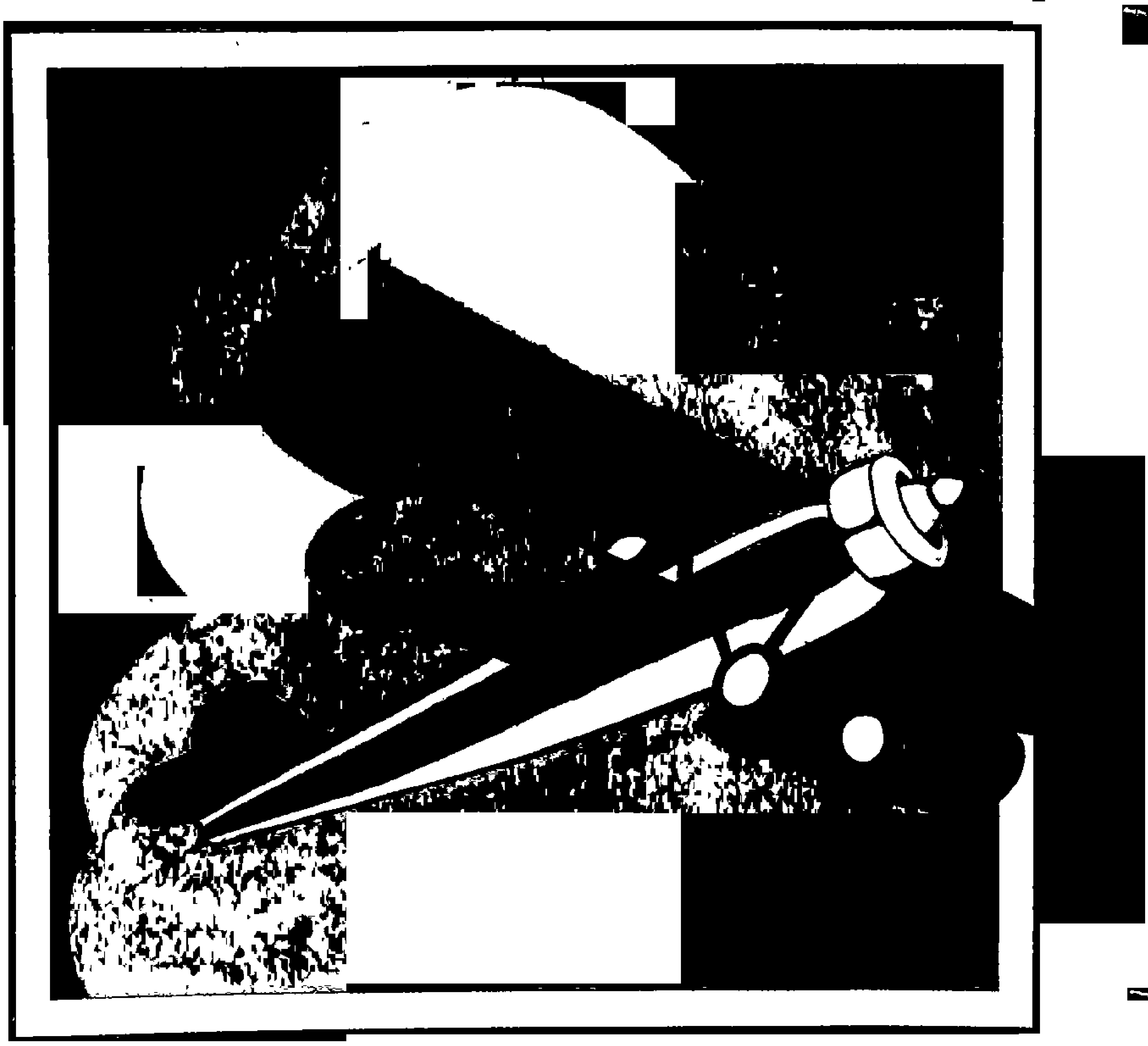
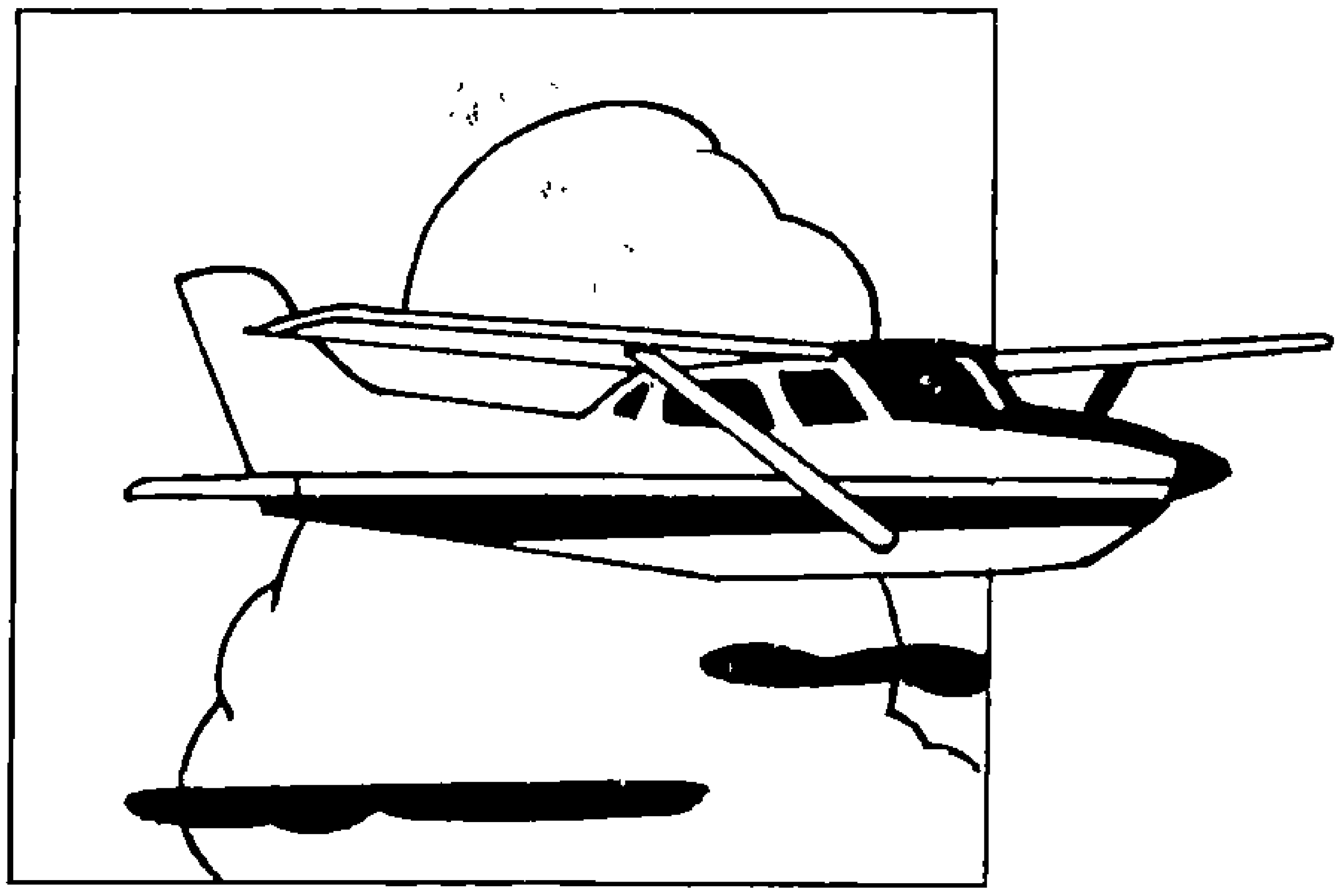


हे विमान उडते अधांतरी

माधव खरे

BVBK 0403524
BVBK-0403524

ज्योत्स्ना प्रकाशन



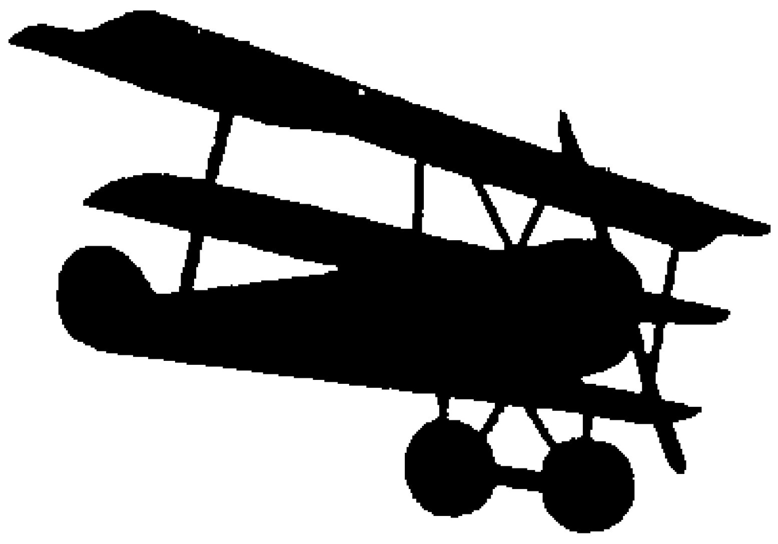
हे विमान उडते अधांतरी

माधव खरे

BVBK-040352-

BVBK-0403524

ज्योत्स्ना प्रकाशन



प्रकाशक
ल. गो. परांजपे
ज्योत्स्ना प्रकाशन
३०-सी खोताची वाडी,
गिरगांव, मुंबई ४.

प्रथमावृत्ती :
डिसेंबर १९९८

© माधव खरे
डी/३८ विष्णुकृपा सोसायटी,
१३९३ शुक्रवार पेठ, पुणे २.

मुद्रक
प्रकाश मुद्रणालय
१४११ सदाशिव पेठ,
पुणे ३०.

मूल्य चाळीस रुपये

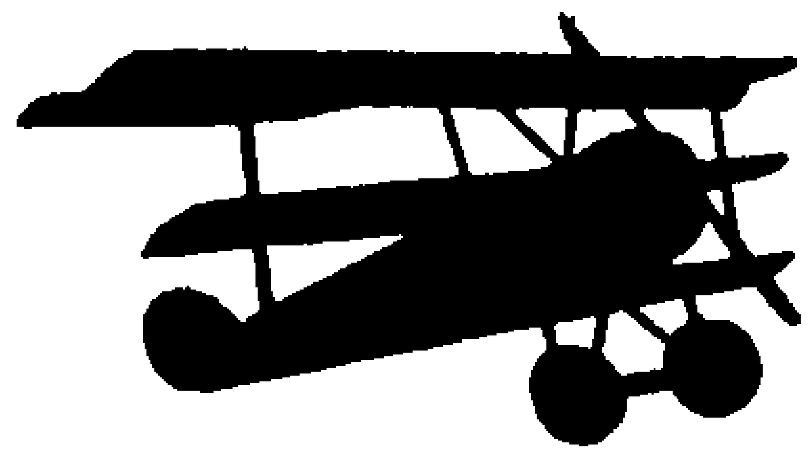
ISBN 81-86508-58-9

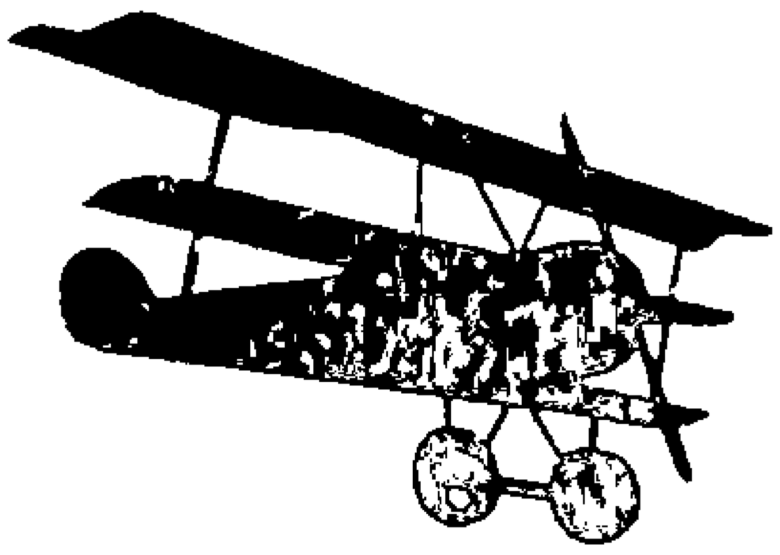
ज्योत्स्ना प्रकाशन

- मुंबई शाखा
  ३०-सी खोताची वाडी,
  गिरगांव, मुंबई ४.
- पुणे शाखा
  ६१७ नारायण पेठ,
  पुणे ३०.

'मुलांच्या कृतिशीलतेला चालना देणारी पुस्तके
लिहाच,' असा आग्रह करणाऱ्या
सूज्ञ पालकांना आणि हितचिंतकांना
अत्यंत कृतज्ञतापूर्वक अर्पण.

माधव खरे





प्रस्तावना

'विमाने उडवा - लढाऊ' हे पुस्तक १९९३ साली प्रकाशित झाले. या पुस्तकाचे सर्व थरातून स्वागत झाले. 'NCERT'नेही १९९३-९४ चे पारितोषिक देऊन या पुस्तकाचा सन्मान केला. आजपर्यंत याच्या तीन मराठी आणि चार इंग्रजी आवृत्त्या निघाल्या. यावरून अशा पुस्तकांची मुलांना अत्यंत गरज असल्याचे जाणवते. या पुस्तकाच्या संदर्भात मला अनेक पत्रे आली. त्यामध्ये विद्यार्थ्यांची, पालकांची आणि शिक्षकांचीही पत्रे होती. यातील बरीचशी पत्रे विमाने बनवताना आणि विशेषतः उडवताना येणाऱ्या अडचणींविषयी होती. येथे नमूद करण्यासारखी महत्त्वाची बाब ही की, अडचणी मांडणाऱ्या या पत्रांचा सूर कधीही तक्रारीचा नव्हता; तर पुस्तकात अजून जास्त तपशील असावा, शास्त्रीय तत्त्वांचे अधिक स्पष्टीकरण द्यावे, विमानांच्या उड्डाणाचे तंत्र आणि शास्त्र यावर जास्त भर द्यावा अशा स्वरूपाच्या मागण्या त्यात केलेल्या असत.

अशा मागण्यांची पूर्तता करण्यात मला नेहमीच आनंद वाटतो. शास्त्र हा तसा कठीण समजला जाणारा विषय. त्यातून विमानांशी संबंधित शास्त्र जास्तच कठीण. असे असूनही अनेकांना यातील तपशील समजून घेण्याची उत्सुकता वाटावी हे निश्चितच आनददायक आहे.

'हे विमान उडते अधांतरी' हे पुस्तक 'वायुगतिशास्त्र' (एरोडायनॅमिक्स) या विषयाच्या गणिती तपशीलात फार खोलवर न जाता त्यातील उपयुक्त असे मर्म समजावे या उद्देशाने लिहिले आहे. अर्थात अशा पुस्तकामध्ये गणिताशी अगदीच फारकत घेणे जमत नाही, म्हणून अगदी आवश्यक तेवढाच गणिताचा आधार येथे घेतला आहे; आणि ते अगदी पाचवी, सहावीच्या विद्यार्थ्यांना समजेल एवढे सोपे आहे.

अनेक पत्रांमधून, 'मला विमानांची मापे सांगा; म्हणजे आमचे आम्हाला विमान बनवता येईल,' अशीही मागणी केलेली असे. अयत्या तयार विमानापेक्षा आपण स्वतः काही निर्माण करावे अशी त्यांची इच्छा असे. अशा विद्यार्थ्यांसाठी काही प्राथमिक समीकरणे संदर्भासाठी यात दिलेली आहेत. अर्थात त्यांनी या समीकरणांचा वापर तंतोतंत न करता संदर्भ म्हणूनच करावा असे अपेक्षित आहे. कागदाचा प्रकार, वजन, गुळगुळीतपणा, डिंकाचा प्रकार इत्यादी असंख्य बाबींवर विमानांचे उड्डाण अवलंबून असल्याने कोणतेही समीकरण जसेच्या तसे वापरून चालणार नाही. अनुभव घेत घेत आणि प्रयोग करूनच उत्तम अशी रचना करता येते. प्रयोगशील वृत्तीचे विद्यार्थी या समीकरणांचा योग्य असा वापर करून स्वतःचे आराखडे काढू शकतील आणि तशी विमाने बनवू शकतील असा मला विश्वास वाटतो.

सर्वसामान्य वाचकांची विमानामागील शास्त्र जाणण्याची उत्सुकता आणि कुतूहल यातून शमवले जाईल. विमान का उडते? ते कसे उडते? त्याचा तोल साधणे म्हणजे काय? विमानाकडे नुसते पाहून त्याच्या उड्डाणाविषयी अंदाज कसा बांधावा? विमान उडविण्याची अचूक पद्धत कोणती? मैदानात वाहणाऱ्या वाऱ्याचा अंदाज घेऊन उड्डाण कसे करावे? इत्यादी अनेक गोष्टी या पुस्तकातून स्पष्ट केल्या आहेत. स्वतःचे विमान बनवणे आणि उडवणे या पुस्तकाच्या अध्ययनाने सोपे जाईल याची मला खात्री आहे.

माधव खरे

वायुगतिशास्त्र

आपले संपूर्ण जीवन हवेवर अवलंबून आहे. जीवनाच्या पहिल्या श्वासापासून ते अखेरपर्यंत आपला हवेशी अगदी जवळचा संबंध असतो. असे असूनही आपण मात्र हवेला वेसरून जातो. आपल्याला रोजच्या व्यवहारात हवेची दखल घ्यावी असे प्रसंग क्वचित येतात. जेव्हा ते येतात तेव्हा बहुधा वायुप्रदूषण, हवेच्या दाबाचे पट्टे आणि मोसमी वारे इत्यादीपुरतेच हे विषय मर्यादित राहतात. यापेक्षा जास्त लक्ष द्यावे, शास्त्रीय अभ्यास करणे भाग पडावे अशा अडचणी हवा आपल्यासमोर उभ्या करीत नाही!

विसाव्या शतकाच्या या अखेरच्या काही वर्षांमध्ये मानवाचे आयुष्य विलक्षण गतिमान झाले आहे. गतीला महत्त्व असणाऱ्या या युगामध्ये गतीला होणारा विरोध कमी करून गती कशी वाढेल याचा विचार होऊ लागला. यात मुख्य विरोध जाणवत होता हवेचा. हा विरोध टाळण्यासाठी हल्लीचे वेगवान धावपटू अंगावर घट्ट बसणारे, गुळगुळीत कापडाचे तंग कपडे घालतात. केसांमधून हवा जाऊन विरोध वाढू नये म्हणून तुळतुळीत गोटा करतात किंवा प्लॅस्टिकची घट्ट बसणारी टोपी घालतात. सायकलिंग करणारे पुढे वाकून हँडलवर डोके टेकून सायकल चालवतात. त्यांच्या सायकलीसुद्धा खास प्रकाराने बनवल्या जातात. स्पोकमुळे हवेचा विरोध वाढतो म्हणून स्पोक न वापरता तबकडीसारखी चाके असणाऱ्या सायकली सध्या वापरल्या जातात. मोटरसायकली आणि मोटारी यांचे तर असे असंख्य आराखडे आहेत.

जमिनीवरून चालणाऱ्या वाहनांसाठी जर हवेचा एवढा शास्त्रीय अभ्यास केला तर विमानाचे आराखडे करण्यासाठी किती करायला हवा? विमानाच्या अगदी सुरुवातीच्या अवस्थेत 'विमान' ही संकल्पना विकसित करणाऱ्यांनी हवेच्या शास्त्रीय अभ्यासाला सुरुवात केली. नंतर यात एवढे मोठे शोध लागले की, वायुगतिशास्त्र (एरोडायनॅमिक्स) ही एक अत्यंत महत्त्वाची शाखा आज निर्माण झाली आहे.

स्वैर वाहणाऱ्या या हवेची शास्त्रीय ओळख आपल्याला पहिलीच्या धड्यातच होते. 'हवा हलू लागली - वाहू लागली की त्याला वारा म्हणतात.' अशी वाऱ्याची व्याख्या मी पहिलीत शिकलो.

वाहणाऱ्या पदार्थाला प्रवाही पदार्थ म्हणतात. तसे पाहिले तर हवा हा काही एकमेव वाहणारा म्हणजे प्रवाही पदार्थ नाही. द्रवपदार्थही प्रवाही असतात. या सर्व पदार्थांच्या प्रवाहीपणात विलक्षण साम्य असते. म्हणून वायुगति-शास्त्र (एरोडायनॅमिक्स) ही द्रवगति-शास्त्र (फ्ल्युइड डायनॅमिक्स) या विषयाची पोटशाखा मानली जाते. या विषयाचा अभ्यास अनेक क्षेत्रात आवश्यक ठरतो. बोटी आणि पाण्यातून जाणारी वाहने बनविणारे वैज्ञानिक हीच तत्त्वे शिकतात आणि वापरतात. पाण्याचे कालवे बांधणारे, नदीच्या पात्रातून पूल बांधणारे या सर्वांना याचा अभ्यास करावा लागतो. द्रवपदार्थांची नळांमधून (पाइपलाइन) वाहतूक केली जाते. या नळांची रचना

करणाऱ्यांनाही या शास्त्राचा अभ्यास करावा लागतो. पवनचक्कीची रचना करणाऱ्यांना तर हवेची माहिती असावीच लागते.

पण या सर्वांपेक्षा जास्त अभ्यास करावा लागतो तो विमाने बांधणाऱ्यांना आणि उडविणाऱ्यांना. कारण हवेत अधांतरी उडू शकणाऱ्या या वाहनांचे संपूर्ण भवितव्य हवेवरच अवलंबून असते. म्हणून हवेच्या वैशिष्ट्यांची ओळख त्यांना चांगलीच असावी लागते. कागदी विमाने उडविणारे आपण सर्वजणदेखील याच गटातले आहोत! आणि म्हणूनच आपण हवेला नीट समजून घ्यायला हवे.

