίνηση με τη μοναδική ενεργειακή δύναμη της εποχής, τη μυική. Δεν πρέπει να ξεχνάμε πως τον 15ο αιώνα, παρά την επιστημονική έξαψη των ερευνητών της Αναγέννησης, δεν ήταν γνωστή καμιά από τις θεμελιώδεις αρχές της αεροστατικής, της αεροδυναμικής και της αεροναυτικής, δηλαδή οι βάσεις της αεροναυπηγικής. Μια άλλη θεμελιώδης αρχή που απασχόλησε τον Λεονάρντο ήταν η μελέτη του μέσου με το οποίο θα επιτυχανόταν η πτήση. Γι' αυτό έκρινε σκόπιμο να μελετήσει τις περιδινήσεις των ανέμων σε παραλληλισμό με τις κινήσεις του νερού. Τα αποτελέσματα αυτών των παρατηρήσεων τον οδήγησαν στη μελέτη κάποιων πτητικών μοντέλων, ανάμεσα στα οποία διακρίνουμε τους προγόνους του ανεμόπτερου, του ελικόπτερου και του αερόστατου και τα οποία αποτελούν τη δεύτερη ενότητα των σχεδίων του.

Όπως αναφέρει ο ίδιος ο Λεονάρντο, έχει χωρίσει την πραγματεία του σε τέσσερα βιβλία σχετικά με το πέταγμα των πουλιών. Το πρώτο ασχολείται με την πτήση τους ως προς την κίνηση των φτερών, το δεύτερο με την πτήση χωρίς την κίνηση των φτερών (με την κινητήρια δύναμη του αέρα), το τρίτο με την πτήση γενικά (όσον αφορά τα πουλιά, τις νυχτερίδες, τα έντομα κλπ.) και το τελευταίο με τον μηχανισμό της κίνησης. Γι' αυτά γράφει: «Στο πρώτο βιβλίο θα πρέπει να εξηγήσεις τη φύση της αντίστασης του αέρα, στο δεύτερο την ανατομία του πουλιού και των φτερών του, στο τρίτο τη μέθοδο λειτουργίας των φτερών σε ποικίλες κινήσεις, στο τέταρτο τη δύναμη των φτερών και της ουράς την ώρα που τα φτερά δεν κινούνται και ο αέρας είναι ευνοϊκός για να λειτουργήσει σαν οδηγός σε διαφορετικές κινήσεις».

Τα σχέδια θυμίζουν τεχνική δημιουργία κινουμένων σχεδίων, με τη διαδοχική απεικόνιση των κινήσεων των πουλιών σε όλες τις πιθανές συνθήκες και από όλες τις πλευρές (κατά μέτωπο, προφίλ, 3/4). Για μια περίοδο 15 ετών ο Λεονάρντο ασχολήθηκε πεισματικά με την κατασκευή μηχανικών πτερυγών βάσει εκείνων των νυχτερίδων, τη φυσιολογία των οποίων θεώρουσε θεμελιακή για την κατασκευή των πτητικών μηχανών του.

Μήπως ο ντα Βίντσι επιχειρούσε το ακατόρθωτο; Ο ίδιος σε ένα απόφθεγμα του αναφέρει πως ο άνθρωπος δεν πρέπει να αναζητεί το ακατόρθωτο. Πρέπει λοιπόν να πιστεύει πως βρισκόταν κοντά στην υλοποίηση της πανανθρώπινης επιθυμίας της πτήσης.

Η προβληματική ήδη πριν από τον Λεονάρντο συνίστατο στην προσαρμογή των μηχανημάτων που λειτουργούσαν με μυική δύναμη στα ανθρώπινα μέτρα, σε συνδυασμό με μια φυσική δύναμη όπως είναι τα ρεύματα αέρα. Γι' αυτόν τον λόγο εκείνος πραγματοποίησε παρατηρήσεις μέσα από πειράματα με τη φλόγα του κεριού, τα σύννεφα, τον καπνό.

Ο ντα Βίντσι είχε κατανοήσει τον ρόλο των κέντρων βαρύτητας στην «αεροναυπηγική». Στο σημειωματάριό του βρίσκουμε ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον σχέδιο ενός πουλιού αναρτημένου από ένα άγκιστρο μέσω τροχαλιών μαζί με την εξής σημείωση: «Αυτό έγινε για να βρούμε το κέντρο βάρους του πουλιού, χωρίς το οποίο το όργανο θα είχε ελάχιστη αξία». Με το ίδιο ενδιαφέρον μελέτησε την πίεση που ασκείται στα φτερά των πουλιών από τον αέρα και εξέτασε ζητήματα ισορροπίας χωρίς τη συνεχή κίνηση των φτερών - μόνο με τη βοήθεια του αέρα. Μελέτησε τη λειτουργία της ουράς και κατέληξε σε πολύ σημαντικά συμπεράσματα, ιδιαίτερα ενδιαφέροντα από άποψη επιστημονικής μεθόδου. Συμπέρανε πως το πουλί λόγω της εσωτερικής του δομής μπορούσε να ελέγξει τους πνεύμονές του ώστε να μεταθέτει το κέντρο βάρους του μέσα σε συγκεκριμένα πλαίσια. Αυτή η ιδιότητα παρέχει αναμφίβολα στο πουλί έναν μηχανισμό εξασφάλισης σταθερότητας και ελέγχου, που απουσιάζει από το τεχνητό κατασκευάσμα. Μπορεί εδώ να είναι άστοχη μια σύγκριση με τις πτέρυγες των σύγχρονων αεροπλάνων, όμως στην πραγματεία περί προσγείωσης των πτηνών υπάρχουν εκπληκτικές αναλογίες με τη σύγχρονη πρακτική. «Το άνοιγμα και το χαμηλόμα της ουράς και η ταυτόχρονη έκταση των φτερών στο μέγιστο ανακόπτει τη γρήγορη κίνηση των πουλιών. Όταν τα πουλιά στη βύθιση προσεγγίζουν το έδαφος και το κεφάλι βρίσκεται κάτω από την ουρά, κατεβάζουν την ουρά, την απλώνουν και χτυπούν ελαφρά τα φτερά τους. Έτσι το κεφάλι υπερυψώνεται σε σχέση με την ουρά και η ταχύτητα ελέγχεται έτσι ώστε το πουλί να προσγειώνεται χωρίς κραδασμούς».

Ανάμεσα σε άλλα ο Λεονάρντο καταγράφει στις παρατηρήσεις του τη λειτουργία της κοίλης γραμμής της φυσικής ατράκτου των πτηνών στο θέμα της ισορροπίας στον αέρα. Δεν καταφέρνει ωστόσο να φθάσει στο αποτέλεσμα του Ντάνιελ Μπερνούλι, ο οποίος απέδειξε πως το σχήμα επηρεάζει τη ροή του αέρα, ανακαλύπτοντας το επιστημονικό μυστικό της πτήσης. Δυστυχώς η πρόωγη πτητική ιδέα έφερε τη βαριά κληρονομιά του μυθικού Ικαρου, αναζητώντας τη μόνη πιθανή δυνατότητα απογείωσης στη δύναμη της κίνησης των φτερών.

Τη φυσιοδιφική έρευνα του Λεονάρντο συνέχισε το 1867 ο Τζ. Μπ. Πέττιγκριου. Η συγκριτική μελέτη με τις σημειώσεις του ντα Βίντσι αποδεικνύει κάποιες ανακρίβειες στο έργο του. Το 1908 ένας άλλος ερευνητής, ο σερ Χίραμ Μαξίμ, δημοσίευσε το περίφημο βιβλίο του «Τεχνητή και Φυσική Πτήση», το δεύτερο κεφάλαιο του οποίου είναι αφιερωμένο στα ρεύματα του αέρα και στην πτήση των πουλιών. Μολονότι παρατηρούμε εκπληκτική ομοιότητα στις δηλώσεις και σύμπτωση απόψεων, ο Μαξίμ δεν αναφέρει πουθενά στο έργο του την πραγματεία του Λεονάρντο. Είναι πάντως γεγονός πως ο τελευταίος είχε ήδη αφήσει πολύτιμο κληροδότημα στους φυσιοδίφες και στους φυσικούς του μέλλοντος.