हवा

हवा ही विविध वायूंचे मिश्रण आहे. प्राणवायू, नत्रवायू, कार्बन-डाय-ऑक्साइड आणि काही प्रमाणात इतर वायू या सर्वांचे मिश्रण हवेत आढळते. हवेमध्ये अत्यंत सूक्ष्म असे कण तरंगत असतात. याला आपण 'धूळ' असे म्हणतो. याबरोबरच यामध्ये पाण्याची वाफ मिसळलेली असते. किनारपट्टीवर हवेमध्ये बाष्पाचे प्रमाण खूप जास्त असते. अशा या मिश्रणाचे गुणधर्म सर्व जागी तंतोतंत सारखेच असतील असे मानणे चुकीचे ठरते. अर्थात हे मिश्रण अत्यंत विरळ असल्यामुळे उड्डाणाचे दृष्टीने त्यामधील फरक फारसे महत्त्वपूर्ण ठरत नाहीत. शिवाय आपल्याला हवेचे रासायनिक अथवा जीवशास्त्रीय गुणधर्म पाहायचे नसून कायिक गुणधर्म (फिजिकल प्रॉपर्टीज) पाहायचे असल्याने हवा हा या सर्व वैशिष्ट्यांसह एकच पदार्थ आहे असे मानले तरी चालेल.

हवेच्या ज्या गुणधर्मांचा आपल्या विमानाच्या अभ्यासासाठी विशेष उपयोग होणार आहे त्यांचा आता आपण विचार करूया.

१) दबण्याची क्षमता (कॉंप्रेसिबिलिटी): हवेचा हा अत्यंत महत्त्वाचा गुणधर्म आहे. हवेचा जेथे जेथे वापर होतो तेथे तेथे या गुणधर्माचाच वापर मुख्यत्वेकरून होतो. हवा बंदिस्त जागेत कोंडून तिचे आकारमान कमी केले तर तिचा दाब वाढतो. या गुणधर्माचाच वापर सर्व प्रकारच्या पंपांमध्ये केला जातो. सायकलच्या पंपाने हवा दाबून आपण ती सायकलमध्ये भरतो. वातावरणाच्या दाबाचा वापर करून आपण सरबत पितो किंवा पंपाने तिसऱ्या मजल्यावर पाणी चढवतो. याच हवेला दाबून असंख्य प्रकारची यंत्रे चालविली जातात; त्यांना 'न्यूमॅटिक' यंत्रे असे म्हणतात. पेट्रोल, डिझेलवर चालणारी इंजिनेसुद्धा त्यांच्या सिलिंडरमध्ये हवेचा दाब वापरतात. जेट इंजिनेही हवेच्या दाबले जाण्याच्या क्षमतेवरच चालतात.

२) प्रवाहीपणा (फ्ल्युइडिटी): दोन ठिकाणच्या दाबांमध्ये फरक पडल्याने एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी वाहत जाणे म्हणजेच प्रवाहीपणा. हवेच्या अंगी असलेल्या या गुणधर्मामुळे वारे निर्माण होतात. प्रवाहीपणाचा उगम अर्थातच दबण्याच्या क्षमतेमुळे होतो.

३) तापमानाविषयी संवेदनक्षमता (थर्मल सेन्सिटिव्हिटी): तापमानातील बदलाचा परिणाम हवेवर चटकन होतो. तापमान वाढताच हवेचे कण एकमेकांपासून

जास्त दूर जाण्याचा प्रयत्न करतात. हवा बंदिस्त जागेत असेल तर त्याचा परिणाम म्हणून हवेचा दाब वाढतो. म्हणूनच उन्हाळ्यात सायकल, स्कूटर्स, मोटारी फार वेळ उन्हात राहिल्यास त्यांच्या चाकांच्या ट्यूब्ज फुटतात. ट्यूबमधील तापलेल्या हवेचा दाब एवढा वाढतो, की तो ट्यूबला सहन होत नाही. या उलट थंडीमध्ये सकाळी सायकलचे टायर दबलेले वाटतात. या संवेदनक्षमतेवरही विमानातील काही गोष्टी अवलंबून असतात.

४) चिकटून राहण्याचा गुणधर्म (अॅडेसिव्ह प्रॉपर्टी): हवा तिच्या सान्निध्यात येणाऱ्या कोणत्याही पदार्थाला धरून राहते. हवेचा अत्यंत पातळ थर प्रत्येक पृष्ठभागाला चिकटलेला असतो. पृष्ठभाग जेवढा खरबरीत तेवढा हा थर जास्त जाडीचा असतो. गुळगुळीत पृष्ठभागावर हा थर अगदी कमी असतो. विमान उड्डाण आणि नियंत्रणाशी संबंधित कोणतीही चर्चा करताना याच गुणधर्माचा आधार घ्यावा लागतो. 'एरोडायनॅमिक्स' म्हणजेच वायुगतिशास्त्राच्या दृष्टीने हा गुणधर्म विशेष महत्त्वाचा आहे. आपल्या पुढील चर्चेत याचा उल्लेख वारंवार येईल.

हवेमध्ये उडणाऱ्या कोणत्याही वस्तूस वरील गुणधर्मांमुळे फायदाही असतो आणि तोटाही असतो. या सर्वांचा जास्तीत जास्त फायदा करून घेणे आणि तोटा किमान ठेवणे म्हणजेच विमान बनवणे!

✈ ✈ ✈

३५२७ Runee
विषय

विमान म्हणजे काय?

अगदी सोप्या शब्दात सांगायचे झाले तर 'हवेत विहार करणारी वस्तू म्हणजे विमान,' असे विमानाचे वर्णन करता येईल. पण शास्त्रीय विचार करायचा झाला तर या वर्णनाचा व्याख्या म्हणून स्वीकार करता येणार नाही.

'तरंगणे' आणि 'उडणे'

हवेमध्ये विहार करणाऱ्या वस्तूंच्या बाबतीत आपण दोन शब्द बहुधा वापरतो. 'तरंगणे' आणि 'उडणे'. नेमकेपणाचा विचार न करता हे दोन्ही शब्द बहुधा सारख्याच अर्थाने वापरले जातात. पण शास्त्रीय विचार मांडताना असे सैलपणे शब्द वापरून चालत नाही. 'तरंगणे' आणि 'उडणे' यात खरोखरच काही फरक आहे काय? नीट विचार केला तर त्यात नक्कीच फरक आढळेल.

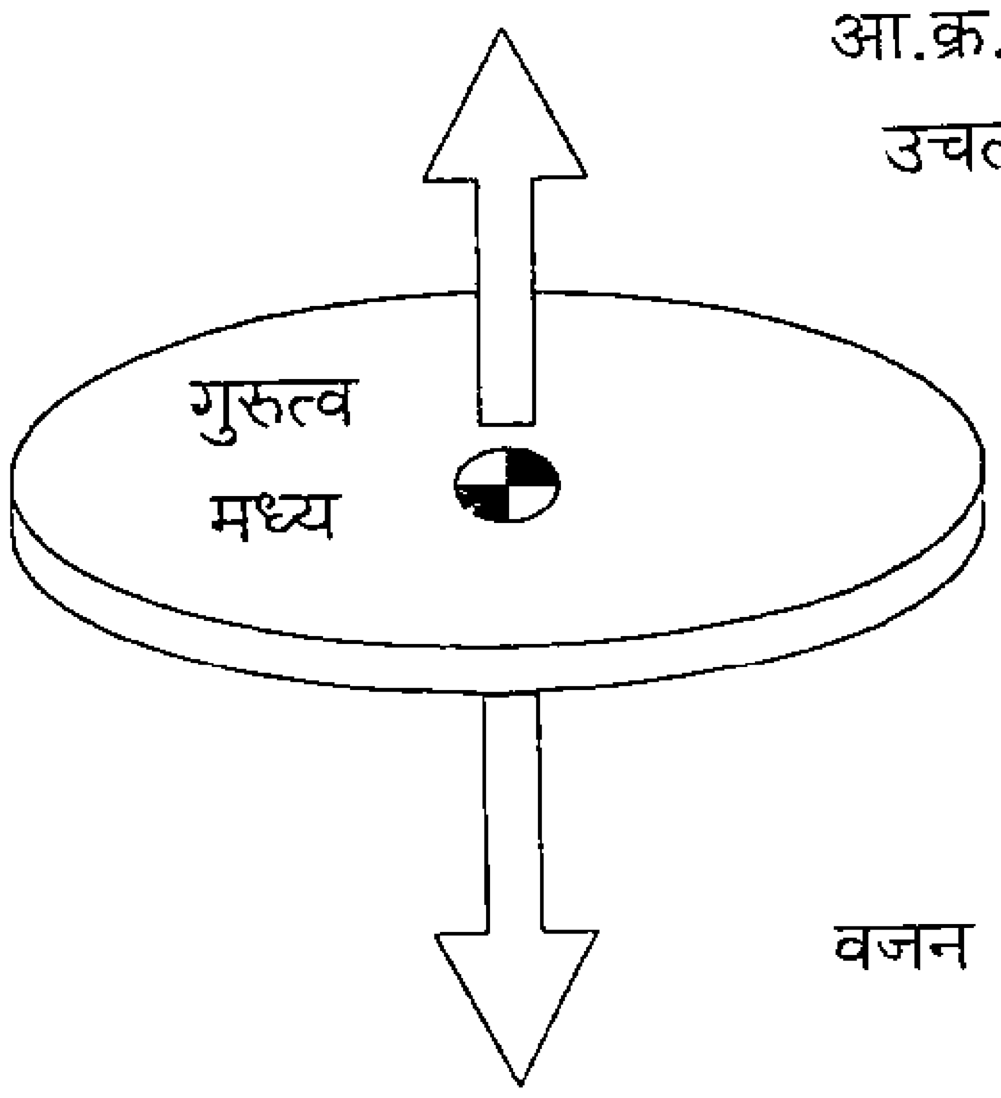
गॅसचा फुगा हवेत तरंगतो पण पक्षी हवेत उडतात. याचाच अर्थ असा, की 'तरंगणे' हा शब्द हवेपेक्षा हलक्या वस्तूच्या बाबतीत वापरला जातो आणि 'उडणे' हा शब्द हवेपेक्षा जड वस्तूच्या बाबतीत वापरतात.

हवेपेक्षा हलक्या वस्तूंना उडण्यासाठी काही विशिष्ट आकार अथवा अवयव असण्याची आवश्यकता नसते. जसे लाकडाचा कोणत्याही आकाराचा तुकडा पाण्यात तरंगतोच, त्याप्रमाणे हवेपेक्षा हलक्या वस्तू कशाही आकाराच्या असल्या तरी हवेत तरंगू शकतात. पण हवेपेक्षा जड वस्तू हवेत अधांतरी राहण्या-साठी भरपूर बळाचा वापर करावा लागतो.

उद्धरण शक्ती / उचल

हवेपेक्षा जड अशा वस्तूला गुरुत्वाकर्षणाच्या शक्तीला विरोध करून हवेमध्ये राहायचे असते. यासाठी कोणत्या ना कोणत्या स्वरूपात शक्ती खर्च करावी लागते. अशा हवेत असणाऱ्या वस्तूंची शास्त्रीय स्थिती आ. क्र. १ मध्ये दाखविली आहे.

आ.क्र. १



गुरुत्वमध्यातून या वस्तूला जमिनीकडे खेचणाऱ्या शक्तीला आपण 'वजन' असे म्हणतो. या वजनाला विरोध करणारी शक्ती म्हणजेच 'उद्धरणशक्ती' किंवा 'उचल'. कोणतीही वस्तू हवेत राहण्यासाठी अशी उचल निर्माण करणे आवश्यक असते. जेव्हा उचल आणि वजन या दोन्ही प्रेरणा सारख्याच शक्तीच्या बनतात तेव्हा दीर्घकाळ वस्तू हवेमध्ये राहू शकते.

या मुद्याच्या आधारे विमानाची प्राथमिक व्याख्या अशी करता येईल.

गुरुत्वाकर्षणाच्या शक्तीला विरोध करून हवेमध्ये अधांतरी राहण्याची क्षमता आणणारे ***विशिष्ट पृष्ठभाग*** *असणारी वस्तू म्हणजे विमान.*

यातील 'विशिष्ट पृष्ठभाग' हा शब्द विशेष

महत्त्वाचा आहे. गुरुत्वाकर्षणाला विरोध करण्याची शक्ती अनेक मार्गांनी मिळवता येते. आपण हवेत उडी मारतो तेव्हा क्षणभर का होईना, आपण हवेत उडतच असतो. आपण उंच फेकलेला बॉलदेखील काही काळ हवेत उडत राहतो. क्षेपणास्त्रे आणि चंद्रापर्यंत गेलेली सर्व रॉकेटस् गुरुत्वाकर्षणाला विरोध करूनच उडतात. पण या सर्वांना आपण विमान म्हणू शकत नाही किंवा म्हणत नाही; असे का?

याचे प्रमुख कारण म्हणजे वर उल्लेख केलेल्या उदाहरणांतील कार्यशक्ती मुळातच वस्तूंच्या वजनापेक्षा जास्त असते. त्यामुळे उड्डाणाच्या दृष्टीने त्यांना आकाराचे फारसे महत्त्व नसते.

या उलट विमानाचे वजन प्रचंड असते आणि त्याचे इंजिन काही त्या वजनाएवढी किंवा वजनापेक्षा जास्त शक्ती देणारे नसते. ते खूपच कमी शक्तीचे असते. असे असूनही या कमी शक्तीच्या इंजिनाचा वापर करून विमाने हजारो मैल उडतात. म्हणजेच विमानाचे प्रचंड वजन पेलून धरणारी इंजनाव्यतिरिक्त आणखी कोणतीतरी शक्ती विमानाला उपलब्ध असते. ही शक्ती येते हवेच्या विविध गुणधर्मातून आणि या शक्तीचा पुरेपूर वापर करण्यासाठी आवश्यक असतो **विशिष्ट पृष्ठभाग**. अशा पृष्ठभागाच्या आधारे हवेच्या गुणधर्मांचा वापर करून आपण एकूण वजनाच्या केवळ एक चतुर्थांश शक्तीचे इंजिन वापरून विमान हवेमध्ये तासन्तास तरंगवू शकतो.

इंजिन अजिबात नसले तरीसुद्धा विमाने, याने हवेमध्ये तरंगणे मानवाने शक्य केले आहे. यांना आपण 'तरंगयाने' म्हणजेच 'ग्लायडर्स' असे म्हणतो. हे शक्य होते त्या 'विशिष्ट पृष्ठभागा'मुळेच.

असा पृष्ठभाग असणारी एक वस्तू आपणाला परिचित आहेच, ती वस्तू म्हणजे पतंग.

हा पतग काय करतो? कसा उडतो? त्याला उडण्याची शक्ती कोण देतो? याचा आपण थोडा विचार करू.

पृष्ठभागाच्या मानाने कमी वजन

पतंग उडवताना आपण वाऱ्याकडे पाठ करून उभे राहतो आणि पतंग हवेत सोडतो. वाऱ्याची शक्ती पतंगाच्या मोठ्या पृष्ठभागावर दाब निर्माण करते आणि पतंगाला हवेत उचलते. हाच वारा आपल्या पाठीवरही दाब निर्माण करतो. आपली पाठ किंवा पाठीचा पृष्ठभाग पतंगापेक्षा नक्कीच मोठा आहे. असे असूनही आपण मात्र हवेत उचलले जाऊ शकत नाही, असे का? एखादा लहान मुलगासुद्धा याचे उत्तर चटकन देईल. पतंग अगदी हलका आहे आणि आपले वजन मात्र भरपूर आहे. म्हणजेच केवळ पृष्ठभाग हा एकच मुद्दा ध्यानात घेऊन चालणार नाही तर त्या वस्तूचे वजनही विचारात घ्यायला हवे. वजनाच्या मानाने पुरेसा मोठा असा पृष्ठभाग मिळाल्यावर हवा त्याला (वजनाला) वर उचलू शकते.

आता हे खरे मानले, तर वर्तमानपत्राचा एक मोठा कागद हवेत सोडून पाहा बरे! या कागदाचा पृष्ठभाग पतंगापेक्षा मोठा आहे, वजन पतंगापेक्षा कमी आहे, तरीही ज्या वाऱ्यात पतंग व्यवस्थित उडतो त्याच वाऱ्यात हा कागद उडू शकत नाही. असे का होते?

विशिष्ट स्थितीत राहणारा ठराविक आकार

पतंगाचा आकार ठराविक असून बांबूच्या काड्यांच्या सहाय्याने त्याला ताठपणा दिलेला आहे. हा पतंग असाच हवेमध्ये सोडला तर उडेल काय? अर्थातच नाही! कारण हवेत तो ठराविक प्रकारानेच राहण्यासाठी कोणतीही व्यवस्था आपण केलेली नाही. ती कशी करतात?

पतंगाला मध्यावर दोऱ्याने कणी बांधलेली असते. कणीला बांधलेल्या दोऱ्याच्या आधाराने हा पतंग आपण धरून ठेवतो. उडविण्याच्या आधी त्याची डावी-उजवी बाजू बरोबर तोलून सारखी करतो. उभ्या काडीच्या एका बाजूला त्रिकोणी जाड कागदाचा लंगोट आणि शेपटी लावलेली असते. या सर्व मार्गांनी पतंगाचे समतोलत्व अशा प्रकारे साधले जाते, की हा पतंग सतत वाऱ्याच्या दिशेला त्याचा पृष्ठभागच करेल.

वाऱ्याची शक्ती या पृष्ठभागावर सतत कार्य करीत राहते आणि पतंग उडत राहतो.

कागदाच्या तावाला कोणताच ठराविक आकार नसतो आणि तो त्याचा पृष्ठभागच वाऱ्याकडे करून राहील याची खात्री नसते. त्याची घडी पडते, तो चुरगळतो, गिरक्या घेतो आणि म्हणूनच तो हवेत नियंत्रित उड्डाण करू शकत नाही.

वरील चर्चेच्या आधारे विमानाची व्याख्या पुढील प्रमाणे तयार करता येईल.

विशिष्ट पृष्ठभागाच्या आधारे हवेच्या गुणधर्मांचा फायदा घेत हवेमध्ये नियंत्रित उड्डाण करणाऱ्या वस्तूला विमान म्हणतात.

या व्याख्येच्या आधारे आपण पतंगाला विमान म्हणावे का? जरूर म्हणावे! कारण तो वरील सर्व निकष पूर्ण करतो. पण त्यात एकच कमतरता आहे. पतंगाचे नियंत्रण दोऱ्याच्या आधारे जमिनीवरून केले जाते. या पतंगाचा दोरा जोपर्यंत जमिनीवरील व्यक्तीच्या हातात किंवा जमिनीवरील वस्तूला घट्ट धरून आहे, तोवरच हा पतंग उडतो. कटलेला पतंग कसा झोकांड्या खात जमिनीवर पडतो ते आपण पाहिले आहेच. मग आपण हा छोटासा दोष दूर करून पतंगाचेच विमानात रूपांतर करू शकू काय?

चला तर प्रत्यक्ष करूनच पाहूया !

✈ ✈ ✈

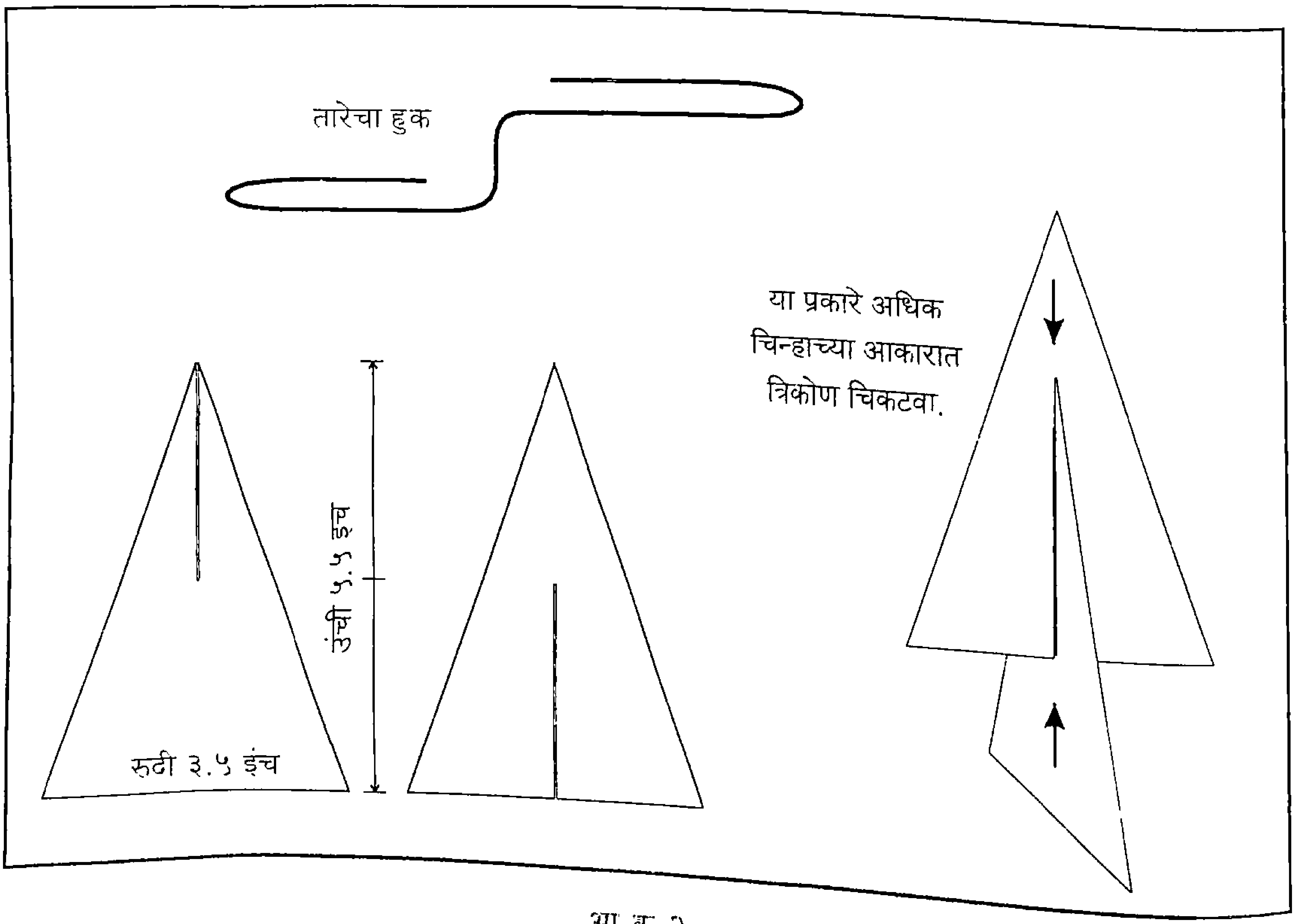
पतंगाचे विमान

साहित्यः साधारणपणे १२ इंच बाजू असलेला एक पतंग, २ फूट लांबीची लाकडी पट्टी (लाकडी पट्टी न मिळाल्यास बांबूची पाव इंच रुंदीची व २ फूट लांबीची छडी चालेल), सायकलचा स्पोक किंवा तशा प्रकारची तार, शाडू मातीचा गोळा, जुनी पोस्टकार्डे, दोरा, फेव्हिकॉल वगैरे.