Μετά από πολύχρονη παρατήρηση και μελέτη ο ντα Βίντσι προχώρησε από τη φυσική παρατήρηση στην κατασκευή. Πρότυπο στις πτητικές μελέτες του είχε τα φτερά της νυχτερίδας. «Πρέπει να θυμάσαι πως η πτητική σου μηχανή οφείλει να μιμείται τα φτερά της νυχτερίδας, επειδή οι μεμβράνες της σχηματίζουν σύνδεσμο με τον ώμο, γεγονός που δίνει ισχύ στα φτερά. Σε σχέση με τα φτερά των υπολοίπων φτερωτών πλασμάτων είναι πιο ισχυρά ως προς τη δομή των οστών και των νεύρων. Επιπλέον ο αέρας μπορεί να διαπεράσει τα πούπουλα των υπολοίπων πουλιών, αλλά όχι και της νυχτερίδας λόγω της μεμβράνης». Πράγματι οι νυχτερίδες είναι τα μόνα θηλαστικά που μπόρεσαν να πετάξουν. Κάποια είδη μάλιστα έχουν σύστημα ακουστικού προσανατολισμού (ηχοεντοπισμού), ένα φυσικό σόναρ. Ο Λεονάρντο φαίνεται πως είχε συλλάβει τα μηνύματα του μεγαλύτερου δασκάλου, της φύσης. Το παράδειγμά του ακολούθησε ανεπιτυχώς ο Κλεμάν Αντέρ στα τέλη του 19ου αιώνα με την πτητική του μηχανή σε σχήμα νυχτερίδας, η οποία χωρίς να πετάξει προσέκρουσε στο έδαφος και καταστράφηκε.

Ο Λεονάρντο συνόδευε τα σχέδιά του με κατασκευαστικές παρατηρήσεις: «Να κατασκευαστεί από ξύλο ελάτης ενισχυμένο με ξύλο φλαμουριάς και να είναι ελαφρύ. Το τμήμα Α να αποτελείται από λεπίδες διανεμημένες στα σημεία όπου έχει νήματα και είναι ελαφρύ. Φτιάξε τα πλέγματα του νήματος 1/8 σε πλάτος. Το τμήμα Β να αποτελείται από θαμβοκέρο ύφασμα, στο οποίο θα κολληθούν τα φτερά έτσι ώστε να μη τα διαπερνά εύκολα ο αέρας. Το τμήμα C να είναι από άκαμπτο ελαφρύ μετάξι. Κατά τη δοκιμή μπορούμε να το κατασκευάσουμε και από λεπτό χαρτί» (μτφρ. Καλλιγερόπουλου, καθ. Τ.Ε.Ι., μελετητής Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας). Υποθέτουμε πως ο Λεονάρντο εγκατέλειψε αυτόν τον τύπο φτερού ως μη πρακτικό. Πιθανώς κατέληξε στο συμπέρασμα πως η αντίσταση του αέρα που προκαλείτο πάνω σε ένα φτερό τόσο μεγάλης έκτασης ήταν πολύ μεγάλη για τη μυική ενέργεια ενός ανθρώπου, ο

ο οποίος σίγουρα θα αδυνατούσε να τα καταφέρει. Αν όμως αυτό ήταν το ζητούμενο, κάποιος θα σκεφτόταν πως η επιστημονική εναλλακτική λύση θα ήταν η μείωση της επιφάνειας του φτερού. Φαίνεται λοιπόν πως ο ντα Βίντσι επιχειρήσε κάποια πειράματα με μηχανικό φτερό. Τότε σίγουρα η σχέση ανάμεσα στην επιφάνεια του φτερού και την αντίσταση του ανέμου τράβηξε την προσοχή του. Έτσι συναντούμε το σχέδιο ενός ανθρώπου να θέτει σε λειτουργία ένα μηχανικό φτερό, με την εξής επεξηγηματική σημείωση: «Εάν επιθυμείς να δεις τον πραγματικό έλεγχο των φτερών, πάρε λίγο χαρτί pasteboard ενισχυμένο με ξύλινο σκελετό και προσαρμοσμένο στις πλευρές με ράβδους. Φτιάξε έτσι ένα φτερό πλάτους και μήκους 20 τουλάχιστον υαρθών και κόλλησέ το πάνω σ' ένα φύλλο από χνουδωτό χαρτί sheet-pile (βλέπουμε πως και εδώ ο Λεονάρντο έχει στο μυαλό του τη φυσιολογία των νυχτερίδων) βάρους 200 λιβρών. Θα παράγει, όπως φαίνεται και από το σχέδιο, μια αποτελεσματική δύναμη. Αν το βάρος των 200 λιβρών υψώνεται πριν πέσει το φτερό, η δοκιμή πέτυχε. Παρατήρησε μάλιστα εδώ πως επιτυγχάνεται ωθητική δύναμη. Αν δεν συμβεί κάτι τέτοιο μη σπαταλήσεις περισσότερο χρόνο στο πείραμα». Αυτό έκανε και ο ίδιος