कृतीः पोस्टकार्डाचे साडेतीन इंच पाया असलेले दोन समभुज त्रिकोण कापा. (पोस्टकार्डाची रुंदी साडेतीन इंच असते.) दोन्ही त्रिकोणांची मध्यगा आखून घ्या व त्यांचे मध्यबिंदू काढा.

एका त्रिकोणाची मध्यगा कोनापासून मध्यबिंदूपर्यंत कापा व दुसऱ्या त्रिकोणाची मध्यगा पायापासून मध्यबिंदूपर्यंत कापा. (आ.क्र.२पाहा.) आता हे दोन्ही त्रिकोण त्यांच्या या दोन्ही खाचा एकात एक बसतील अशाप्रकारे अधिक चिन्हाच्या आकारात एकमेकांस चिकटवा. वाळू द्या.

आ.क्र. २ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे आठ इंची तारेचा एक हुक बनवा. छडीच्या एका टोकापासून ७ ते ८ इंचावर हा हुक दोऱ्याच्या सहाय्याने बांधा. दोऱ्यावरून फेव्हिकॉल लावून घट्ट करा. पतंगाची मधली काडी या तारेवर आणा आणि सुईदोऱ्याने टाके घालून तार आणि पतंगाच्या काडीचा पुढचा भाग आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे घट्ट बांधा. त्याच्या वरून व



आ.क्र. २

खालून फेव्हिकॉल लावा. पतंगाच्या काडीचे दुसरे टोक छडीवर आणून टेकवा व ते दोऱ्याने तेथे घट्ट बांधा. त्यावरही फेव्हिकॉल लावा. आता अधिक (+) चिन्हाच्या आकारात लावलेले कार्डाचे तुकडे शेपटीच्या बाजूला छडीवर बांधा. (त्याची पुढे आलेली तार छडीवर ठेवून दोऱ्याने घट्ट बांधा) त्यावर फेव्हिकॉल लावा. यातील एक त्रिकोण उभा आणि एक त्रिकोण जमिनीसमांतर ठेवा. विमान पूर्ण वाळू द्या. वाळल्यानंतर पतंगाच्या गोल काडीच्या दोन्ही टोकाला धरून विमान उचला. त्याची शेपटीची बाजू जड झालेली आढळेल. या विमानाचा गुरुत्वमध्य या दोन बिंदूतून जातो. यासाठी शाडूमातीचा गोळा नाकाच्या बाजूला लावून नाक शेपटीपेक्षा किंचित जास्त जड होईल, असे पाहा.

चांचणी उड्डाण

विमान गुरुत्वमध्याच्या थोडे मागे धरा. विमानाचे नाक जमिनीकडे करा. विमानाचे पंख जमिनीशी समांतर राहतील असे पाहा आणि मर्यादित शक्ती वापरून विमान सोडा. आ. क्र. ३ पाहा.

विमान अ, ब किंवा क यापैकी एका प्रकाराने उडेल. याचा अर्थ समजून घ्या.

'अ' या मार्गाने विमान उडले तर काम झाले! अचूक उड्डाण.

विमान किंचित खाली जाईल आणि वेग घेताच लांबवर जमिनीशी समांतर तरगत जाईल.

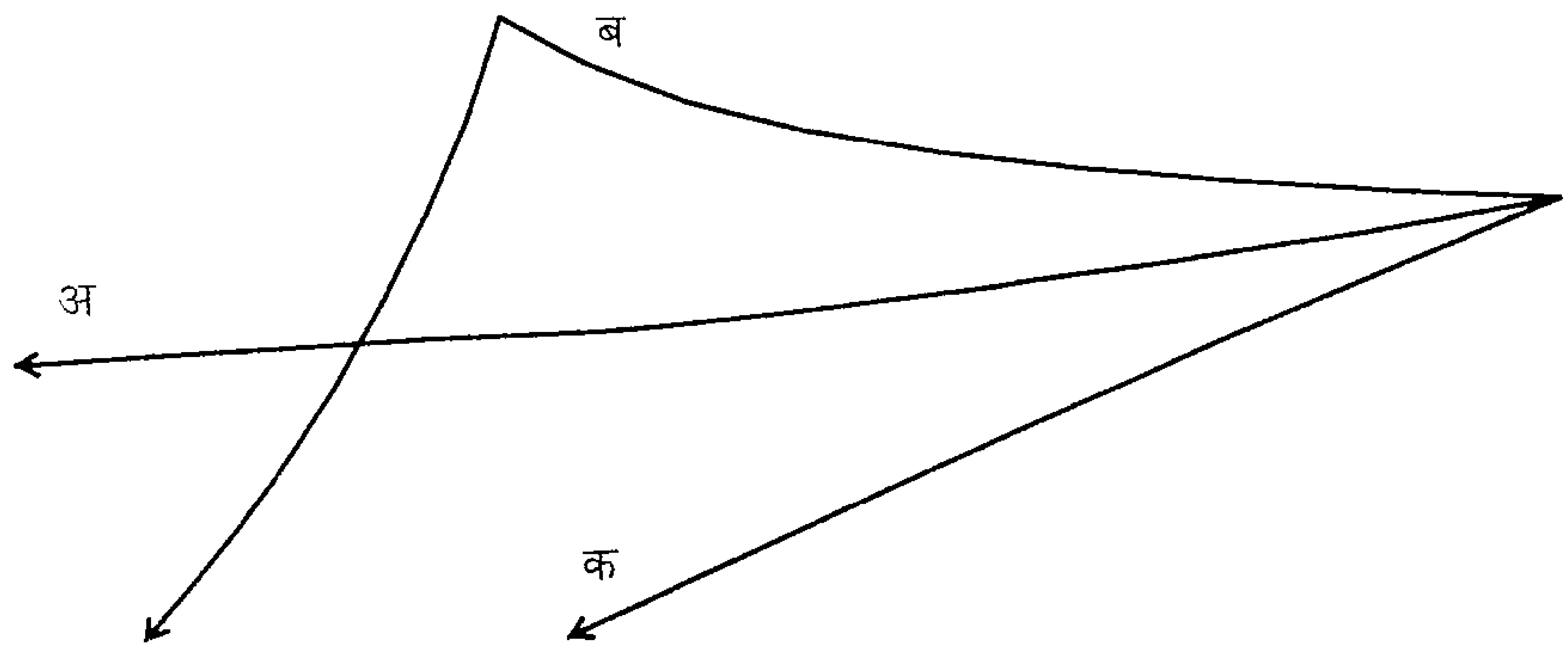
'ब' या मार्गाने विमान उडले तर त्याची दोन-तीन कारणे असू शकतात.

१) विमानाच्या नाकाकडचे वजन कमी असल्यामुळे नाक वर उचलते आहे, यावर उपाय म्हणून नाकाकडचे वजन वाढवा.

२) कदाचित तुम्ही विमान जास्त जोरात फेकले असेल किंवा फेकताना झटका दिला असेल, आणखी दोन-चार वेळा कमी जास्त शक्ती लावून चांचणी घ्या.

३) विमानाची शेपटी तार वाकल्याने अथवा इतर काही कारणाने वर उचलली गेली असावी. ही शेपटी लाकडी पट्टीला समांतर ठेवा.

'क' या मार्गाने विमान उडाले, तर दोष गंभीर समजावा. याची कारणे दोन असू शकतात.



आ. क्र. ३ चाचणी उड्डाण

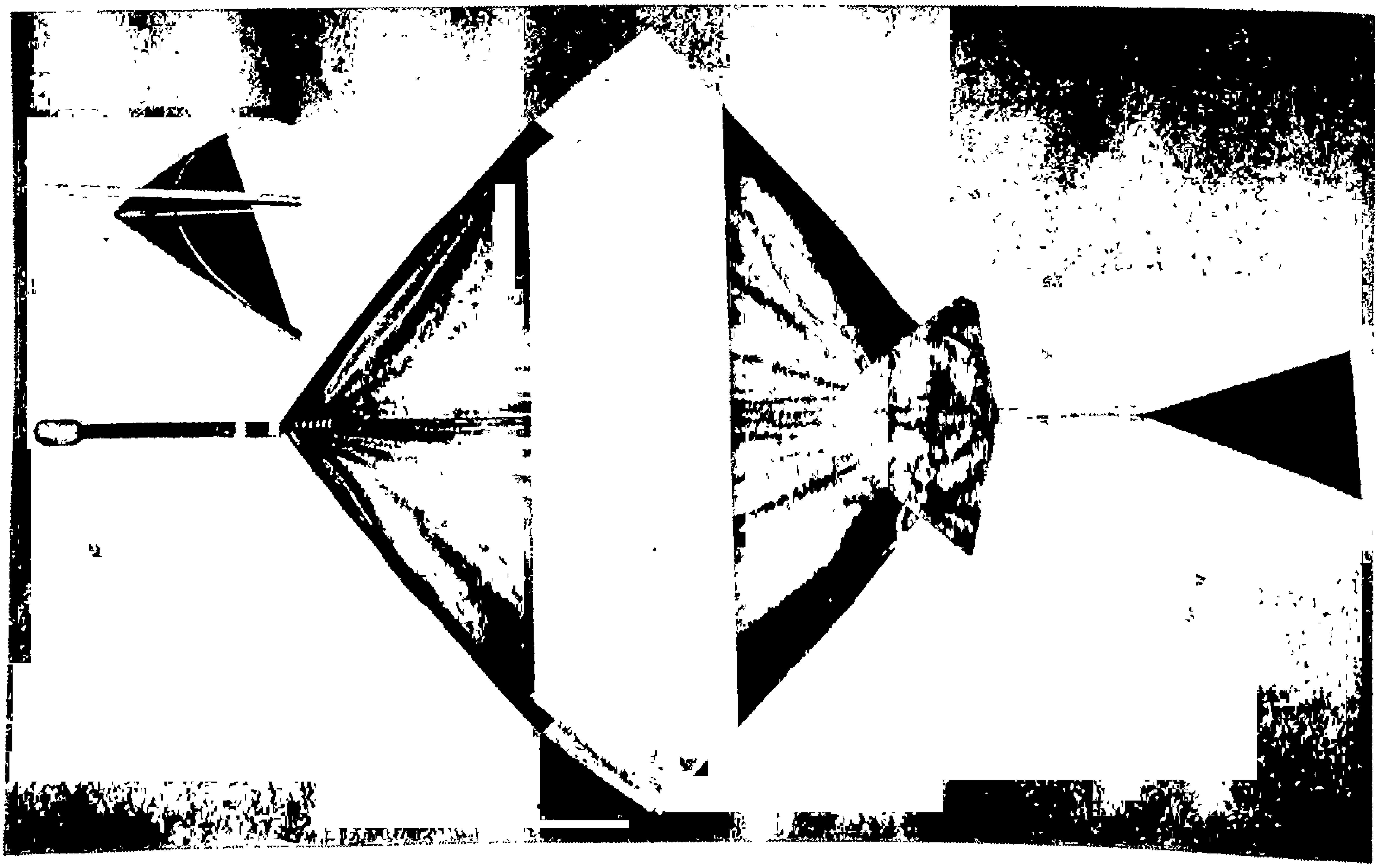
१) विमानाचे नाक जास्त जड झाले आहे, नाकाकडील वजन कमी करा. जर नाकाकडे वजनच लावले नसेल, तर एलेव्हेटर्स वर करा.

२) विमानाची शेपटी खालील बाजूस वाकली असावी, शेपटी नेहमी लाकडी पट्टीला समांतरच ठेवा

चांचणी उड्डाणानंतर आवश्यक त्या सुधारणा केल्यावर तुमच्या लक्षात येईल की खात्रीशीर आणि अगदी संथ उडणारे असे एक अफलातून तरंगयान तुमचे हातात आले आहे! जर हे उंच इमारतीवरून सोडलेत तर फारच सुंदर दिसेल. ते सरळ उडण्यायोग्य अथवा वळणे घेत उडणारे करायचे असेल तर शेपटीमधील कागदाचे उभे तुकडे डाव्या-उजव्या बाजूला किंचित वाकवून ते जमू शकेल. तुम्ही स्वतःच प्रयोग करून या गोष्टी शोधून काढा.

लहान-मोठ्या आकाराचा पतंग मिळाला, तर त्यानुसार काडीच्या लांबीत, त्रिकोणी तुकड्यांच्या आकारात तसेच तारेच्या जाडीमध्ये फेरफार करा. हे विमान जरूर तयार करा आणि उडवा. अशा प्रयोगामुळे तुमच्या कल्पनेतील, 'विमाने म्हणजे अमुकच आकार, अशाच वस्तूपासून बनते...' इत्यादी पूर्वग्रह नष्ट होतील.

पतंगाचे विमान



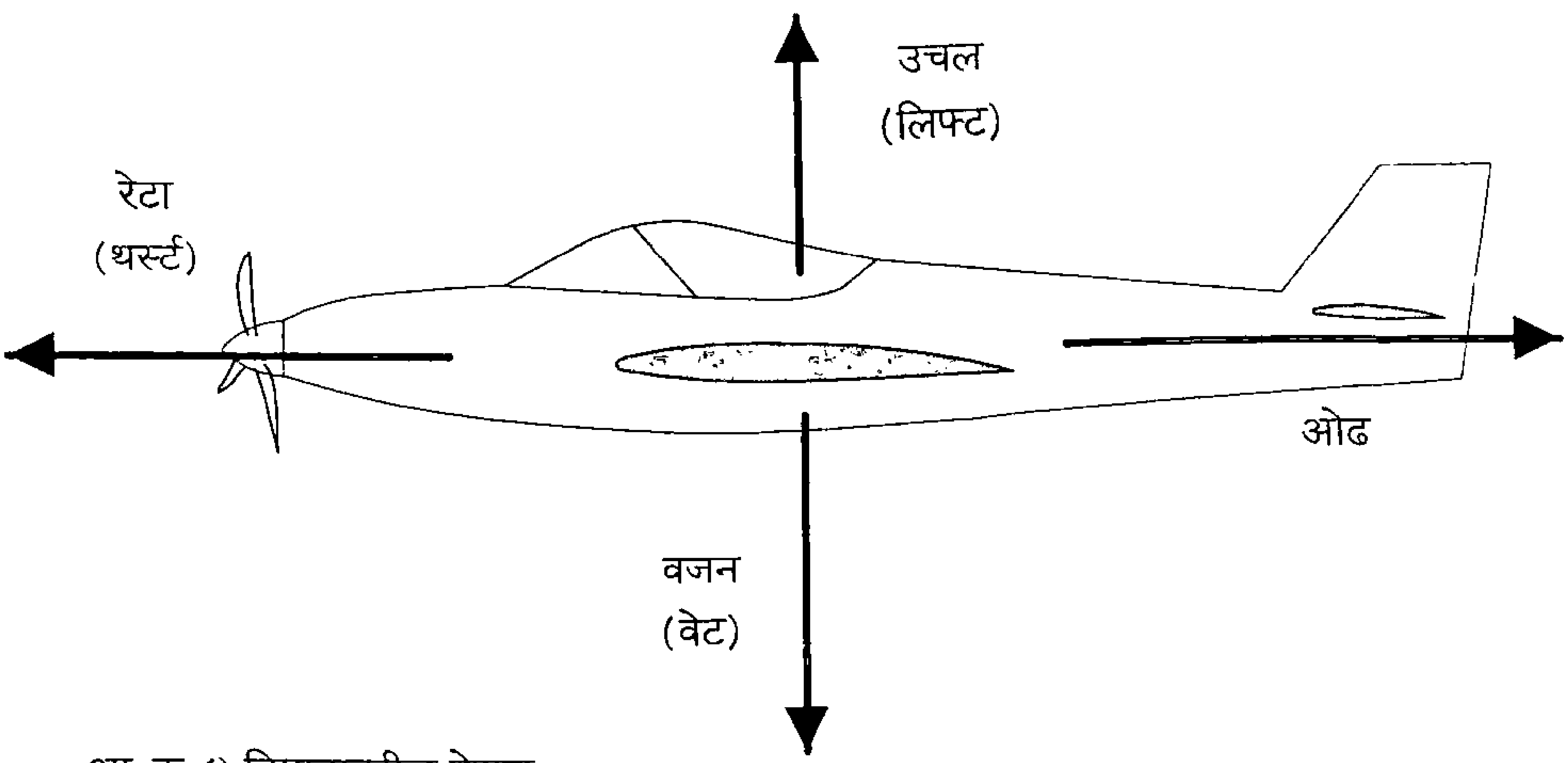
विमानाचे स्थैर्य

विमान म्हणजे काय, हे आता आपल्याला नीट समजले. पतंगाचे विमान तयार करून त्याचे यशस्वी उड्डाण करण्यासाठी तुम्हाला बऱ्यापैकी खटपट करावी लागली असणार. या यशस्वी उड्डाणाचे वर्णन अनेकजण अनेक प्रकारांनी करू शकतील. कोणी म्हणेल, 'अगदी सफाईदार!' कोणी म्हणेल, 'सुंदर!' तर कोणी नुसतेच 'आऽहाहा!' म्हणेल. पण जेव्हा तुमच्या विमानाचे अत्यंत **स्थिर उड्डाण** होईल तेव्हाच हे असे शब्द आणि प्रतिक्रिया ऐकायला मिळतील.

उड्डाण आणि स्थिर? जरा गडबड आहे असे वाटते, नाही का? जर विमान स्थिर असेल तर ते उड्डाण कसे करणार? उड्डाण म्हणजे हालचाल आलीच! हा जो घोटाळा होतो आहे त्याचे कारण तुम्ही 'स्थिर' या शब्दाचा अर्थ गतिशून्य असा घेत आहात. स्थिर या शब्दाचा अर्थ गतिशून्य असा होत नाही.

मी एकदा माझ्या मित्राची जुनी स्कूटर चालवायला घेतली आणि थोड्याच वेळात मला जाणवले, की तिचे पुढचे चाक आऊट आहे. मी मित्राला सांगितले, की 'गाडी स्थिर चालत नाही, वॉबल होते आहे.' आता येथे स्थिर याचा अर्थ गतिशून्य असा होत नाही. त्याचप्रमाणे स्थिर उड्डाण याचा अर्थ वर खाली न होता नाकासमोर जाणारे व वेग कमी जास्त न होता एकाच गतीने होणारे उड्डाण. वाहनांच्या, विशेषतः विमानांच्या बाबतीत स्थिरतेमध्ये गतिमान असणे असा अर्थ अंतर्भूतच असतो.

असे स्थिर उड्डाण कसे होते याचा आपल्याला विचार करायचा आहे. त्यासाठी हवेत उडणाऱ्या विमानावर किती प्रेरणा कार्य करतात हे अगोदर समजून घ्यायला हवे. तसेच या प्रेरणांचा निश्चित परिणाम विमानाच्या कोणत्या भागावर होतो हेही माहीत पाहिजे. यासाठी आपण विमानाची आकृती काढून स्थिर उड्डाण करणाऱ्या विमानावर किती आणि कशा



आ. क्र. ४ विमानावरील प्रेरणा

प्रेरणा असतात हे पाहूया.

वजन: विमानाचे वजन ही विमानावरील कधीच न संपणारी, कमी न होणारी प्रेरणा. जगातील प्रत्येक वस्तूवर पृथ्वीची गुरुत्वाकर्षण शक्ती कार्य करते. या शक्तीचे जे मोजमाप आहे त्यालाच आपण वजन म्हणतो.

उचल: वजन तोलून धरणारी प्रेरणा म्हणजे उचल. विमान हवेत उचलले जाण्यासाठी त्यावर उचल निर्माण व्हावी लागते. वेगाने जाताना हवेच्या विरोधामुळे विमानाच्या पंखावर ही प्रेरणा निर्माण होते. (कसे ते आपण नंतर पाहणार आहोत.)

रेटा: पुढे जाण्यासाठी जी प्रेरणा वापरली जाते तिला 'रेटा' असे म्हणतात. बहुधा विमानांची इंजिने ही प्रेरणा पुरवतात. इंजिने नसतील तर विमानाच्या नाकाकडील भाग जड ठेवल्याने ते वजनच ही प्रेरणा निर्माण करते. हवेमधून वेगाने जाताना हवेचे सर्व पृष्ठभागांशी घर्षण होते. त्यामुळे विमानाच्या उड्डाणास अडथळा होतो. जसे पाण्यातून चालणे आपल्याला कठीण वाटते तसेच.

ओढ: घर्षणामुळे निर्माण होणाऱ्या 'रेटा' विरोधी प्रेरणेला 'ओढ' असे म्हणतात.

शास्त्रीय परिभाषेत काही गोष्टी केवळ आकड्यात दाखवून चालत नाहीत तर त्यांची दिशा बाणांच्या सहाय्याने दाखवावी लागते. म्हणून आ. क्र. ४ मध्ये विमानावरील या चार प्रेरणांची सर्वसाधारण स्थाने दाखविली आहेत.

विमानाला पुढे ओढून नेणारी प्रेरणा म्हणजे 'रेटा', तर या उड्डाणाला विरोध करणारी प्रेरणा म्हणजे 'ओढ'. ही रेट्याच्या विरुद्ध काम करते. 'वजन' ही प्रेरणा विमानाला जमिनीच्या दिशेने खेचते तर 'उचल' ही प्रेरणा बरोबर विरुद्ध दिशेने कार्य करून विमानाला हवेत उचलते.

जेव्हा एखादे विमान स्थिर उड्डाण करीत असते तेव्हा या प्रेरणा एकमेकींना अचूक तोलून धरतात, असे समजावे. यापैकी एखाद्या जरी प्रेरणेची ताकद बदलली तर त्याचा परिणाम म्हणून विमान वर किंवा खाली जाते अथवा कमी किंवा जास्त वेगाने उडते; आणि नव्या प्रेरणांच्या शक्तीचा समतोल साधून परत स्थिर उड्डाण मिळवण्याचा प्रयत्न करते. हे कसे घडते पाहा.

समजा एक विमान ताशी १५० कि. मी. वेगाने स्थिर उड्डाण करीत आहे. आता वैमानिकाने इंजिनाचा वेग वाढविला तर त्याचा परिणाम म्हणून रेटा वाढेल. रेटा वाढताच विमानाचा वेग वाढू लागेल. वेग वाढला की हवेचे विमानाच्या पृष्ठभागाशी होणारे घर्षण वाढेल व त्यामुळे ओढ ही प्रेरणा वाढेल. विमानाचा वेग वाढण्याची ही क्रिया किती काळ चालू राहील? जोपर्यंत ओढीची शक्ती रेट्याच्या शक्तीएवढी होत नाही तोवर वेग वाढत राहील. आणि काही ठराविक वेग मिळताच (समजा ताशी १८० कि. मी.) जेव्हा ओढ आणि रेटा या दोहोंची ताकद समान होईल, तेव्हा विमान परत स्थिर उड्डाण करू लागेल.