Το επόμενο βήμα του είναι δύο μελέτες πάνω στην κίνηση αρθρωτού φτερού με έναν ή πολλούς βραχίονες. Το σχέδιο απεικονίζει ένα φτερό με αρθρώσεις που τίθεται σε κίνηση με το χέρι ή το πόδι του «πιλότου», όταν περιστρέφονται οι μοχλοί στα σημεία c και d του μηχανισμού. Η κίνηση μεταδίδεται με τροχαλίες, ιμάντες και νήματα ως εξής: Θέτοντας σε κίνηση το τμήμα abc υψώνεται ταχύτατα το τμήμα mn και αντίστοιχα κατεβαίνει ταχύτατα με την κάθοδο του τμήματος def. Το τμήμα rt κατεβάζει το φτερό με το πέλαμα του «πιλότου», δηλαδή με την έκταση των ποδιών. Το τμήμα vs βοηθάει τον χειριστή να υψώσει το φτερό με το χέρι, αλλά και να στρίψει (Εικόνα σελ.40).

Σε άλλο σημείο των παρατηρήσεών του επαναλαμβάνει το σχέδιο με ένα πιο σύνθετο σύστημα τροχαλιών. Σύμφωνα με αυτόν τον μηχανισμό είναι δυνατή η αυτόματη επαναφορά του φτερού στην αρχική του θέση, όταν ολοκληρωθεί η κίνηση. Ο ντα Βίντσι χρησιμοποιώντας τροχαλίες και ελατήρια επιδίωξε με έναν ιδιαίτερα περίπλοκο τρόπο να εξομοιώσει τη φυσική κίνηση των φτερών των πουλιών κατά την απογείωση και την προσγείωση. Δυστυχώς δεν είχε συλλάβει ακόμα τις δυνάμεις που αναπτύσσονται από την αλληλεπίδραση του αέρα ανάμεσα σε μια σταθερή και σε μια κινούμενη πτέρυγα, τις οποίες αξιοποίησε στα «ορνιθόπτερά» του ο Οττο Λίλιενταλ κατά τη δεκαετία του 1880.

Μέσα από αυτή τη συγκριτική μελέτη φυσικών και τεχνητών πτερυγών οδηγήθηκε σταδιακά σε νέους προβληματισμούς. Επρεπε να επινοήσει μια μηχανική δομή που θα περιέκλειε έναν κινητήρα. Σε αυτό το σημείο τα σχέδιά του είναι παράξενα αλλά και ευφυή και μπορούν να συγκριθούν μόνο με αυτά που περιγράφονται στα έργα του Ιουλίου Βερν.

Μια από τις πιο σημαντικές ανακαλύψεις του Λεονάρντο ήταν αυτή του αλεξιπτώτου, αν και τα αλεξίπτωτα χρησιμοποιήθηκαν μόλις κατά τον 18ο αιώνα. Ήταν ένας από τους πρώτους που συνέλαβαν την αεροδυναμική θεωρία της επιβράδυνσης και τον νόμο των αντιδράσεων. Αναφέρει σε κάποιο σημείο στον Ατλαντικό Κώδικα: «Ένα αντικείμενο προβάλλει τόση αντίσταση στον αέρα όση και ο αέρας στο αντικείμενο. Έτσι το κτύπημα των φτερών κόντρα στον άνεμο μπορεί να κρατήσει ψηλά ακόμη κι ένα βαρύ αετό. Αλλά και στη θάλασσα, καθώς ο αέρας γεμίζει τα φουσκωμένα ιστία, καταφέρνει να οδηγήσει ακόμη και πλοία με βαρύ φορτίο. Από τα παραπάνω παραδείγματα μπορούμε να καταλάβουμε πως ένας άνθρωπος με φτερά αρκετά μεγάλα και κατάλληλα συνδεδεμένα μπορεί να ξεπεράσει την αντίσταση του αέρα υπερνικώντας τον ώστε να υψωθεί πάνω από αυτόν».

Βάσει των πληροφοριών που αντλούμε από τον βιογράφο του, Βασάρι, στους «Βίους των Ζωγράφων» μαθαίνουμε ότι ο Λεονάρντο κατασκεύαζε μορφές από λεπτό κερί σε διάφορα σχήματα και τις γέμιζε με θερμό αέρα, κάνοντάς τις να πετούν.

Μέσα από την εξέταση των νέων δεδομένων των παρατηρήσεών του επρόκειτο να προαναγγείλει την πτήση με αιωρόπτερο και την πτώση με αλεξίπτωτο. Πράγματι σε ένα σχέδιό του παρουσιάζει έναν άνδρα αιωρούμενο από ένα παράξενο πυραμιδόσχημο αλεξίπτωτο που, όπως αναφέρει ο Λεονάρντο, είναι ικανό να λειτουργήσει: «Εάν ένας άνθρωπος έχει μια οροφοτέντα καλαφατισμένη στο εσωτερικό, πλάτους 12 υαρθών και ύψους 12 υαρθών μπορεί να πέσει από οποιοδήποτε ύψος χωρίς να θέσει τον εαυτό του σε κίνδυνο». Υπάρχουν στοιχεία πως σχεδόν έναν αιώνα μετά την εφεύρεση του Λεονάρντο (1595) ο Βεράντσιο, ένας Βενετός, τροποποίησε το πρωτότυπο, χρησιμοποιώντας ένα είδος τετράγωνου

ιστίου τεντωμένου σε τέσσερις ισομεγέθεις ράβδους έχοντας τέσσερα σχοινιά προσαρμοσμένα στις γωνίες. Πολύ αργότερα βλέπουμε τα συμπεράσματα των μελετών του ντα Βίντσι να βρίσκουν εφαρμογή στα σύγχρονα ανεμόπτερα του Ιταλοαμερικανού Ρογκάλο (1951) και στις έρευνές του τις σχετικές με τη διευκόλυνση των προσεδάφισων των διαστημοπλοίων της NASA. Ο ντα Βίντσι με το πυραμιδοειδές αλεξίπτωτό του είχε ήδη ανακαλύψει την αίσθηση της άμεσης σχέσης με τη φύση, με τους ανέμους και τα ρεύματα.

Όμως αφού ο Λεονάρντο είχε προχωρήσει τόσο πολύ στις παρατηρήσεις και τα πειράματά του, γιατί δεν κατευθύνθηκε προς τη μελέτη των αεροστάτων και της αεροστατικής; Η απάντηση είναι πολύ απλή. Ο Λεονάρντο δεν ενδιαφερόταν ιδιαίτερα για ό,τι δεν είχε ζωή και γινόταν χωρίς απόλυτο έλεγχο. Είναι σημαντικό να τονίσουμε πως αντιμετώπιζε το πρόβλημα με επιστημονικό πνεύμα. Παρατηρούσε τα πλάσματα που πετούσαν και μελετούσε προσεκτικά τη φυσιολογία, την ανατομία, τις κινήσεις τους. Σε κάθε αποτέλεσμα αναζητούσε την αιτία και έφθανε σε ορισμένα πορίσματα επιζητώντας πάντα τον έλεγχο της πτητικής μηχανής από τον χειριστή της. Στο «φανταστικό πουλί» του λοιπόν θα προσπαθούσε να συνδυάσει τα ζωτικά όργανα του πιλότου με τον απόλυτο έλεγχο των μηχανικών εξαρτημάτων.