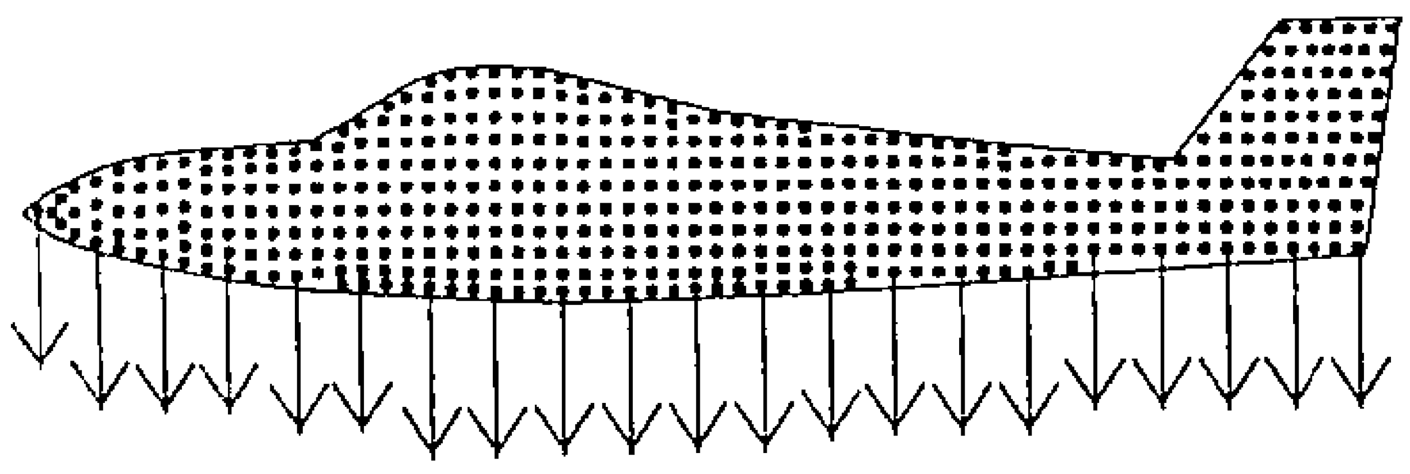
एक स्पष्टीकरण म्हणून वरील वर्णन सोपे आहे, पण प्रत्यक्षात मात्र असे स्थिर उड्डाण जवळजवळ अशक्यच असते. अजिबात वारा नसलेली, सर्वत्र समान घनता असलेली, समान तापमानाची हवा जर कोठे उपलब्ध असेल

तरच असे आदर्श 'स्थिर उड्डाण' बघायला मिळेल! पण असे वातावरण असणे केवळ अशक्य आहे. वातावरणात असंख्य प्रवाह (वारे) असतात, कमी-अधिक दाबाच्या व तापमानाच्या पोकळ्या असतात. वाफेचे बनलेले ढग असतात. उंचीनुसार हवेचा दाबही बदलतो. तेव्हा अशा अस्थिर वातावरणात अत्यंत स्थिर उड्डाण कसे शक्य आहे? विमानामध्ये जे असंख्य नियंत्रक आणि यंत्रणा असतात त्या यासाठीच. वैमानिकाला सतत विमानाच्या अवस्थेकडे लक्ष ठेवून नियंत्रकात बारीकसारीक फेरफार करत राहावे लागते. इंजिनाच्या शक्तीचा वापर करणारी प्रचंड मोठी विमाने सोडाच, पण साध्या ग्लायडर, म्हणजे तरंगयानालासुद्धा असे विविध नियंत्रक आवश्यक असतात. हे नियंत्रक कोठे असतात? ते कसे कार्य करतात? इत्यादी माहिती समजण्यासाठी आपल्याला प्रथम विमानावरील प्रेरणांचा उगम व कार्यपद्धती समजून घ्यावी लागेल.

विमानावरील मूलभूत प्रेरणा

वजन

या प्रेरणेचा जन्म पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षण शक्तीतून होतो. पृथ्वीवरील प्रत्येक वस्तू पृथ्वीकडे आकर्षिली जाते. यालाच आपण 'गुरुत्वाकर्षण' असे म्हणतो. वजन हे गुरुत्वाकर्षणाचे मोजमाप आहे. विमान असंख्य कणांचे बनलेले असते. विमानाच्या प्रत्येक कणावरील गुरुत्वाकर्षण वेगवेगळे दाखवायचे म्हटले तर अवघड आहे. आ. क्र. ५ प्रमाणे मग



आ. क्र. ५ प्रत्येक कणाचे स्वतंत्र वजन

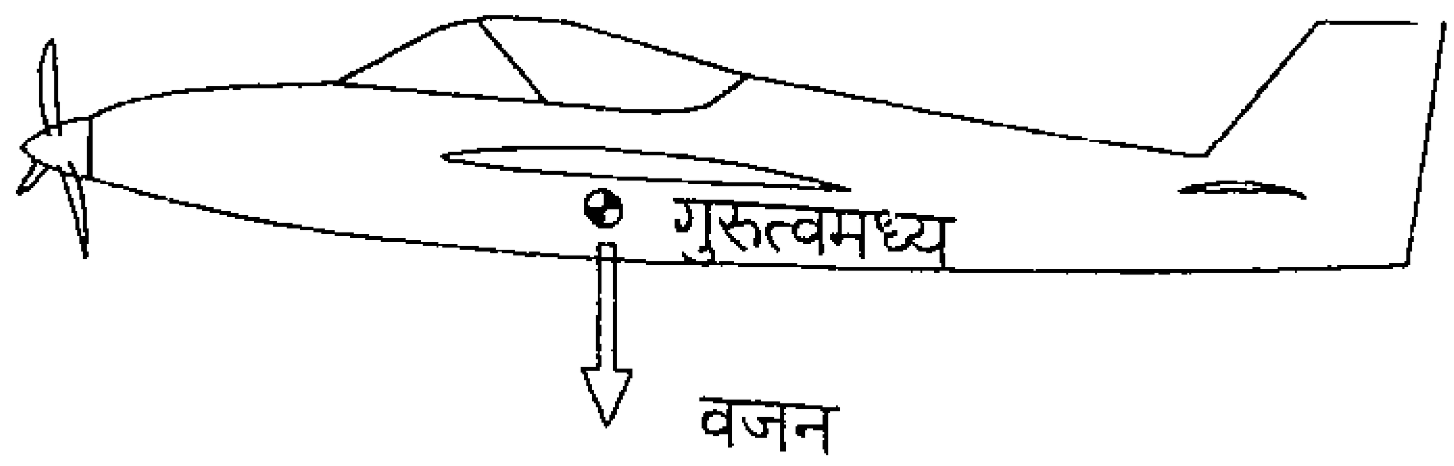
विमानाचे चित्र एकसंध न काढता टिंबा-टिंबांचे काढावे लागेल! आणि प्रत्येक कणावरील गुरुत्वाकर्षण प्रेरणा (म्हणजेच वजन) वेगवेगळी दाखवावी लागेल.

अर्थात हे कण स्वतंत्र नसून ते एकमेकांशी घट्ट जखडलेले म्हणजेच एकसंध आहेत. अशा एकसंध वस्तूच्या बाबतीत आपण या सर्व प्रेरणांचा मध्यबिंदू शोधून काढतो. या मध्यबिंदूपाशीच सर्व वजन एकवटलेले असते. या बिंदूलाच 'गुरुत्वमध्य बिंदू' अथवा 'गुरुत्वमध्य' असे म्हणतात. ही केवळ संकल्पना नव्हे तर प्रत्यक्षातही असाच अनुभव आपल्याला येतो. चौकोनी आकाराची वही, पुठ्ठा इ. वस्तूच्या बरोबर मध्यावर बोट टेकले

आ. क्र. ६

तर ती वस्तू तोलून धरली जाते. हा प्रकार तुम्हीदेखील अनेकदा केला असेल. जर मध्यबिंदू अचूक काढता आला तर कित्येक मिनिटे वही तोलून धरता येते. सर्कशीतील अनेक खेळ, डोंबाऱ्यांच्या कसरती इत्यादी सर्व गोष्टी गुरुत्वमध्य सांभाळण्याच्या एकमेव तंत्राने केल्या जातात. विमानाचासुद्धा असाच गुरुत्वमध्य असतो आणि त्या ठिकाणी सर्व वजन एकवटलेले आहे असे मानून आ. क्र. ७ मध्ये आपण वजन ही प्रेरणा गुरुत्वमध्यातून जमिनीच्या दिशेने जाते (अचूक शब्दात म्हणायचे तर पृथ्वीच्या मध्यबिंदूच्या दिशेने जाते) असे दाखवतो. गुरुत्वमध्य नेहमी ◐ या खुणेने दाखविला जातो.

जिज्ञासू विद्यार्थी मला एक प्रश्न नेहमी विचारतात. 'गुरुत्वमध्य कोठे दाखवावा? विमानाच्या लांबीच्या मध्यावर दाखवायचा की थोडा मागे पुढे सुद्धा चालेल?'

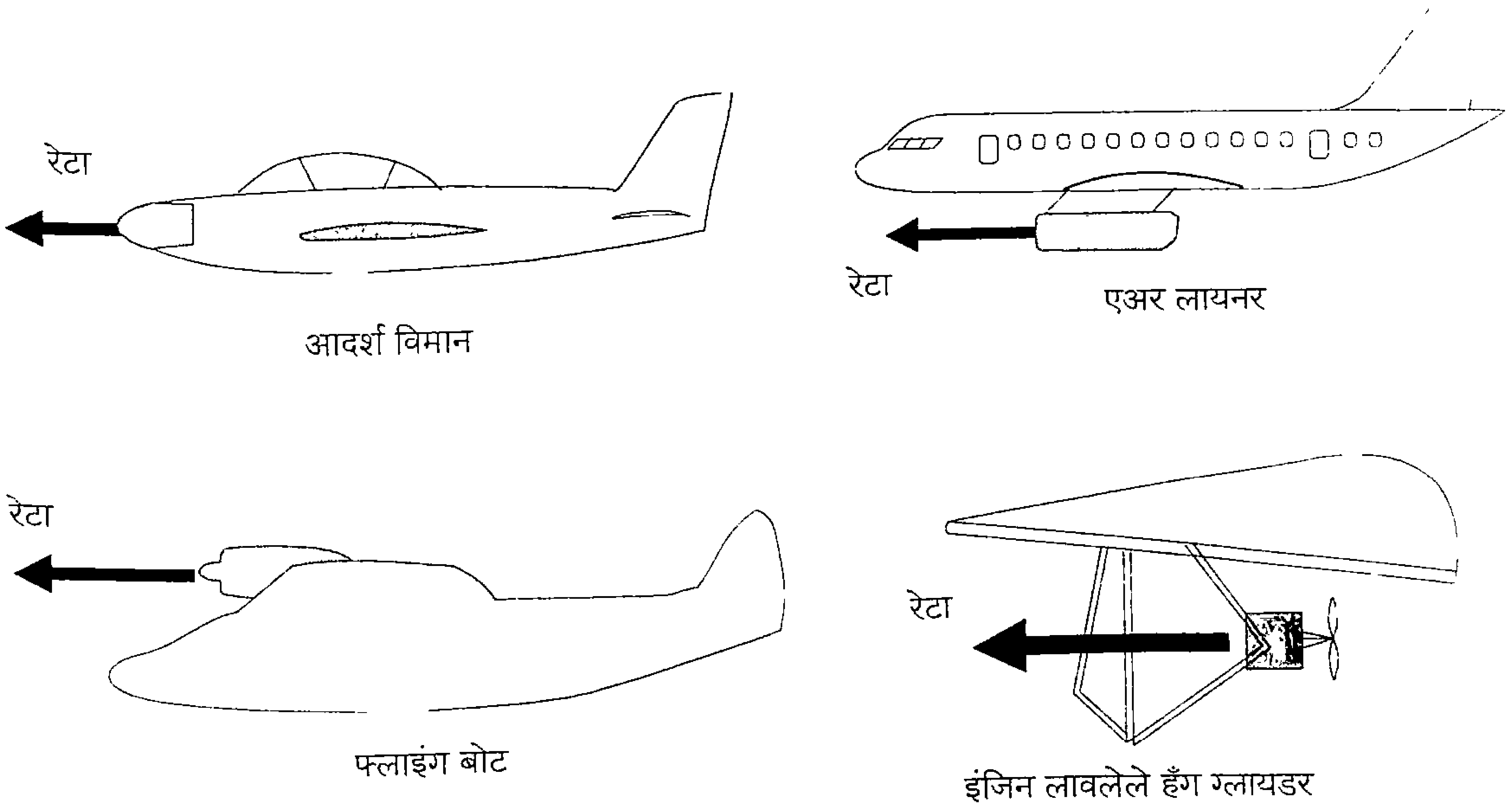


आ. क्र. ७

गुरुत्वमध्य हा आपल्या मनाप्रमाणे हवा तेथे येत नसतो! विमानाचा आराखडा (डिझाइन) करणाऱ्याने तो कोठे असला पाहिजे हे आराखड्यात दाखविलेले असते. विमानाच्या मॉडेलची रचना करणाऱ्याने त्यानुसार वजनाची विभागणी करून त्याच बिंदूपाशी गुरुत्वमध्य आणायचा असतो! (बहुसंख्य विमानांमध्ये गुरुत्वमध्य हा पंखाच्या वर अथवा खाली आणि बहुदा नाकाच्या बाजूला असतो.) म्हणूनच आपण विमानाची तोल जुळवणी करताना सर्वप्रथम त्याचा गुरुत्वमध्य पाहून त्याप्रमाणे नाकाच्या बाजूला वजन वाढवतो. इतर सर्व प्रेरणांची परिणामकारकता गुरुत्वमध्यावर फार अवलंबून असते. म्हणून अचूक गुरुत्वमध्य साधणे फारच महत्त्वाचे आहे.

रेटा

विमान केवळ जागच्या जागी उभे राहून उड्डाण करू शकत नाही. त्याला गती घेणे आवश्यक असते. गती घेतल्यानंतरच त्याचे उड्डाण होऊ शकते. ही गती कशी मिळवायची हे विमानाच्या प्रकारावर अवलंबून असते. कागदी विमानांना आपण हाताने फेकून गती देतो. त्यापेक्षा मोठी मॉडेल्स असतील तर गलोलीने गती देता येते. एक किंवा दोन वैमानिक बसू शकतात, अशा तरंगयानांना लोखंडी दोरी बांधून ती यांत्रिक रहाटाने ओढून प्राथमिक गती देतात. विमाने इंजिनांच्या सहाय्याने पंखा फिरवून किंवा जेट इंजिनांच्या सहाय्याने गती घेतात. विमानाला पुढच्या दिशेने खेचून नेणारी जी प्रेरणा आहे त्यालाच 'रेटा' असे म्हणतात. या प्रेरणेचे स्थान कोठे असेल हे त्याचे इंजिन



आ. क्र. ८ रेटा-रेषा इंजिनाच्या स्थानानुसार बदलते

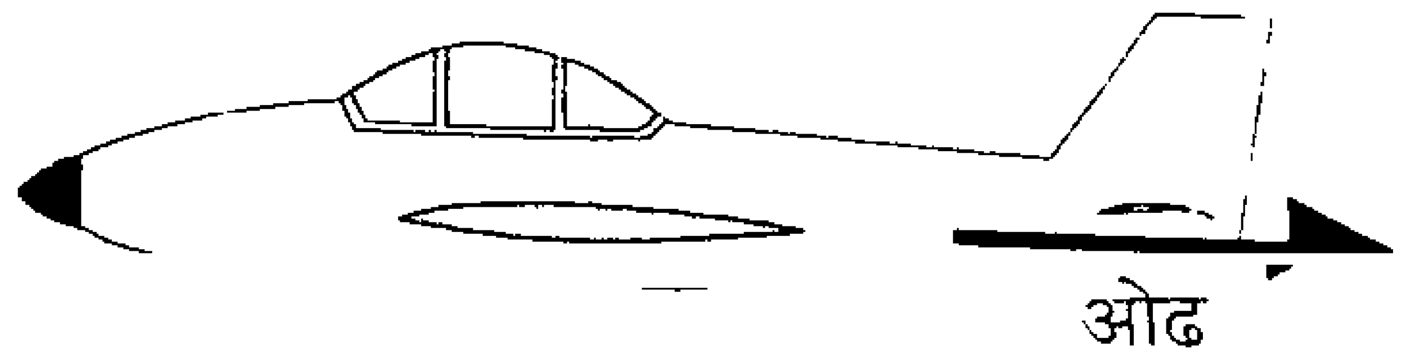
कोठे बसवले आहे यावर अवलंबून असते. आपल्या आ. क्र. ८ मध्ये दाखवलेल्या आदर्श विमानात इंजिन नाकाच्या बाजूला दाखविले असल्याने इंजिनाच्या मध्यातून जाणारी रेषा काढून आपण रेटा ही प्रेरणा दाखविली. पण इंजिन जर वेगळ्या जागी असेल तर रेटा ही प्रेरणा त्या त्या ठिकाणी दाखविली जाते. आ. क्र. ८ मधील उदाहरणादाखल दिलेल्या आकृत्या पाहा.

या सर्व विमानांमध्ये रेटा ही प्रेरणा वेगवेगळ्या ठिकाणी काम करीत आहे. संपूर्ण विमान या रेट्यामुळे पुढे ढकलले जाते हे खरे असले तरी अशा वेगवेगळ्या स्थानी असलेल्या रेट्याने प्रत्यक्ष उड्डाणावर वेगवेगळ्या प्रकाराने परिणाम होतात. (याची चर्चा आपण नतरच्या प्रकरणात करणार आहोत.)

ओढ

ही प्रेरणा गतीचा परिणाम म्हणून जन्माला येते. कोणतीही गोष्ट हवेतून पुढे जाण्याचा प्रयत्न करू लागली की हवा त्या वस्तूला अडथळा निर्माण करते. आपल्या रोजच्या व्यवहारात हे सहजासहजी जाणवत नाही. कारण हवा अत्यत विरळ असून तिचे वजनही खूपच कमी असते. या ऐवजी तुम्ही कमरेएवढ्या खोल पाण्यातून चालत जाण्याचा प्रयत्न करून पाहा. पाणी किती विरोध करते हे तुम्हाला लगेच जाणवेल. हवा आपल्याला किती विरोध करते हे पाहायचे असेल तर सायकलवरून ताठ बसून खूप वेगाने जाण्याचा प्रयत्न करा. तुम्हाला हवेचा विरोध नक्कीच जाणवेल. हवेच्या त्यापेक्षाही जास्त ताकदीची चुणूक पाहायची असेल तर प्लायवुडचा २ फूट बाय ३ फूट आकाराचा एक तुकडा हँडलसमोर उभा बांधा आणि आता सायकल वेगाने चालवून पाहा! अर्धा पाऊण किलोमीटर अंतरातच पायात गोळे यायला लागतील. म्हणूनच हवा विरळ असली तरी पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ आणि वस्तूचा वेग यामुळे हवेचा विरोध जाणवण्याएवढा मोठा होतो. विमान तर किमान ताशी १०० ते १२५ कि. मी. या वेगाने उडते. त्यामुळे अशा विमानाला हवेचा किती प्रचंड विरोध होत असेल याची कल्पना करा. या विरोधालाच 'ओढ' म्हणतात.

या प्रेरणेचे स्थान देखील गुरुत्वमध्या-प्रमाणेच शोधून काढावे लागते. विमानाच्या पृष्ठभागावरील प्रत्येक बिंदूपाशी हवेचा विरोध होत असतो. या प्रत्येक बिंदूपाशी किती ओढ आहे हे बाणाने दाखवता येते. या सर्व ठिकाणच्या प्रेरणांचा जो मध्यबिंदू असतो तेथूनच ओढ ही प्रेरणा दाखविली जाते. विमानाच्या बाबतीत सर्वात मोठा आणि विस्तृत पृष्ठभाग म्हणजे पंख. म्हणूनच ही प्रेरणा बहुधा पंखाच्या मागे शेपटीच्या दिशेने बाण काढून दाखवतात.