Ο προβληματισμός του ντα Βίντσι ήλθε πάλι στην επιφάνεια μετά τη λήξη του Α' Παγκοσμίου Πολέμου. Σύμφωνα με τη Συνθήκη των Βερσαλλιών απαγορεύθηκε στη Γερμανία η κατασκευή αεροσκαφών μηχανικής ενέργειας. Έτσι οι Γερμανοί αεροναυπηγοί οδηγήθηκαν στη λύση των ανεμοπτερών, επιστρέφοντας στην εποχή της προ-μηχανικής, θα λέγαμε, ενέργειας του 15ου αιώνα. Το ανεμοπλάνο είναι ουσιαστικά ένα αεροπλάνο χωρίς κινητήρα που αξιοποιεί τα ανοδικά ρεύματα του αέρα, όπως ακριβώς και τα πουλιά στις παρατηρήσεις του ντα Βίντσι, προκειμένου να αποκτήσει ή να διατηρήσει το ύψος του. Το 1921 ο Γερμανός αεροναυπηγός Βόλφγκανγκ Κλέμπερερ πέταξε με το «Μπλε Ποντίκι» επί 13 λεπτά εκμεταλλευόμενος τα θερμά ανοδικά ρεύματα και έφθασε σε ύψος 120 m. Φαίνεται όμως πως οι μελέτες του Λεονάρντο πάνω στις νυχτερίδες είχαν επηρεάσει και τη δημιουργία του «Βαμπίρ», που παρουσιάστηκε το 1922 στη συνάντηση του Βάσερκουπε στην ορεινή Ρηνανία. Το «Βαμπίρ» ήταν ένα υψηλοπτερυγο ανεμόπτερο με πτέρυγες πολύ μεγάλου εκπετάσματος και κλειστό θάλαμο για τον πιλότο. Με τη χρησιμοποίηση μεθόδων εκτόξευσης με καταπέλτη από τις κατωφέρεις λόφων κρατήθηκε στον αέρα επί δύο ολόκληρες ώρες.

Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο απαγορεύτηκε και πάλι στους Γερμανούς για ένα διάστημα η χρήση αεροσκαφών, με αποτέλεσμα να στραφούν στη βελτίωση των ανεμοπτερών. Τότε ο Ρίχαρντ Εμπλερ και ο Φ. Βόρτμαν βελτίωσαν την αεροδυναμική σχεδίαση του ανεμόπτερου.

Ο Λεονάρντο έχοντας συνειδητοποιήσει τις τεχνικές αδυναμίες της εποχής του άφησε την καλπάζουσα φαντασία και την ευφυία του αχαλίνωτες. Έτσι σε άλλο σημείο παραθέτει το σχέδιο μιας ακάτου, που όπως προκύπτει από τις σημειώσεις του θα μπορούσε να θεωρηθεί ο πρόδρομος της ιδέας του υδροπλάνου, η οποία τέθηκε τελικά σε εφαρμογή το 1907 από τον Γάλλο μηχανικό Γκαμπριέλ Βουαζέν. Στο σχέδιο παρουσιάζεται ένας ογκώδης κινητήρας να δημιουργεί «σύμπλεγμα» που αποτελείται από δύο τροχαλίες πάνω στις οποίες κινείται ένας ιμάντας. Αυτός καταλήγει σε ένα ζευγάρι αναβολών, από όπου προφανώς κρατιόταν ή προσδενόταν κάποιος σε οριζόντια θέση για να θέσει σε κίνηση τέσσερα κουπιά - που αναπαριστούσαν συμβολικά την κίνηση των φτερών. Πάνω στην επιφάνεια της σανίδας ο χειριστής ξαπλωμένος, με το κεφάλι περασμένο στον πρόσθιο (εν είδει αναβολέα) κρίκο, κινούσε με τα χέρια του αυτά τα υποτυπώδη φτερά κωπηλατώντας στην κυριολεξία στον αέρα. Μπροστά από τη σανίδα υπήρχε ένας πάσσαλος πάνω στον οποίο είχε προσηλωθεί ένα κυκλικό σιδερένιο στέλεχος που επικοινωνούσε μέσω μοχλών με τους αρθρωτούς βραχίονες. Τα φτερά ετίθεντο σε κίνηση με τα χέρια ή με τα πέλματα του «πιλότου», μέσω των αναβολών c (για την κάθοδο) και d (για την ανύψωση)- το δεξιό πέλαμα (F) χαμηλώνει το φτερό και το αριστερό (Gr) το υψώνει. Ο Λεονάρντο φαίνεται πως ήταν βέβαιος για τη λειτουργία της μηχανής του, γι' αυτό συμβούλευε: «Θα κάνεις πειράματα με αυτό το μηχάνημα πάνω σε μια λίμνη και θα περιζωθεις με επίμηκες κατσικίσιο δέρμα, έτσι ώστε κατά την πτώση να μη τραυματισθείς». Επίσης πειραματίστηκε με μια άλλη παραλλαγή πτητικής μηχανής, στην οποία ο χειριστής θρισκόταν σε όρθια θέση. Μάλιστα αυτός θα έπρεπε να είναι ιδιαίτερα δυνατός, επειδή όφειλε να κινήσει τη «μηχανή» με όλα τα μέλη του σώματός του (χέρια, πόδια, κεφάλι). Πρόκειται για μια