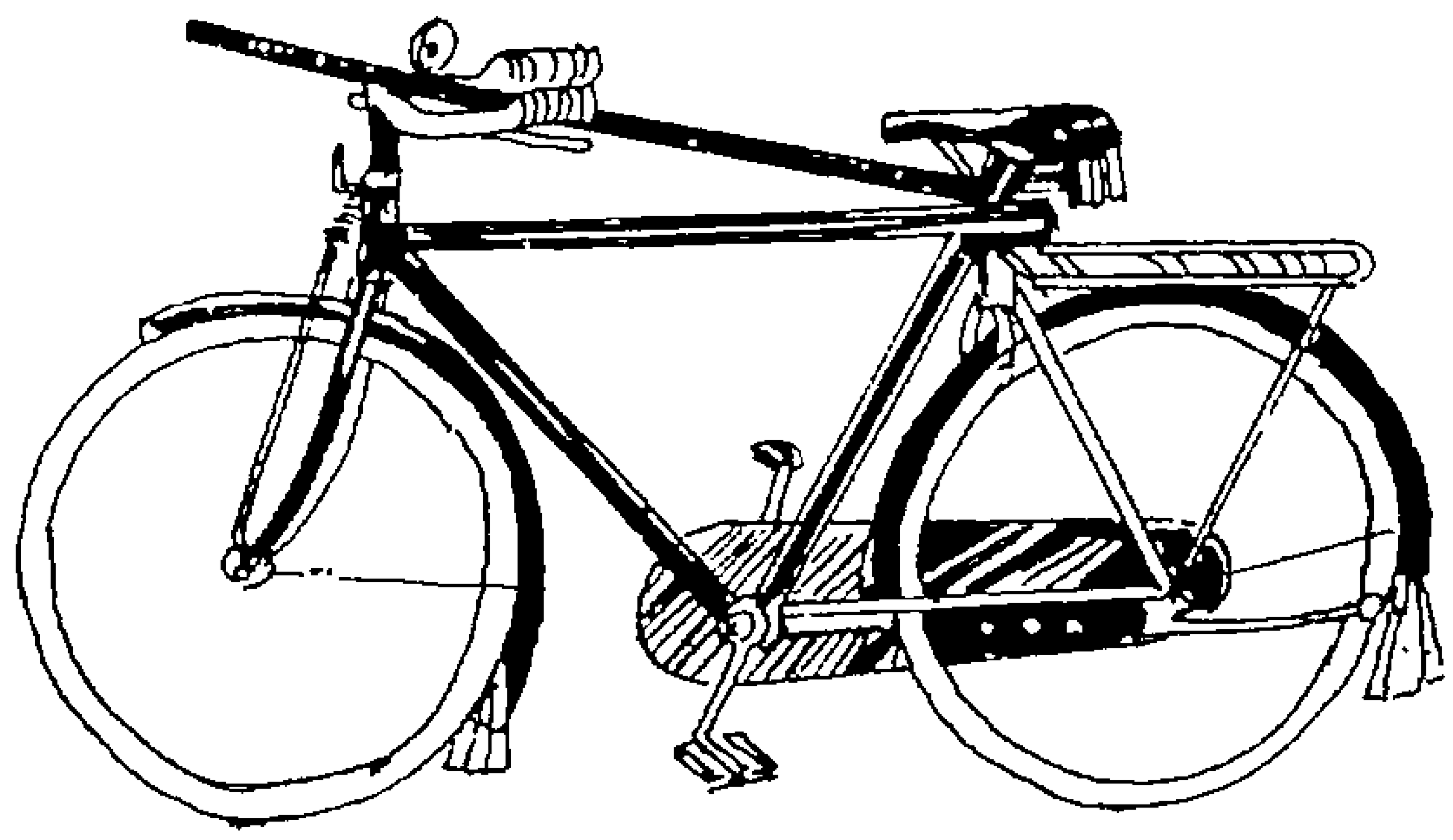
आ. क्र. ९

बहुसख्य विमानांच्या बाबतीत अशा प्रकारे अंदाजपंचे दाखवलेली ओढीची दिशा ही बरीचशी बरोबर ठरते. पण अत्यंत वेगवान विमाने किंवा नेहमीपेक्षा वेगळ्याच रचनेची विमाने असतील तर या प्रेरणेचे स्थान अगदी

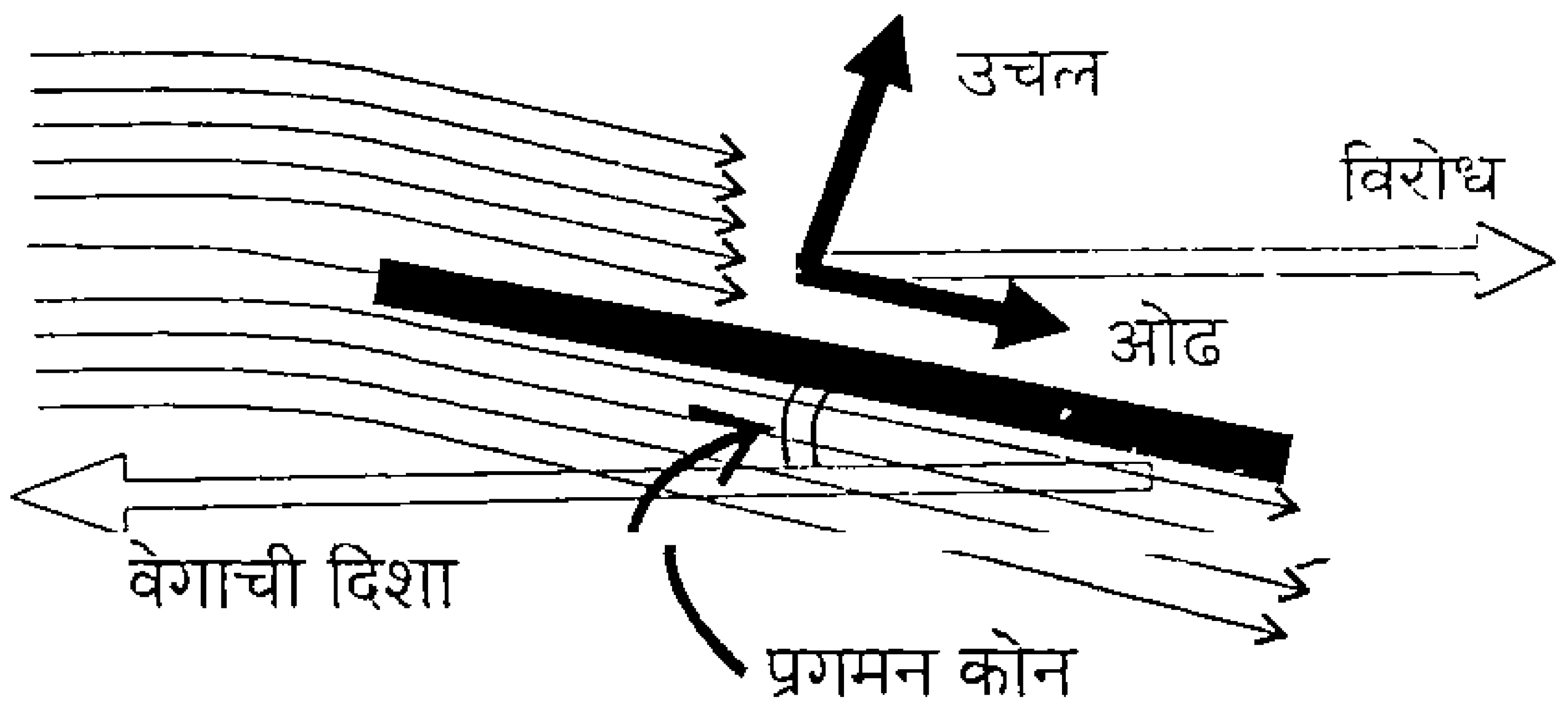
काटेकोरपणे शोधून काढावे लागते. त्याशिवाय अशा विमानांची उड्डाणासाठी जुळवणी करता येत नाही.

उचल

पंखाचा विशिष्ट आकार आणि वाहणाऱ्या हवेची काही वैशिष्ट्ये या दोहोंमुळे उचल ही प्रेरणा जन्माला येते. तसे पाहिले तर वेगाने जाणाऱ्या वस्तूला हवेचा जो विरोध होतो त्यामुळेच उचलही निर्माण होते. यासाठी एक प्रयोग करून पाहा. प्रयोगासाठी तुम्हाला सायकलच्या हँडलएवढा रुंद व साधारण चार फूट लांब असा एखादा प्लायवुडचा तक्ता लागेल. सायकलच्या हँडलवरून हा तक्ता पुढे काढा. त्याची मागची कड सीटच्या खाली राहील असे पाहा. आता हँडल सरळ पकडून सायकलवर टांग मारा आणि अत्यत वेगात पुढे जाण्याचा प्रयत्न करा. तक्ता हँडलवर घट्ट दाबून धरा अथवा बांधून ठेवा. लाकडी तक्त्याच्या खालून हवेचा एवढा दाब निर्माण होईल, की तक्ता आणि त्याच्या बरोबर सायकलचे हँडल क्षणभर हवेत उचलले जाईल. शास्त्रीय पद्धतीने आकृती (आ. क्र. ११)



आ. क्र. १०



आ. क्र. ११

काढली तर हवेचा विरोधच आपल्या तक्त्याला कसा उचलतो ते समजेल. तक्त्याने वेगाच्या दिशेशी जो कोन केला आहे त्याला 'प्रगमन कोन' (अँगल ऑफ इंसिडन्स किंवा अँगल ऑफ अटॅक) असे म्हणतात. या कोनामुळे हवेच्या प्रवाहाचा विरोध; जो गतीच्या विरुद्ध दिशेने असतो, त्याचे दोन भाग पडतात. तक्त्याच्या पृष्ठभागाला काटकोनाच्या दिशेने वरच्या दिशेला ढकलणारा एक भाग आणि तक्त्याच्याच पातळीत त्याला मागील दिशेने खेचणारा दुसरा भाग. वर उचलणारा भाग म्हणजेच उचल आणि मागे खेचणारा भाग म्हणजे ओढ! म्हणजेच गतिमान वस्तूला हवा जो विरोध करते त्या विरोधाचाच परिणाम म्हणून उचल निर्माण होते! कागदाच्या घड्या घालून आपण जी विमाने उडवतो ती सपाट पंखांचीच असतात पण तरीसुद्धा ती हवेत छानपैकी उडतात. जवळजवळ सपाटच असलेली फ्रिस्बी लांबवर तरंगत जाते. फार कशाला, सपाट पुठ्ठ्याचा एखादा तुकडा तुम्ही किंचित कोन देऊन हवेत भिरकावला तरी तो लांबवर तरंगत जातो.

विचार करा, सपाट पंखाचे एखादे विमान बनवले तर ते हवेत उडेल काय? नक्कीच उडेल. पूर्वीच्या काळी विमान बनवण्याचे प्रयोग

करताना अनेक संशोधकांनी अनेक विमाने बनविली. त्यातील बरीचशी विमाने सपाट पंखाचीच होती. त्यांनी उड्डाणात थोडे फार यश मिळवले होते. याच्या आधी आपण जे पतंगाचे विमान बनवले तो पंखसुद्धा सपाटच होता! तरीही ते विमान व्यवस्थित उडू शकले, म्हणजेच विमानांचे पंख सपाट ठेवले तरीही ती उडू शकतात. पण आपण एवढ्यावरच समाधान मानावे काय?

कोणतीही वस्तू प्रथमच बनविली जाते तेव्हा ती नीट कार्य करते की नाही हे पाहणे आणि तिचे कार्य खात्रीशीरपणे घडवून आणणे, एवढेच मर्यादित ध्येय संशोधकांनी ठेवलेले असते. उदा. इंजिने बनवताना प्रथम इंजिन नीट चालते की नाही आणि हुकुमी सुरू व बंद करता येते की नाही एवढ्याच गोष्टींकडे लक्ष दिले जाते. पण संशोधक काही येथेच थांबत नाहीत. एकदा इंजिन नीट चालते हे समजले की मग त्यात अनेक सुधारणा केल्या जातात. त्याचा वेग वाढवला जातो. त्याचे वजन कमी केले जाते. थोडक्यात, त्या वस्तूची 'कार्यक्षमता' वाढविण्याचे प्रयत्न केले जातात.

अगदी याच विचारसरणीला अनुसरून, सपाट पंखाचे विमान उडते एवढे समजल्यानंतर त्याची कार्यक्षमता कशी वाढेल याचे प्रयत्न केले गेले. या प्रयत्नांचे बरेचसे श्रेय 'सर जॉर्ज केली' या ब्रिटिश संशोधकाला दिले जाते. राइट बंधूंच्याही अगोदर या संशोधकाने तरंगयाने (ग्लायडर्स) बनवून यशस्वी उड्डाणे तर केलीच, पण सपाट पंखापेक्षा बाकदार पंखामुळे जास्त उचल का व कशी मिळू शकेल याविषयी उपयुक्त संशोधनही केले. याचा खरा उपयोग राइट बंधूंना झाला. राइटबधूच्या काळात तरंगयाने (ग्लायडर्स) यशस्वीपणे उडवणारे अनेकजण होते. अमेरिकेत 'शेन्यूट', जर्मनीत 'लिलियंथाल' तर पोर्तुगालमध्ये 'सांतोस ड्यूमा' यांनीही राइट बंधूंच्या आधीच यशस्वी ग्लायडर उड्डाणे करून दाखविली होती. पण इंजिनासह उडणारे विमान यापैकी कुणालाच बनवता आले नव्हते. याचे प्रमुख कारण असे की, त्या काळातील इंजिने मोठी आणि वजनदार असत. असे एखादे इंजिन, पंखे (प्रॉपेलर), ते फिरविण्यासाठी लागणारी यंत्रणा, संपूर्ण विमान अन् किमान एक माणूस एवढ्या सर्वांचे वजन पेलायचे तर फार मोठा पंख बांधणे आवश्यक होते. एवढा मोठा सपाट पंखच मूळात खूप वजनदार झाला असता. त्यामुळे कमी आकाराचा आणि जास्त उचल देणारा पंख बांधणेच भाग होते. सर जॉर्ज केली यांच्या संशोधनाचा उपयोग करून राइट बंधूंनी सर्वप्रथम असे पंख बनवून इंजिनासह उड्डाण केले. याचसाठी राइट बंधूंचे नाव जगभर घेतले जाते.

सपाट पंखापेक्षा बाकदार पंखाची विमाने जास्त चांगली उडू शकतात. निसर्गात देखील याचा अनुभव येतो. सर्वच पक्ष्यांचे पंख बाकदार असतात. घारी, गिधाडे यांच्या पखाचा बाकदारपणा दुर्बिणीतून पाहिल्यास (किंवा जवळून पाहिल्यास) अगदी स्पष्ट दिसतो. हे कसे घडते ते आता आपण पाहूया.

सपाट पंखावर उचल कशी निर्माण होते हे आपण ढोबळमानाने पाहिले. पण याचे शास्त्रीय स्पष्टीकरण थोडे तपशीलात जाऊन पाहिले की मगच आपल्याला बाकदारपणाचे महत्त्व कळू

शकेल. हवेचे गुणधर्म वर्णन करताना आपण हवेच्या अंगी असलेल्या एका गुणधर्माचा उल्लेख केला होता. हा गुणधर्म म्हणजे पृष्ठभागाला चिकटून राहण्याचा गुणधर्म. प्रवाही पदार्थांच्या अंगी असा गुणधर्म असतो.

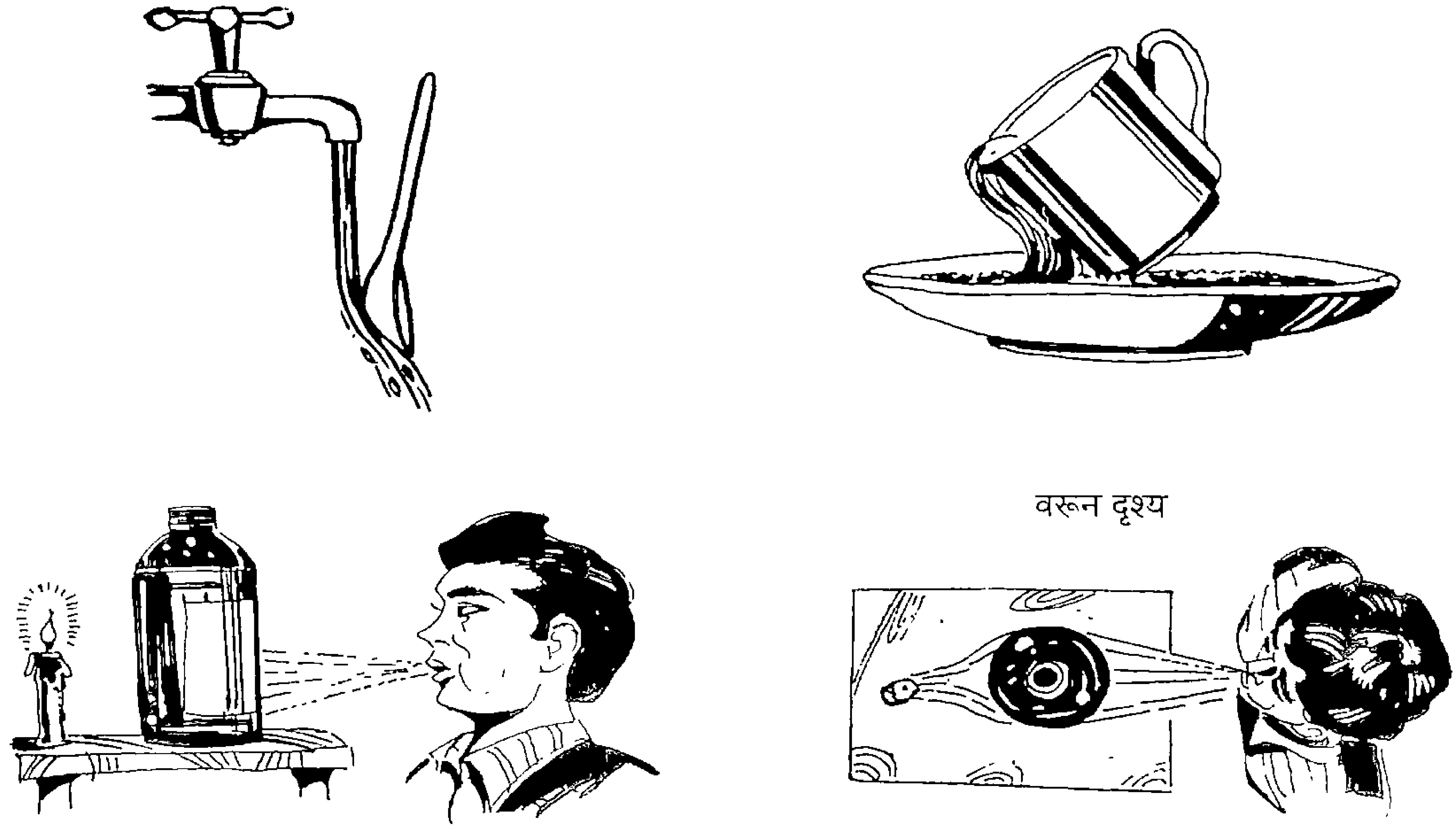
याचे प्रत्यंतर घेण्यासाठी एक छोटा प्रयोग करून पहा. पाण्याचा नळ मध्यम वेगाने सोडा. एक गुळगुळीत चमचा पाण्याच्या धारेला अलगद स्पर्श करेल असा धरा. पाण्याची धार झटकन चमच्याच्या गोल आकारानुसार वळून वाहायला लागेल! अगदी हाच प्रकार जाड काठाच्या कपातून चहा ओतताना होतो. चहा सरळ ओतला जाण्याऐवजी कपाच्या बाजूला चिकटून खाली वाहतो.

अगदी असाच गुणधर्म हवेच्या अंगी असतो. याची खात्रीही आपण पटवून घेऊ शकतो. आ. क्र. १२ मध्ये दाखवलेला प्रयोग करून पाहा.

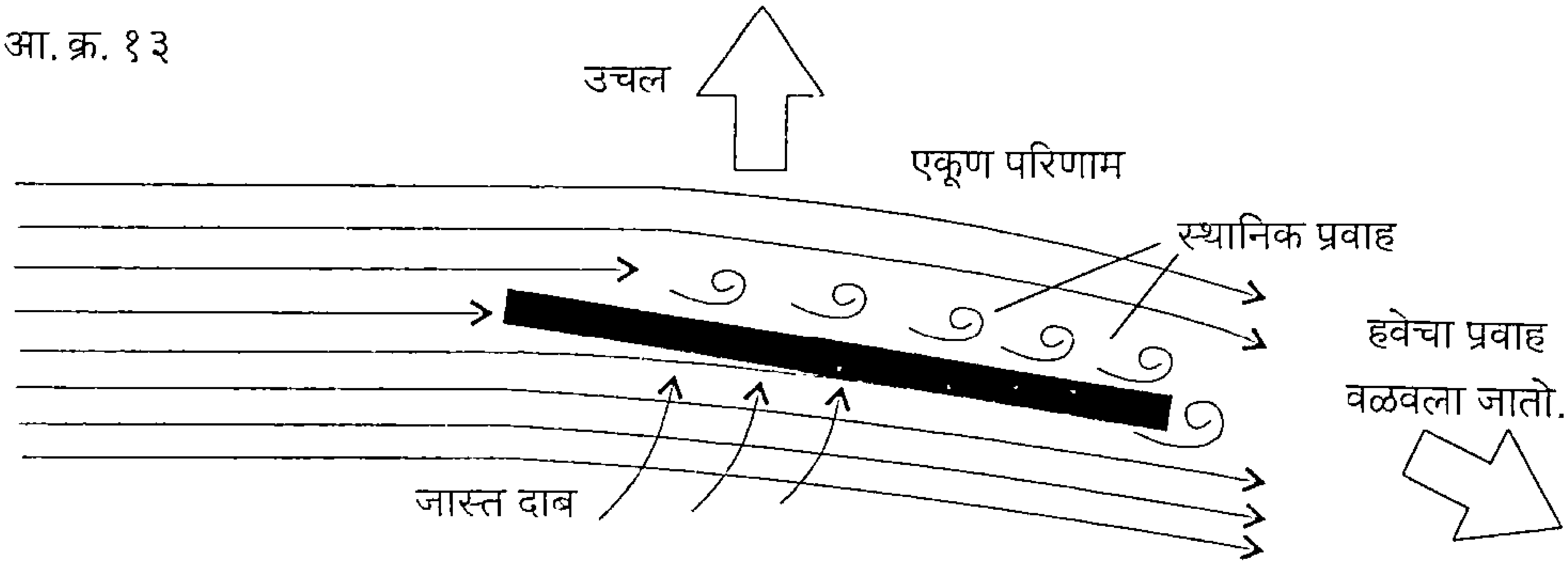
एका टेबलावर जाड काचेची एक बाटली ठेवा. बाटलीच्या पलीकडे १ ते २ इंचावर मेणबत्ती पेटवून ठेवा. बरोबर विरुद्ध बाजूने सहा इंच अंतरावरून फुंकर घाला. हवा बाटलीभोवती वळसा घालून मेणबत्तीच्या ज्योतीवर जाते आणि मेणबत्ती विझते! याचे कारण हवासुद्धा बाटलीच्या पृष्ठभागाला चिकटूनच वाहते आणि त्यामुळेच ती मेणबत्तीच्या दिशेने वळते. या गुणधर्मामुळे हवेच्या प्रवाहात कोणताही आकार ठेवला तर हवा त्या आकाराला चिकटूनच वाहते. त्यामुळे हवेच्या प्रवाहाच्या शक्तीचे कमी जास्त प्रमाणात व वेगवेगळ्या दिशेने विभाजन होऊ शकते. जर असे विभाजन झाले तर ज्या दिशेने जास्त शक्ती निर्माण होते त्या दिशेला हा आकार ढकलला जातो.

हवेच्या प्रवाहात जर सपाट पख थोडासा कोन करून ठेवला तर काय होते ते पाहा. सरळ

आ. क्र. १२



आ. क्र. १३



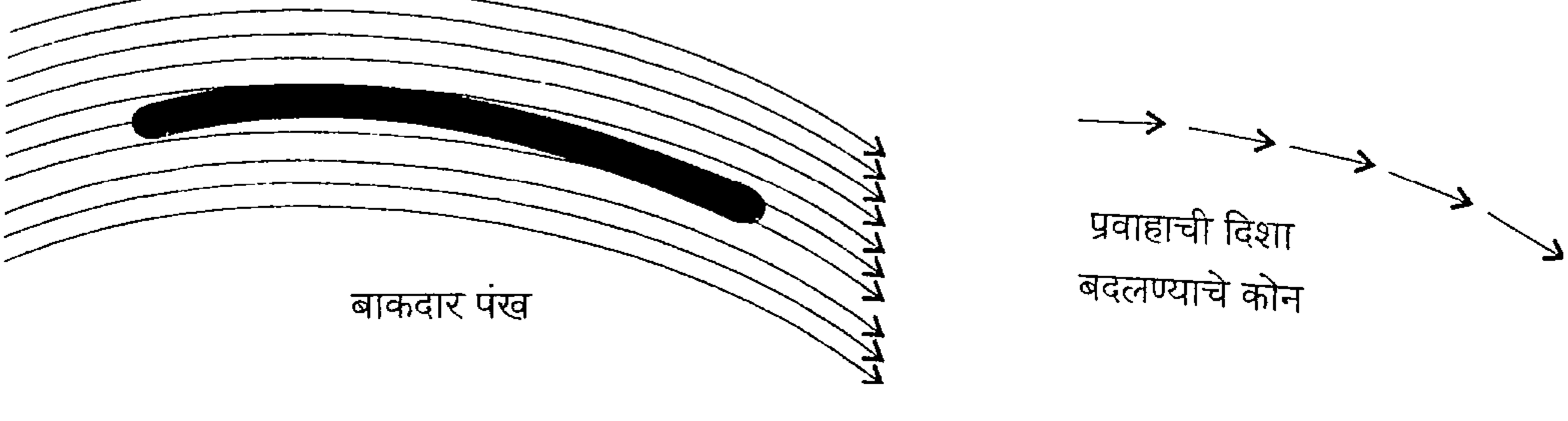
रेषेत येणारा हवेचा प्रवाह या पृष्ठभागाला खेटून वाहण्याच्या प्रयत्नात पृष्ठभागाप्रमाणेच तिरप्या दिशेने वाहू लागतो. यातही वैशिष्ट्य असे, की पंखाच्या खालच्या पृष्ठभागावर समोरून येणाऱ्या हवेचा दाब जास्त पडतो, कारण हा पृष्ठभाग प्रवाहाला सरळ वाहायला अडथळा निर्माण करतो. याउलट वरच्या पृष्ठभागावर हवेचा प्रवाह सहजपणे पोहोचू शकत नाही. हवा नीट पोहोचू न शकल्याने तेथे किंचित पोकळी निर्माण होते. हवेचा प्रवाह वळवला गेल्याची प्रतिक्रिया आणि पंखाच्या खालच्या पृष्ठभागावरील जास्त दाब यांचा एकत्र परिणाम म्हणून 'उचल' निर्माण होते. म्हणूनच सपाट पंखांची विमानेसुद्धा व्यवस्थित उडू शकतात.

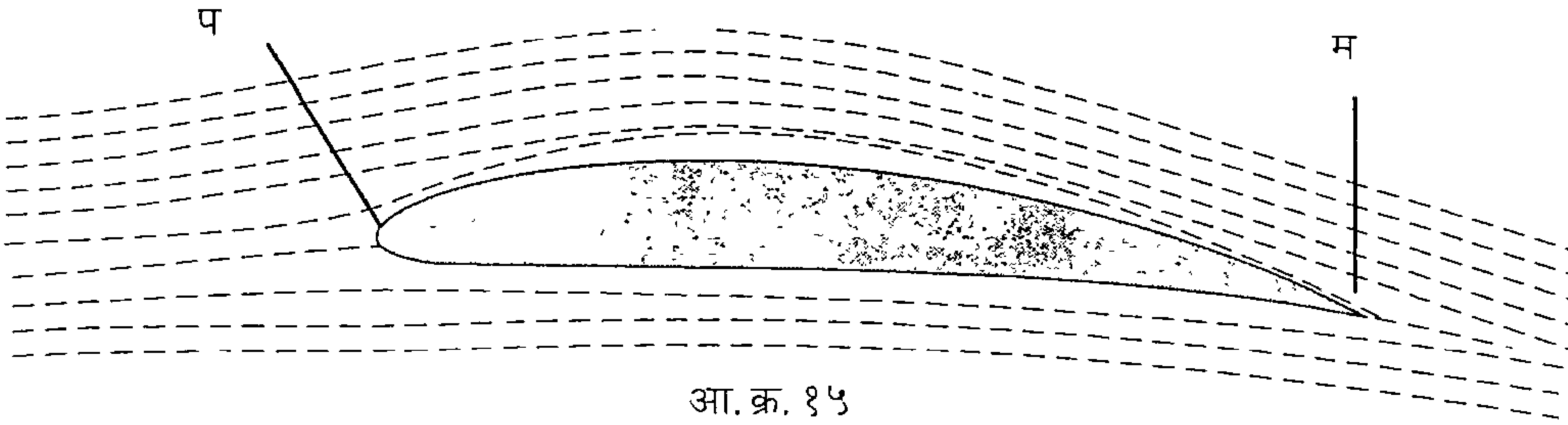
वरच्या पृष्ठभागावरून हवा वाहत असताना हवेचे उलटसुलट प्रवाह निर्माण होतात. त्याना स्थानिक प्रवाह म्हणतात.

कारण सपाट पखाच्या पुढच्या कडेपाशी हवेच्या प्रवाहाच्या दिशेत अचानक बदल होतो. हवेच्या प्रवाहात असा अचानक बदल झाला की तो विस्कळित होतो. अशा स्थानिक प्रवाहांमुळे खूप मोठ्या प्रमाणावर ओढ निर्माण होते. पंखाच्या वरच्या पृष्ठभागावरून जर हवा सुरळीतपणे वाहू शकली तर स्थानिक प्रवाहांचे प्रमाण खूप कमी राहते आणि पंखावरील उचल वाढते. पंखाला बाक दिला तर हे साध्य होते.

पंखाला बाक दिला की हवेच्या प्रवाहाची दिशा अचानक न बदलता क्रमाक्रमाने बदलत जाते. यामुळे वरील पृष्ठभागावरील स्थानिक प्रवाह जवळजवळ नाहीसे होतात आणि अशा पंखांवरील ओढ खूप कमी होते. अर्थातच अशा पंखांची विमाने जास्त सफाईदार उड्डाण करू शकतात. शिवाय पंखाला बाक दिल्याने पंखाची रचनात्मक ताकदही वाढते.

आ. क्र. १४





आ. क्र. १५

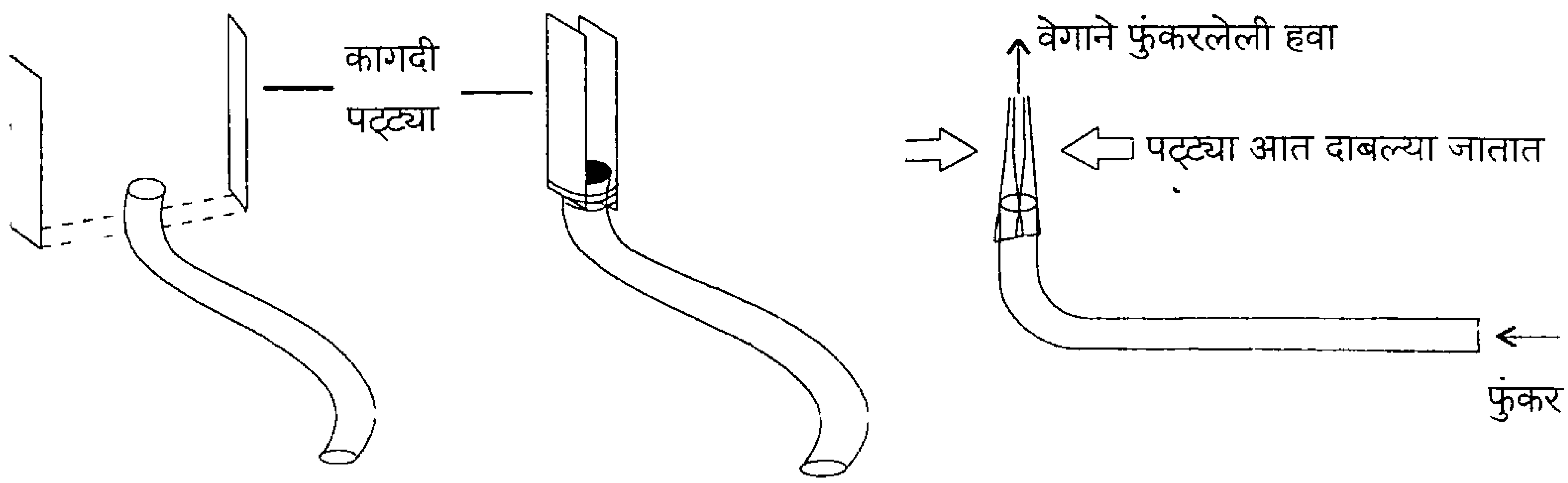
याच्या पुढची सुधारणा म्हणजे पंखाच्या वरच्या आणि खालच्या पृष्ठभागांची लांबी कमी अधिक ठेवणे. यामुळे हवेच्या प्रवाहाच्या वेगातही फरक पडतो. त्यामुळे उचल खूप वाढते आणि पंखही भक्कम बनतो.

आ. क्र. १५ मध्ये दाखवलेला आकार पाहा. याचा वरील पृष्ठभाग फुगीर आहे तर खालचा पृष्ठभाग सपाट आहे. 'प' ही पुढील कड आणि 'म' ही मागील कड आहे. पम हे अंतर वरील बाजूने जास्त तर खालील बाजूने कमी आहे. याच्या आकारामुळे हवेचा प्रवाह सुरळीतपणे पंखाभोवती वाहू शकेल हे तर उघडच आहे पण आता हवेच्या वरील पृष्ठभागावरून वाहणाऱ्या प्रवाहास खालील पृष्ठभागावरून वाहणाऱ्या प्रवाहापेक्षा जास्त अतर तेवढ्याच वेळात कापावे लागते! याचाच अर्थ असा की वरील बाजूचा प्रवाह हा जास्त वेगाने वाहतो.

पृष्ठभागावरील कमी अधिक दाब: भौतिकशास्त्रात 'बर्नाउलीचे तत्त्व' म्हणून एक नियम प्रसिद्ध आहे. डॅनियल बर्नाउली या शास्त्रज्ञाने हा सिद्धांत प्रस्थापित करून त्याची सत्यता पटवून दिली. या सिद्धांतानुसार, 'वेगाने वाहणाऱ्या हवेचा दाब त्याच्या लगतच्या पृष्ठभागावर कमी असतो.' आता याचे प्रत्यंतर घेतल्याखेरीज आपण पुढे जाऊ शकणार नाही! म्हणून पुढील छोटासा प्रयोग करा.

एक फूट लांबीची रबरी अथवा प्लॅस्टिकची नळी मिळवा. तिच्या एका बाजूला वहीच्या कागदाच्या दोन पट्ट्या आ. क्र. १६ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे बांधा अथवा टेपने घट्ट बसवा. या पट्ट्या ताठ उभ्या रहायला हव्यात. आता नळीच्या दुसऱ्या बाजूने हवा जोरात फुंका. त्यामुळे या दोन्ही पट्ट्यांच्या मधील हवा

आ. क्र. १६



वेगाने वाहू लागेल. बर्नाउलीच्या तत्त्वानुसार या पट्ट्यांच्या आतील पृष्ठभागावरचा दाब कमी होईल आणि बाजूच्या हवेचा दाब जास्त असल्याने पट्ट्या एकमेकींना चिकटतील.

बर्नाउलीच्या तत्त्वानुसार विमानाच्या पंखावरून हवा जास्त वेगाने वाहात असल्याने पखाच्या खालील पृष्ठभागापेक्षा वरील पृष्ठभागावरील हवेचा दाब कमी होतो. खालील पृष्ठभागावर हवेचा दाब जास्त असल्यामुळे अशा आकाराच्या पंखावर भरपूर उचल निर्माण होते. अशा खास आकाराला इंग्रजीत 'एरोफॉइल' असे म्हणतात. शास्त्रीय पद्धतीने बनविलेल्या या आकारांमुळेच आधुनिक विमाने निर्माण करणे शक्य झाले आहे. येथे एक गोष्ट लक्षात ठेवायला हवी की, ज्या कामासाठी विमान बांधायचे आहे आणि ज्या वेगाने ते उडणे अपेक्षित आहे त्यानुसार त्याच्या पंखासाठी 'एरोफॉइल' वापरावा लागतो. त्याला पंखाचा 'एरोफॉइल सेक्शन' असे म्हणतात. संथ मालवाहू विमाने, ग्लायडर्स यांच्यासाठी वापरले जाणारे आकार, वेगवान लढाऊ विमानांसाठी वापरण्याचे आकार, स्वनातीत (सुपरसॉनिक) विमानांसाठीचे आकार यात पुष्कळ फरक असतो. नमुन्यादाखल आ. क्र. १७ मध्ये काही वैशिष्ट्यपूर्ण एरोफॉइल सेक्शन्स दाखविले आहेत.

सारांश · विमानावर वजन आणि उचल तसेच रेटा आणि ओढ अशा चार प्रेरणा काम करतात. या प्रेरणांचा तोल साधता आला की विमान व्यवस्थित उडू शकते.

ग्लायडर्स, छोटी हलकी विमाने, मालवाहू विमाने यांचेसाठी वापरला जाणारा.

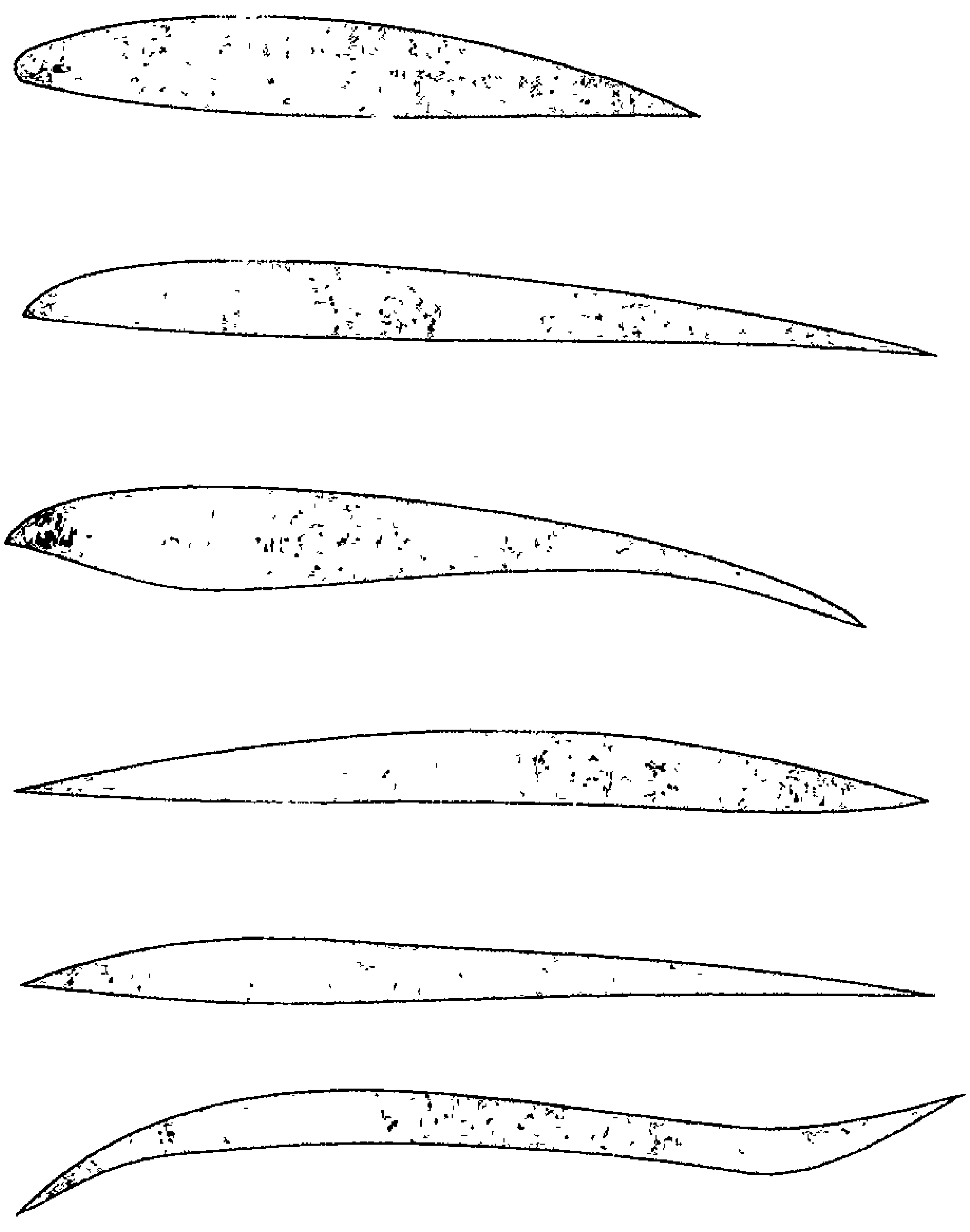
जड वजनाची वेगवान विमाने तसेच प्राथमिक प्रकारातील युद्धाची विमाने.

अत्यंत हलक्या वजनाची व खूप उंचीवर तरंगत जाणारी ग्लायडर्स.

जेट इंजिने बसवलेली युद्धाची विमाने.

स्वनातीत युद्धाची विमाने.

कंकॉर्डसारखी त्रिकोणपंखी विमाने.



आ. क्र. १७ विविधप्रकारच्या विमानांचे एरोफॉइल सेक्शन्स

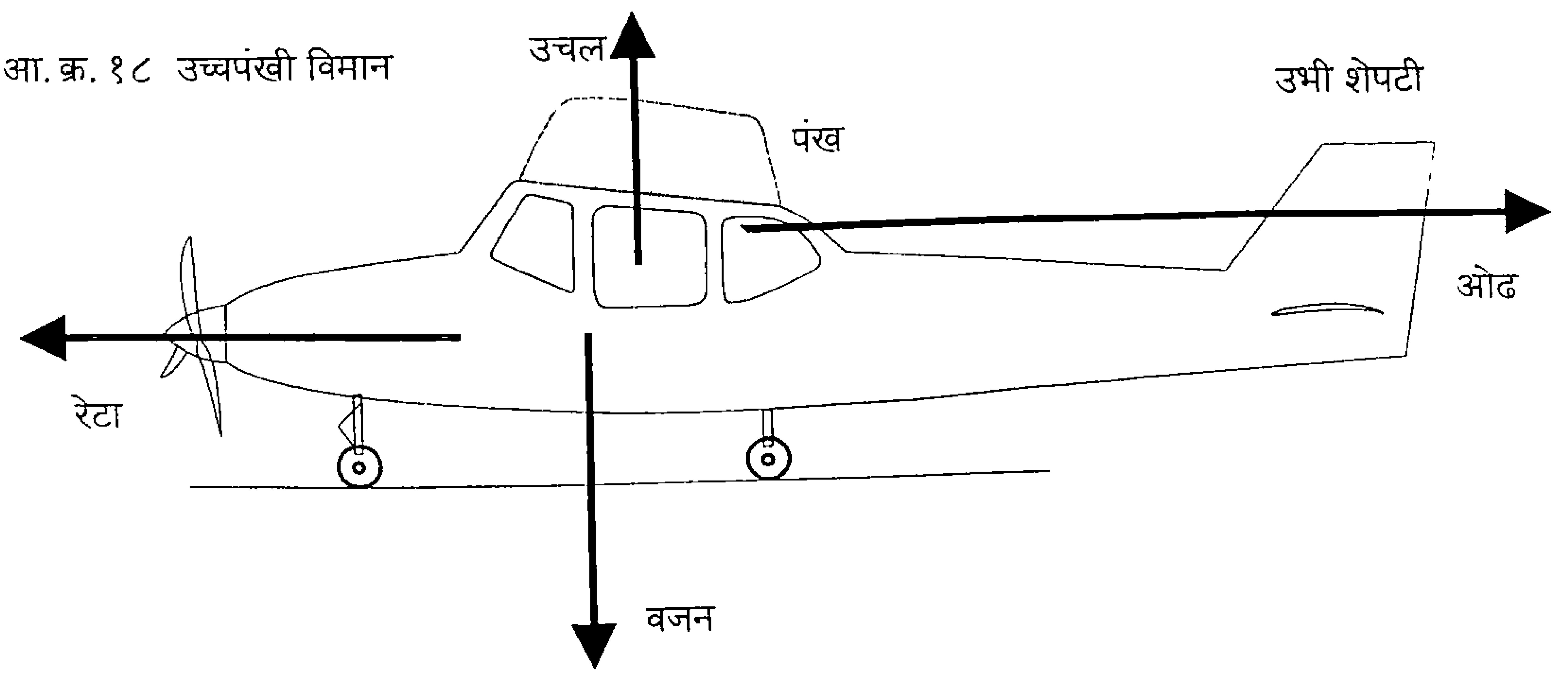
प्रेरणांची स्थाने आणि विमानाची प्रवृत्ती

विमानांवरील चार प्रमुख प्रेरणा आणि त्यांची सर्वसाधारण स्थाने आपण गेल्या प्रकरणात पाहिली. सामान्यतः या प्रेरणा जोडीने आणि एकमेकांच्या अचूक विरुद्ध दिशेने काम करताना दाखविल्या जातात. त्यामुळे उचल आणि वजन एकमेकांना तोलून धरतात तर रेटा आणि ओढ एकमेकांचा तोल साधतात, अशी आपली कल्पना होते. प्रत्यक्षात विमानाच्या प्रकारानुसार या प्रेरणांची स्थाने वेगवेगळ्या पातळीवर असतात. पंखस्थानानुसार विमानाचे जे वर्गीकरण केले जाते त्यात प्रेरणांची स्थाने कशी राहतात हे पाहूया.

१) उच्चपंखी: नमुन्यादाखल उच्चपंखी विमानाची आ. क्र. १८ पाहा. या विमानाचा मोठा पृष्ठभाग म्हणजे पंख उंचावर आहे तसेच उभ्या शेपटीचा विस्तारही उंचावर आहे. ओढ ही पृष्ठभागाच्या विस्तारावर अवलंबून असते. त्यामुळे याच्या ओढीची शक्ती दाखविणारी रेषा (ओढ रेषा) उंचावर जाईल. पण इंजिन मात्र खालच्या पातळीत आहे. त्यामुळे 'रेटा रेषा' ओढ रेषेपेक्षा खालच्या पातळीत राहील. पंखाच्या साधारण मध्यावर 'उचल रेषा' दाखवता येईल. चाके, इंजिन, वैमानिक व प्रवासी असा वजनदार ऐवज पुढच्या भागात असल्याने 'वजन रेषा' 'उचल रेषे'च्या पुढे येईल.