πτητική μηχανή τεραστίων διαστάσεων (12 μ. ύψος βάσης, 24 μ. άνοιγμα φτερών). Ο μηχανισμός αποτελείται από πλήθος τροχαλιών, τυμπάνων και ιμάντων. Και σε αυτή την περίπτωση η κίνηση επιτυγχάνεται με την παλμική κίνηση δύο ζευγών φτερών - που κινούνται αντίθετα, όπως γίνεται ο βηματισμός των αλόγων.

Ενα άλλο εκπληκτικό σχέδιο παρουσιάζει έναν πτητικό μηχανισμό συγκρατημένο στη γη με πασσάλους και μια κλίμακα που επιτρέπει την άνοδο σε αυτόν. Πρόκειται για ένα «προφητικό» σχέδιο των συστημάτων προσγείωσης των αεροσκαφών.

Πόσο μακριά βρισκόταν άραγε ο Μπλανσάρ (1753-1809) με το ιπτάμενο πλοίο του και ο Φραντσέσκο ντε Λάνα (1670) με τη φανταστική μηχανή του από την πτητική μηχανή του Λεονάρντο σε σχήμα λέμβου; Προσβάσιμη μόνο από δύο κλίμακες οι οποίες αναπαριστούσαν τα «πέλματα» των πουλιών, «ανυψωνόταν» με την κίνηση δύο ζευγών κουπιών.

Ποιος θα πίστευε, βλέποντας τα σχέδια και τα προπλάσματα του Λεονάρντο ντα Βίντσι, πως οι πιλότοι του θα ενεργοποιούσαν μονάχα έναν μοχλό που θα κινούσε παράξενα κουπιά τα οποία επρόκειτο να υψώσουν τη μηχανή του; Μήπως ήλπιζε πως οι «φυλακισμένοι» στους ιμάντες πιλότοι θα μπορούσαν να απογειωθούν; Σίγουρα δεν είχε τέτοιες αυταπάτες. Γνώριζε πολύ καλά πως αν οι δυνατοί πιλότοι του ανύψωναν κάποτε αυτές τις μηχανές, έστω και με τη δύναμη των σκελών τους, ο νόμος της βαρύτητας θα τους προσγείωνε αλύπητα στη γη. Γι' αυτό αναζήτησε νέες πηγές μηχανικής ενέργειας. Προσέθεσε στη μηχανή του μια συσκευή «τύπου» βαλλίστρας, η ελαστικότητα της οποίας θα μπορούσε να αποδώσει ενέργεια ικανή να κινήσει τα φτερά. Κι αυτή η πειραματική κατασκευή όμως δεν τον ικανοποίησε.

Μολονότι δεν κατόρθωσε να επιλύσει το πρόβλημα της κινητήριας ισχύος, απαραίτητης για την απογείωση, είχε ήδη μελετήσει επαρκώς τη θεωρία της άνωσης, την οποία είχε παρουσιάσει και χρησιμοποιήσει στα υδραυλικά και στα βαλλιστικά πειράματά του. Συνέλαβε δε και παρουσίασε το πιο προφητικό από τα σχέδιά του, το ελικόπτερο, βασισμένο στην ιδέα της κατακόρυφης πτήσης με άμεση εφαρμογή της αρχής του κοχλίας του Αρχιμήδη. Πρόκειται για μια μηχανική κατασκευή ικανή να εκτελεί μια κίνηση προς τα κάτω και προς τα πάνω και να περιίπταται σε οποιαδήποτε θέση σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Αποτελείται από έναν μηχανισμό εξοπλισμένο με μια έλικα, έναν κοχλία ακτίνας 4,80 μ. Ο κοχλίας είναι κατασκευασμένος από μεταλλικό ελικοειδή σκελετό και λινό ύφασμα, οι πόροι του οποίου έχουν κλειστεί με ειδική κόλλα. Η περιστροφική κίνηση της έλικας επιτυγχάνεται με την απελευθέρωση ενός εντατήρα, ο οποίος έχει προενταθεί με πολλές περιελίξεις σχοινού. Σύμφωνα με τις υποδείξεις του ντα Βίντσι αν στραφεί με μεγάλη ταχύτητα η προαναφερθείσα έλικα είναι ικανή να σηκωθεί στον αέρα και να ανέβει ψηλά. Ο δημιουργός στηρίζει την άποψή του με ένα πρακτικό πείραμα: «Πάρε ένα πλατύ και λεπτό χάρακα και στρέψε τον βίαια στον αέρα. Θα δεις τον ώμο σου να οδηγείται από την άκρη της επιφάνειας του χάρακα».