वजन-उचल आणि रेटा-ओढ या जोड्यांमधील प्रेरणा अगदी समान शक्तीच्या आहेत असे जरी मानले तरी त्या एकमेकींच्या अचूक विरुद्ध नाहीत हे आकृतीवरून लगेच कळते. आता प्रश्न असा की, या स्थितीत विमानाची हालचाल नक्की कशी घडून येईल? कारण प्रेरणांची स्थाने अशी असल्याने या विमानामध्ये काही विशिष्ट प्रकारेच उडण्याची प्रवृत्ती निर्माण होणे स्वाभाविक आहे. प्रेरणा रेषांकडे पाहूनच विमानाच्या उडण्याच्या प्रवृत्तीबद्दल आपण अंदाज करू शकतो. आता या विमानाच्या उडण्याच्या प्रवृत्तीचा अंदाज

आ. क्र. १८ उच्चपंखी विमान

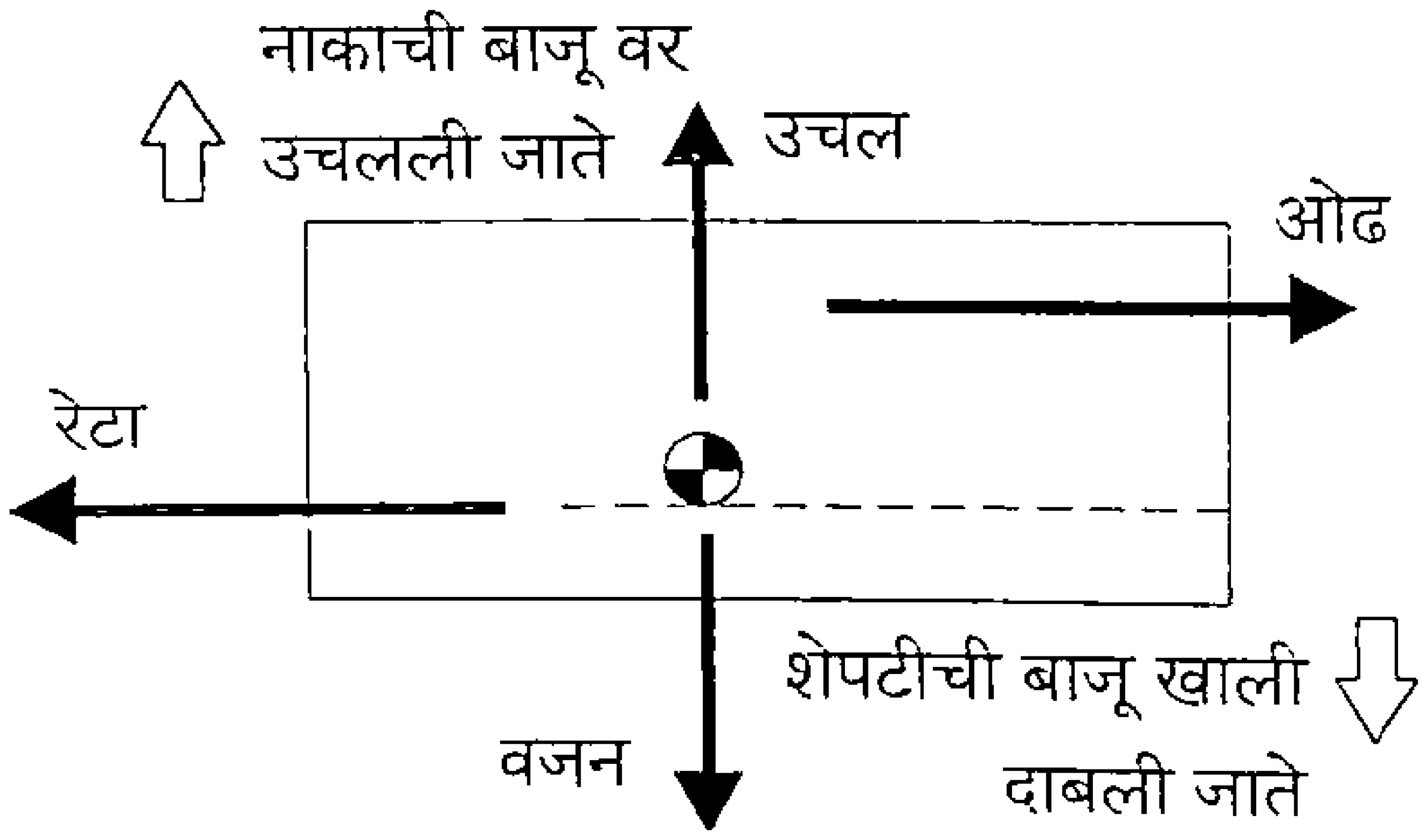


कसा बांधायचा हे आपण पाहूया.

सर्वप्रथम यातील दोन जोड्यांपैकी (रेटा-ओढ आणि उचल-वजन) एका तरी जोडीच्या प्रेरणा एकमेकींविरुद्ध आणता येतील का याचा विचार करावा. वजन आणि उचल यांची अचूक जुळवणी नेहमीच शक्य असते. कारण आपण विमानाच्या नाकाकडे अथवा शेपटीकडे जर वजन वाढवले तर गुरुत्वमध्य पाहिजे तेथे आणता येतो. आपल्या आकृतीमधील विमानात जर शेपटीच्या बाजूला थोडेसे वजन वाढवले तर वजनाची रेषा बरोबर उचल रेषेच्या ओळीत आणता येईल.

लक्षात घ्या की, वजनाची जुळवणी ही सर्वात सोपी आणि सहज शक्य असते: उचलीची जागा बदलणे शक्य नसते, कारण पंखासाठी जो एरोफॉइल सेक्शन वापरलेला असतो त्याच्या वैशिष्ट्यानुसार ठराविक ठिकाणीच उचल निर्माण होते. (विमानाच्या प्रतिकृतीमध्ये मात्र, संपूर्ण पंखच किंचित पुढे अथवा मागे सरकवून बसवणे शक्य असते. त्यामुळे अगदी थोड्या प्रमाणात उचलरेषाही पुढे-मागे सरकवता येते.) रेटा आणि ओढ या प्रेरणा मात्र एकमेकींविरुद्ध आणणे बहुधा अशक्यच आहे. आपण पंख खाली सरकवू शकणार नाही. तसेच इंजिनही उंचावर नेऊन बसवू शकणार नाही. म्हणून या विमानाची प्रवृत्ती ही मुख्यतः रेटा आणि ओढ या प्रेरणांच्या स्थानावर अवलंबून असते.

वर्णनाच्या सोयीसाठी आपण आता विमानाची आकृती अगदी विमानासारखी न काढता एक चौकोन या स्वरूपात दाखवूया आणि त्यावर या प्रेरणांची स्थाने दाखवूया.

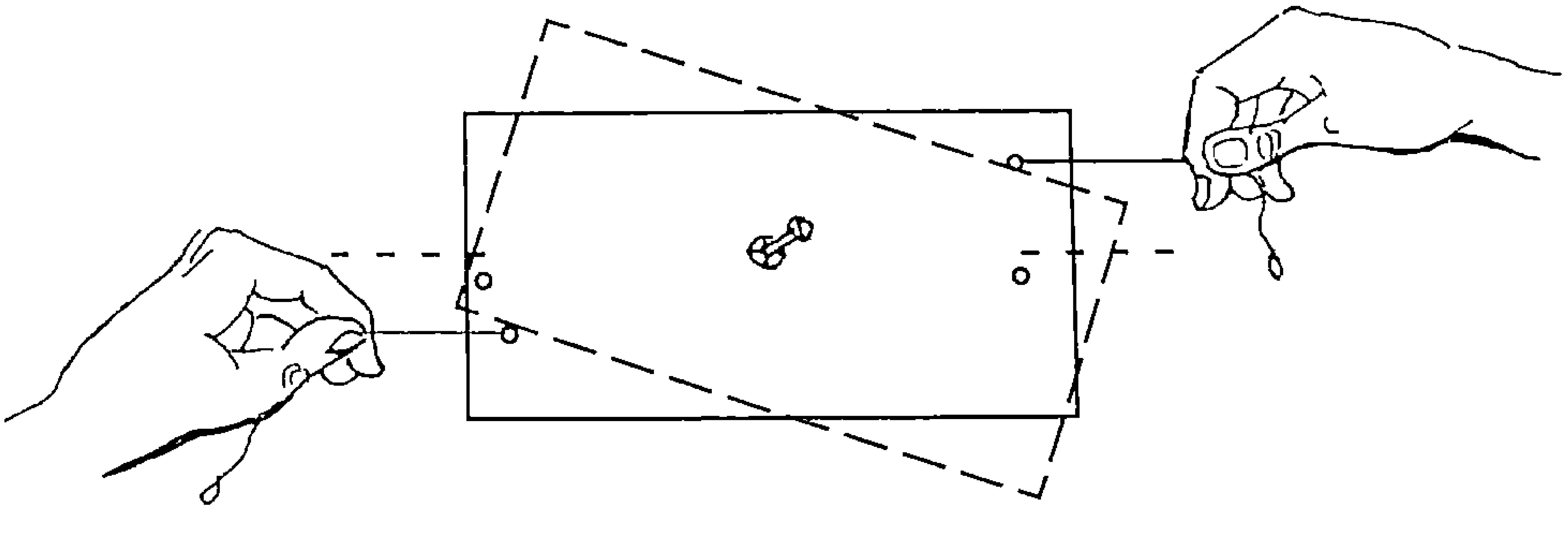


आ. क्र. १९

वजनाची जुळवणी करून घेतल्यामुळे आता विमानाचा गुरुत्वमध्य बरोबर उचलीच्या रेषेत आणला आहे हे लक्षात ठेवा. त्यामुळे उचल आणि वजन या दोन्ही रेषा आता अचूक एकमेकींविरुद्ध आल्या आहेत. अर्थातच या दोन्ही प्रेरणा एकमेकींना बरोबर तोलून धरतील. रेटा आणि ओढ मात्र एकमेकींच्या अचूक विरुद्ध नाहीत. याचा परिणाम काय होईल ते पाहा.

विमान गुरुत्वमध्याच्या जागी समतोलत्वात असते. खालच्या पातळीतील रेटा विमानाच्या तळाचा भाग जोरात पुढे ओढतो तर वरच्या पातळीतील ओढ विमानाच्या वरच्या भागाला पुढे जाण्यापासून रोखायला बघते! विमान एकसंध असल्याने या दोन्ही प्रेरणांचा परिणाम वेगळाच होतो. तो म्हणजे या विमानाची नाकाची बाजू वर उचलली जाते तर शेपटीची बाजू खाली ढकलली जाते. हे कसे घडते?

आ. क्र. २० मध्ये दाखविल्याप्रमाणे एक चौकोनी पुठ्ठा घ्या. त्याच्यावर विमानाच्या आकृतीप्रमाणे गुरुत्वमध्य दाखवा. ओढ आणि रेटा दाखविणाऱ्या कोपऱ्यामध्ये पाच-सहा इंची दोऱ्याचे तुकडे बांधा. आता हा तुकडा ड्रॉइंग



आ. क्र. २०

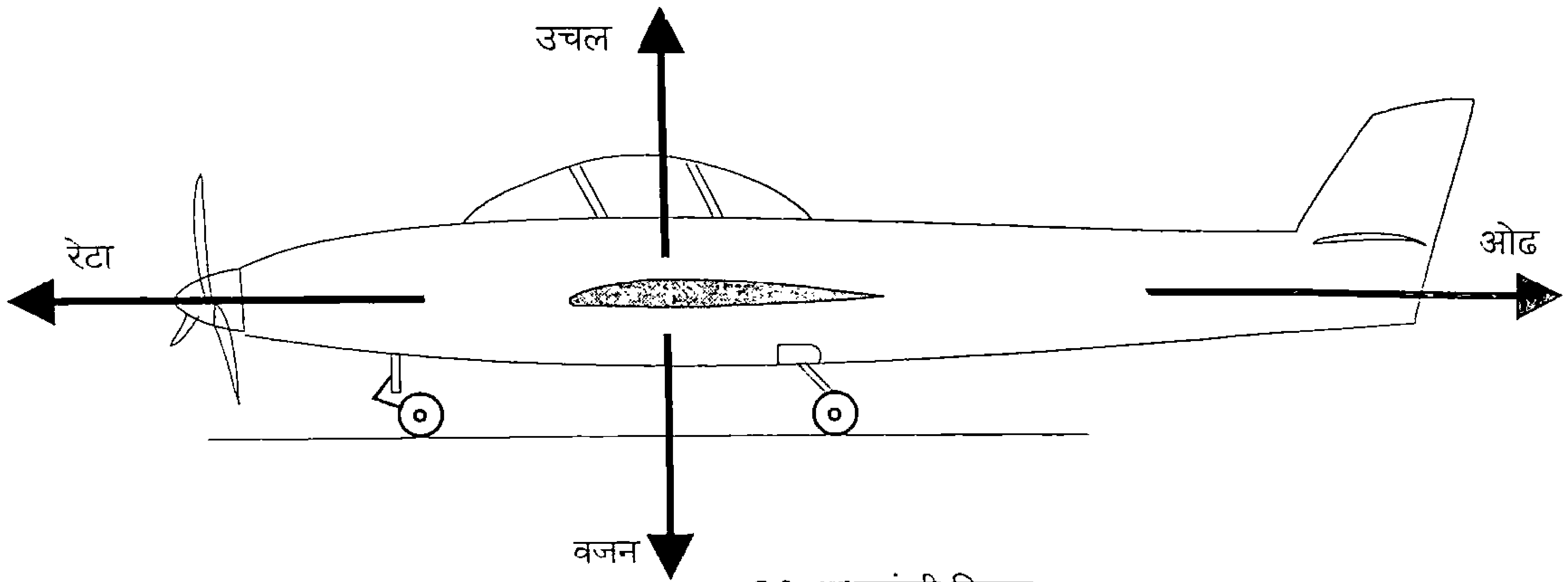
बोर्डावर ठेवा. त्याच्या गुरुत्वमध्यातून एक टाचणी ड्रॉइंग बोर्डामध्ये टोचा. हा चौकोनी तुकडा म्हणजे विमान.

आता रेटा आणि ओढ हे दाखविणारे दोऱ्याचे तुकडे विरुद्ध दिशांनी ओढा. रेटा पुढच्या दिशेने तर ओढ मागील दिशेने. परिणाम प्रत्यक्षच दिसेल. हा तुकडा टिंबांकित रेषांनी दाखविल्याप्रमाणे हलतो. नाकाची बाजू वर उचलली जाते तर शेपटीची बाजू खाली ढकलली जाते. अगदी असाच परिणाम प्रत्यक्ष उड्डाणाच्या वेळी विमानावर होतो. म्हणूनच उच्चपंखी विमानांची सहज प्रवृत्ती नाक वर उचलण्याची असते.

आता यावर उपाय काय? उपाय सरळच आहे. ओढ आणि रेटा आपण एका रेषेत आणू शकत नाही, पण वजन तर पाहिजे तिकडे हलवू शकतो. या विमानाचे वजन नाकाच्या बाजूला जास्त वाढवले तर आपोआपच त्याची नाक वर उचलले जाण्याची प्रवृत्ती कमी होते. म्हणूनच उच्चपंखी विमानामध्ये नाकाच्या बाजूलाच इंजिन (अथवा इंजिने), इंधन टाक्या असतात. तसेच प्रवाशांपैकी जास्त प्रवासी नाकाच्या बाजूला घेऊन त्याची वजनरेषा उचलरेषेच्या पुढे आणतात. यामुळे विमानाचे नाक वर उचलण्याची प्रवृत्ती आटोक्यात राहते. आटोक्यात म्हणण्याचे कारण एवढेच, की विमानाचे वजन कायम तेच राहात असल्याने वजनाचा परिणाम ठराविकच असतो. तो विमानाच्या वेगाच्या प्रमाणात बदलत नाही. या उलट रेटा, त्यामुळे वेग व त्यामुळे उचल आणि ओढ हे कमी-जास्त होऊ शकतात.

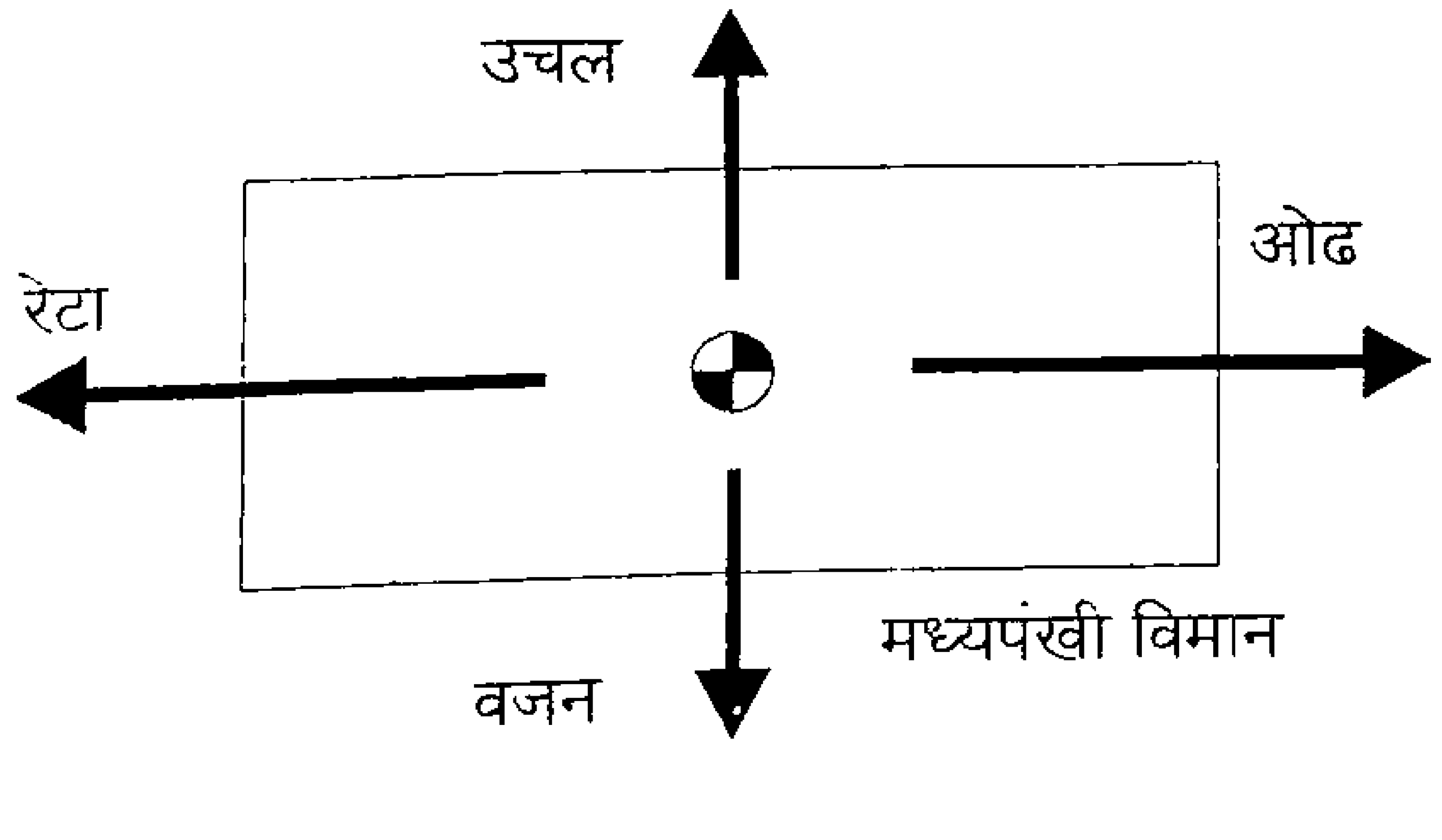
जर हे विमान खूप वेगाने नेण्याचा प्रयत्न केला तर रेटा खूप वाढेल आणि ओढही खूप वाढेल. त्यामुळे विमान परत नाक वर उचलू लागेल. या उलट वेग फार कमी ठेवला तर रेटाही कमी आणि अर्थात ओढही कमी; पण वजन मात्र नाकाकडे जास्त. त्यामुळे विमान नाक खाली करेल व सूर मारेल. सूर मारल्यामुळे त्याचा वेग वाढेल. (म्हणजेच रेटाही वाढेल) त्यामुळे ओढ वाढेल आणि विमानाचे नाक परत जमिनीसमांतर हाईल.

या ज्ञानाचा वापर करून आता आपण मध्यपंखी आणि अधोपंखी विमानांची उड्डाण प्रवृत्ती शोधून काढू शकतो.



आ. क्र. २१ मध्यपंखी विमान

२) मध्यपंखी: मध्यपंखी विमानाच्या या आकृतीकडे पाहून तुम्ही खूषच व्हाल. म्हणाल, ''वाहवा! किती आदर्श समतोलत्व!'' खरोखर हा एकच प्रकार असा आहे, की ज्यामध्ये प्रेरणांच्या जोड्या अचूक एकमेकींच्या विरुद्ध आणता येतात. वजन आणि उचल याबाबतीत तर प्रश्नच नाही. पण येथे पंख मध्यावर आल्याने ओढरेषा अचूक मध्यावर येते आणि इंजिनाचा रेटा तर त्याच्या विरुद्ध सहज आणता येतो. फारच सुंदर समतोलत्व! जर या आदर्श स्थितीचा खरोखरच एवढा उपयोग असता तर जगात सर्व मध्यपंखीच विमाने दिसली असती. प्रत्यक्ष परिस्थिती अशी आहे की, केवळ दहा-बारा टक्केच विमाने मध्यपंखी आढळतात. उच्चपंखी आणि अधोपंखी विमानेच जास्त आढळतात.