Ο Λεονάρντο ασχολήθηκε πειραματικά και με τον αερομοντελισμό: «Μπορεί κάποιος να κάνει ένα μικρό μοντέλο αυτής της μηχανής με χαρτί, οι άξονες του οποίου θα είναι από λεπτό συρματόσχοινο που στρέφεται με μυϊκή δύναμη». Η φανταστική μηχανή του Λεονάρντο φαίνεται πως τροφοδότησε στις αρχές του 1800 και τη φαντασία του Τζωρτζ Κέιλυ. Αλλωστε ο φανταστικός ήρωας του Ιουλίου Βερν, ο Ροβήρος ο Κατακτητής, ταξίδεψε σε όλο τον κόσμο με ένα ασυνήθιστο σκάφος που το σήκωναν 37 ζεύγη ελίκων στερεωμένων στην κορυφή 37 ιστών.

Εξετάζοντας τα σχέδια του ντα Βίντσι ανακαλύπτουμε παραστάσεις ανεμομύλων που κινούνται με τη δύναμη του αέρα. Όμως δεν φαίνεται να τις έλαβε υπόψη του. Αντίθετα ασχολήθηκε επισταμένα με τη μελέτη των οργάνων μέτρησης των δεδομένων αεροδυναμικών δεδομένων (ανεμόμετρα, βαρόμετρα, κλινομέτρα) προκειμένου να προσεγγίσει καλύτερα την πτήση που εκτελούσαν τα πουλιά. Επηρεασμένος από τη μελέτη των αρχαίων ελληνικών μαθηματικών προχώρησε στην κατασκευή αστρολάβου πολυσύνθετης μορφής ή απλού τεταρτοκυκλίου, διόπτρας και γωνιομέτρων (χωροβάτης). Στον Ατλαντικό Κώδικα βλέπουμε το σχέδιο ενός σκελετού που φέρει μια λεπτή ορθογώνια μεταλλική πλάκα ταλαντευόμενη γύρω από ένα καρφί. Το κατώτερο άκρο της κινείται πάνω από ένα διαβαθμισμένο τεταρτοκύκλιο και η ταλάντωση επιτυγχάνεται με την επίδραση της δύναμης του αέρα πάνω σε αυτό. Σύμφωνα με τις υποδείξεις του Λεονάρντο αυτό το όργανο χρησιμοποιείται για να μετρήσουμε τη δύναμη του αέρα και συγκεκριμενοποιεί την αναφορά του με το παράδειγμα ενός πλοίου.

Σίγουρα ο Λεονάρντο ντα Βίντσι είχε προχωρήσει πολύ περισσότερο τις έρευνές του. Καλλιέργησε ουσιαστικά το έδαφος για τις ανακαλύψεις των μελλοντικών επιστημόνων, εξάπτοντας μέχρι σήμερα τη φαντασία του ερευνητή με τη δύναμη της διανοίας του.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

**(1) Brion M.: *Genie et destinee, Leonard de Vinci, Paris, 1952.***

**(2) Giacomelli R.: *THE AERODYNAMICS OF LEONARDO DA VINCI*, “*Journal of the Royal Aeronautical Society*”, vol. 34, Dec. 1930.**

**(3) Hart B.I.: *THE MECHANICAL INVESTIGATIONS OF LEONARDO DA VINCI*, London, 1963.**

**(4) Kenneth Clark and Carlo Pedretti: *THE DRAWINGS OF LEONARDO DA VINCI IN THE COLLECTION OF HER MAJESTY THE QUEEN AT WINDSOR CASTLE*, τ. I-II, 1968.**

**(5) Mathe J.: *LES INVENTIONS DE LEONARD DE VINCI. DESSINS ET MAQUETTES*, Geneve-Paris, 1989.**

**(6) Εγκυκλοπαίδεια Πάπυρος-Larousse-Britannica.**

**(7) Internet.**