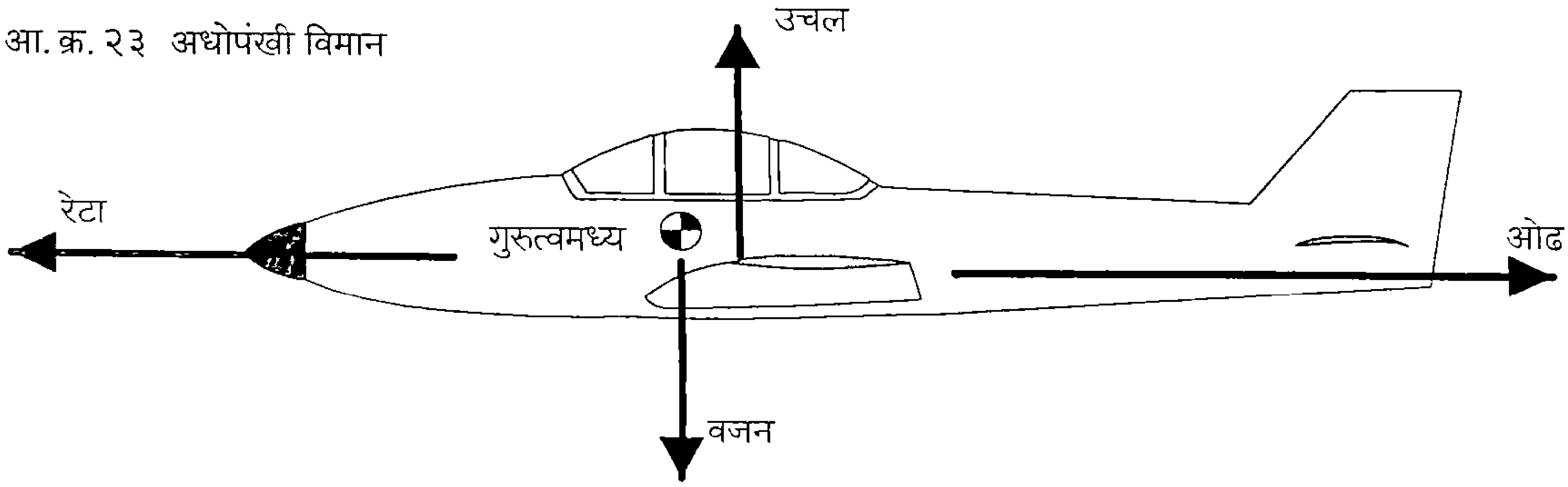


आ. क्र. २२

या विमानांची उड्डाण प्रवृत्ती समजली की मग याचे कारणही आपल्याला समजेल. चौकोनी तुकड्याच्या सहाय्याने आपण हे समजून घेऊया.

येथे दोन्ही जोड्यांनी एकमेकांचे समतोलत्व उत्तम प्रकारे साधले आहे. त्यामुळे कोणत्याही स्थितीत या विमानाचे स्थैर्य उत्तमच असणार हे उघड आहे. आता असे अप्रतिम समतोलत्व हा फायदा की तोटा? काही विशिष्ट उद्देशांपुरता याचा फायदा, पण जास्त करून तोटाच! भरपूर शक्तीचे इंजिन आणि तुफान वेग अशा प्रकारच्या विमानांसाठी हा आराखडा उपयुक्त असतो. पण सामान्य उपयोगासाठी याचा तोटाच जास्त. कारण कोणत्याही अवस्थेत हे विमान बहुधा आपले स्थैर्य सोडत नाही. तिरपे झाले तरी स्थिर, सूर मारताना स्थिर, अगदी उड्डाणाच्या वेळी स्थिर, उलटे उडले तरीही स्थिर आणि अवतरणाचे वेळी जमिनीच्या जवळ पोचल्यावर तर इतके स्थिर होते की पटकन जमिनीला टेकतच नाही!

आ. क्र. २३ अधोपंखी विमान

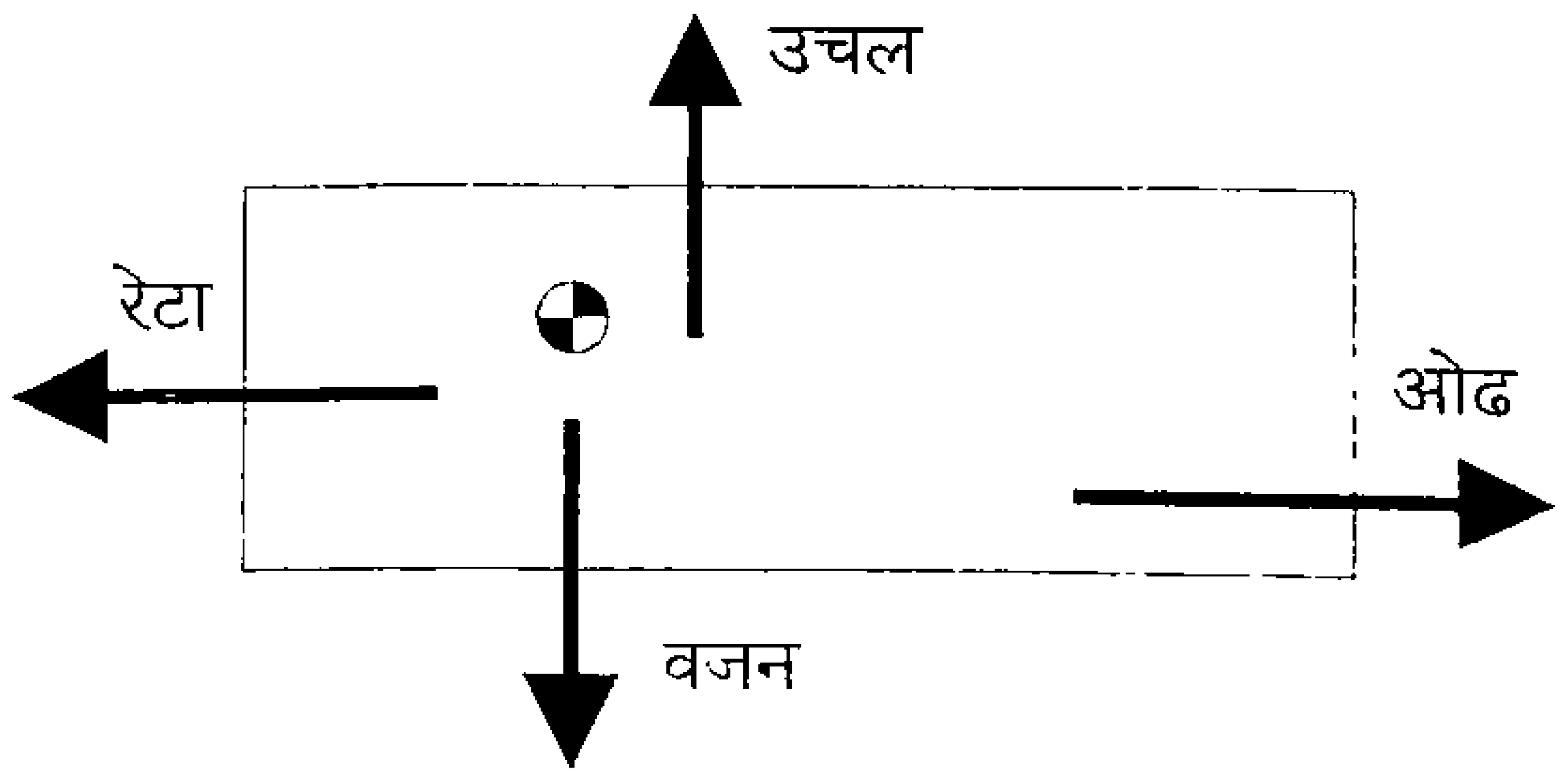


वैमानिकाला क्षणभरसुद्धा दुर्लक्ष करता येणार नाही एवढे स्थिर! याची प्रतिकृती (मॉडेल) हवेत उडवली आणि वाऱ्याच्या झोतामुळे ते विमान तिरपे झाले तरी परत सरळ होण्याचे नाव नाही. तसेच तिरपे उडत राहील आणि तिरपेच जमिनीवर येऊन आदळेल. खऱ्या विमानांसाठी असला आराखडा उपयुक्त. कुशल वैमानिकाच्या हातात ही विमाने दिली की आपल्या नजरेचे पारणे फेडणाऱ्या कसरती हीच विमाने करून दाखवू शकतात! युद्धाच्या विमानांसाठीच असे आराखडे मुख्यतः वापरले जातात. पण मध्यपंखी तरंगयाने (ग्लायडर) बनवणे व उडवणे, विशेषतः त्यांचा अचूक आराखडा काढणे आणि त्यात थोडीतरी अस्थिरता आणणे हे एक खटपटीचे काम ठरते.

३) अधोपंखी: या विमानांचा विचार करताना या चार प्रेरणांसोबतच आणखी एका मुद्याचा विचार करावा लागतो. तो म्हणजे गुरुत्वमध्याचे उंचावरील स्थान! आधीच्या दोन्ही प्रकारांमध्ये गुरुत्वमध्य पंखापेक्षा उंचावर कधीच जात नाही. येथे मात्र तो पंखाच्याही वर जात असल्याने त्याचा परिणाम लक्षात घ्यावा लागतो. (आ. क्र. २३ पाहा.)

यामध्ये पंख सर्वात खाली असतो. त्यामुळे ओढ रेषा खूप खाली जाते. रेटा रेषा त्यापेक्षा वर राहते. उचल पंखाच्या आकारानुसार असते तर वजन बहुधा उचलीच्या पुढेच ठेवले जाते. शिवाय गुरुत्वमध्य पंखापेक्षा उंच पातळीत असतो.

चौकोनी आकारावर या सर्व प्रेरणा मांडून आपण यांचा परिणाम समजून घेऊ शकतो. ओढीपेक्षा रेटा उंचावर आहे, म्हणून वरचा भाग जोरात पुढे ओढला जातो आणि तळाचा भाग विरोधामुळे तेवढा पुढे जाणार नाही. परिणाम? अशा विमानात नाक खाली दाबले जाण्याची प्रवृत्ती निर्माण होते. त्यात भर म्हणून वजनही उचल रेषेपेक्षा पुढे आहे म्हणून नाक दाबले जाण्याचा परिणाम अधिकच वाढतो.



आ. क्र. २४

उंचावर असलेला गुरूत्वमध्य नेहमीच खाली येण्याचा प्रयत्न करतो! त्यामुळे पटकन उलटे होण्याची प्रवृत्ती या विमानात वाढते.

विमानाचा वेग वाढवून या दोषावर नियंत्रण मिळवता येते.

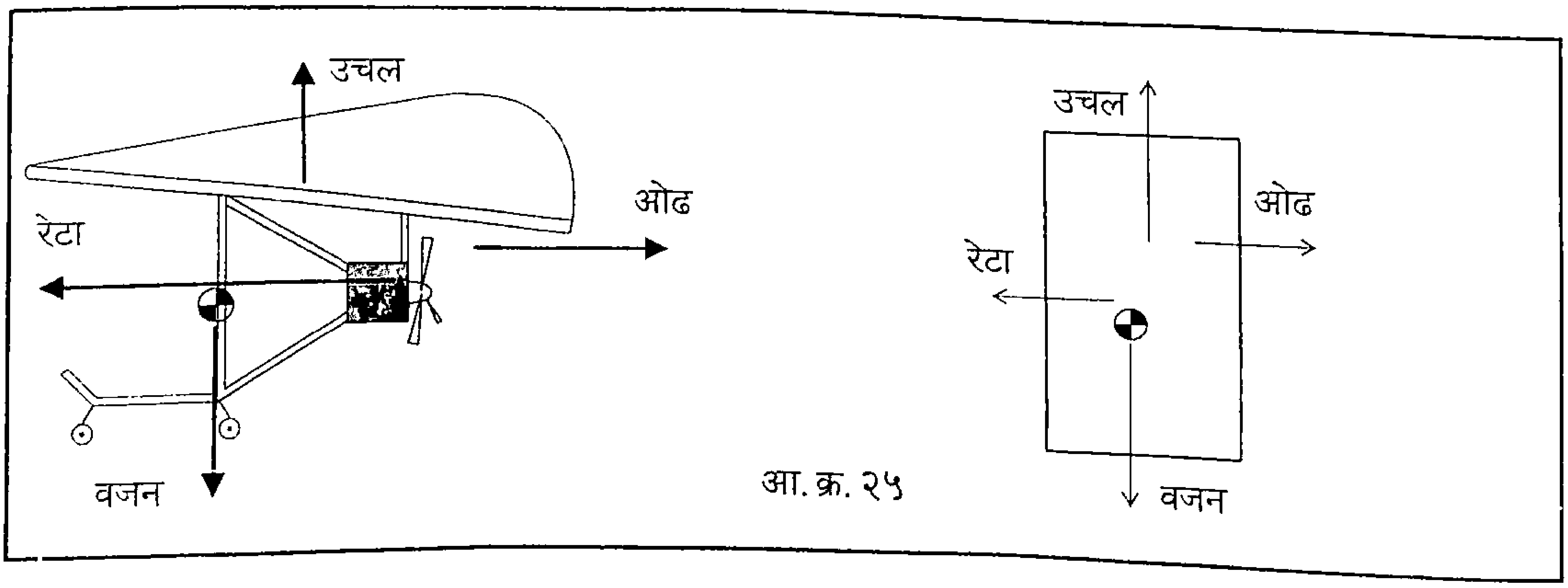
वेगामुळे जे जडत्व (इनर्शिया) निर्माण होते; त्यामुळे विमान कलंडण्यास अवरोध होतो. भोवरा नुसताच आरीवर उभा करण्याचा प्रयत्न केला तर तो तसा राहणे शक्यच नाही, पण वेगात फिरवला असता तो बराच वेळ उभा राहू शकतो, यामागे हेच तत्व आहे. म्हणून सर्वसाधारणपणे अधोपंखी विमाने वेगवानच असतात. कमी वेगाने उडवायचा प्रयत्न केल्यास ती उलटी होतात.

विमानांमध्ये पंख खाली असण्याचे फायदे बरेच असतात. पहिला फायदा म्हणजे चाकांची उंची कमी होते. हवेत उडताना चाके बहुधा पंखातच ओढून घेतली जातात. पंख खालीच असल्याने चाके खाली सोडणाऱ्या पायांची लांबी कमी ठेवली तरी पुरते. या विमानांचे चापल्य इतर दोन्ही प्रकारांपेक्षा जास्त असते. म्हणून युद्धाची अनेक विमाने, विशेषतः त्रिकोणपंखी विमाने, या प्रकारची असतात. युद्धाच्या विमानांमध्ये पंखाखाली रॉकेटस्, इंधन टाक्या किंवा क्षेपणास्त्रे बसवतात. अधोपंखी विमाने या सर्व कामासाठी खूपच सोयीस्कर ठरतात. शिवाय विमानात बसल्यानंतर वैमानिकाला सभोवतालचे संपूर्ण आकाश दिसू शकते.

या विमानाच्या अंगी असलेल्या मूलभूत दोषांचे निवारण कसे केले जाते याची माहिती आपण नंतरच्या प्रकरणात पाहणार आहोत.

उच्चपंखी, मध्यपंखी आणि अधोपंखी ही वर्गवारी तशी ढोबळमानानेच गृहीत धरायची असते. कारण विमानांचे काही प्रकार एवढे वेगळे दिसतात की त्यांची वेगळीच वर्गवारी गृहीत धरावी लागते. ते वरीलपैकी एखाद्या गटामध्ये आहेत असे वाटले तरी प्रत्यक्षात त्यांची उड्डाण प्रवृत्ती भिन्न असते. याची एक-दोन उदाहरणे आपण पाहू.

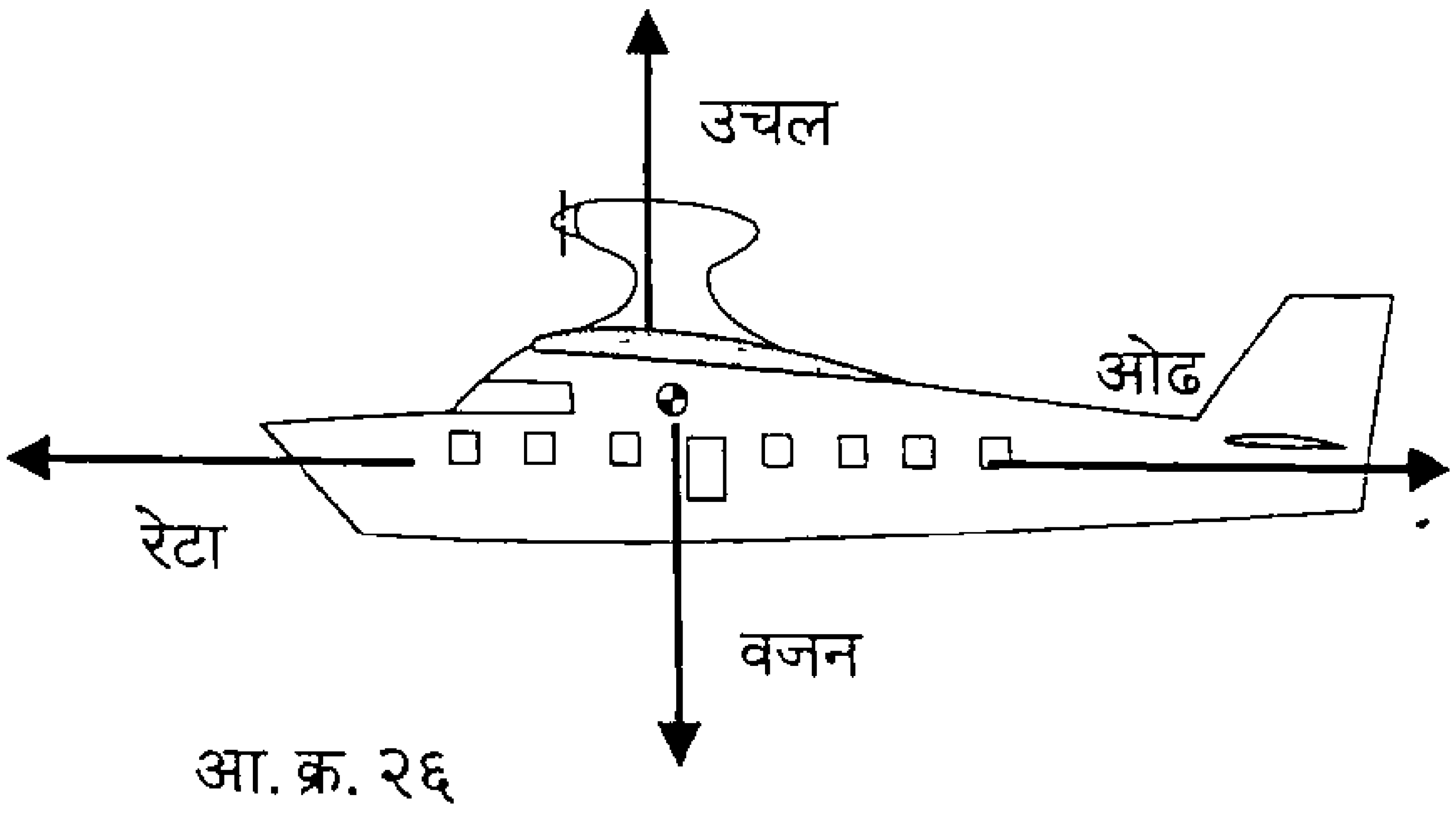
'मायक्रोलाइट' किंवा 'ट्राइक' या प्रकारचे हे विमान पाहा. 'हँग ग्लायडर' या नावाने ओळखला जाणारा व पतंगासारखा दिसणारा एक विमान प्रकार आहे. याच हँग ग्लायडरवर इंजिन बसवून 'मायक्रो लाइट' या प्रकारची विमाने बनवतात.



आ. क्र. २५

मोठ्या कापडी पतंगासारखा पंख आणि त्याच्या खाली ॲल्युमिनियमच्या फ्रेमवर इंजिन आणि वैमानिक बसण्याची व्यवस्था, असे हे विमान असते. इंजिनाचा पंखा हवा मागे ढकलणाऱ्या प्रकारचा असतो. याचा एकूण आकार ओबडधोबड असतो. पंख कापडाचा असल्याने त्यावरील ओढ भरपूर असते. त्यामुळे 'ओढरेषा' उंचावर जाते. इंजिन काही एवढ्या उंचीवर नेता येत नाही कारण इंजिनाच्या पंख्याची पाती फिरायला वरच्या कापडी पंखाची अडचण होते. उंचावर ओढरेषा व खाली रेटा रेषा याचा परिणाम तुम्हला माहीत आहे. याची प्रवृत्ती नाक वर उचलण्याचीच राहते. यावर उपाय म्हणजे नाकाच्या बाजूचे वजन वाढवणे. म्हणून वैमानिकाची जागा अगदी पुढच्या टोकाला असते. तरीही उचल रेषा आणि वजन रेषा यातील अंतर अगदी थोडेच आहे. उड्डाणामध्ये जर या दोन्ही रेषा एकावर एक आल्या तर हे विमान अचानकपणे हिसक्यासरशी नाक वर करते!

उंचावर इंजिन असणारे हे दुसरे एक विमान आ.क्र. २६ मध्ये दाखविले आहे. यामध्ये विमानाच्या पंखावर एक आधार वाढवून त्यावर सर्वात उंच जागी इंजिन बसवले आहे. इंजिन वर असल्यामुळे ते बसवणे, बदलणे इत्यादी कामे झटपट करता येत असल्याने एरोमॉडेलिंग या छंदामध्ये अशा रचनेची/डिझाइनची मोठी ग्लायडर्स खूप सापडतात. पण इंजिन वर असल्याचा एक विचित्र परिणाम होतो. इंजिनासारखा वजनदार भाग उंचावर गेल्याने गुरुत्वमध्य उंचावर जातो. यामुळे विमान अस्थिर बनते. शिवाय



आ. क्र. २६

रेटारेषा उंचावर आणि ओढरेषा मात्र खालच्या पातळीत. त्यामुळे विमानाची साधारण प्रवृत्ती नाक खाली करण्याची होते. म्हणून वजन उचल रेषेच्या फार पुढे नेऊन चालत नाही. अशा विमानाचा तोल राखण्यासाठी अशा विमानांचे पंख खूप मोठे आणि विस्तृत करावे लागतात.

एरोमॉडेलिंगमध्ये पंखापासून केवळ ३ ते ४ इंच उंचावर इंजिन बसवण्यासाठी ६ ते ७ फूट पंखविस्ताराचे विमान बांधावे लागते. याशिवाय आराखड्यात इतरही बदल करावे लागतात ते वेगळेच.

थोडक्यात पाहता विमानाची उडण्याची प्रवृत्ती नक्की कशी असेल हे त्याचा भौमितिक आकार, वजन, शक्ती यापेक्षाही त्यावरील प्रेरणांची सापेक्ष स्थाने निश्चित कोठे आहेत, यावरच अवलंबून असते. कित्येकदा विमान ज्या कामासाठी बांधायचे आहे, त्याचा विचार करता ही स्थाने अगदी आदर्शच जागी आणणे शक्य होत नाही. अशा वेळी विमानाच्या नियंत्रण अवयवांचा वापर करून विमानाचे उड्डाण सुधारता येते. हे नियंत्रण अवयव कोणते आणि त्यांचा कसा वापर केला जातो याचा तपशील पुढे पाहू.

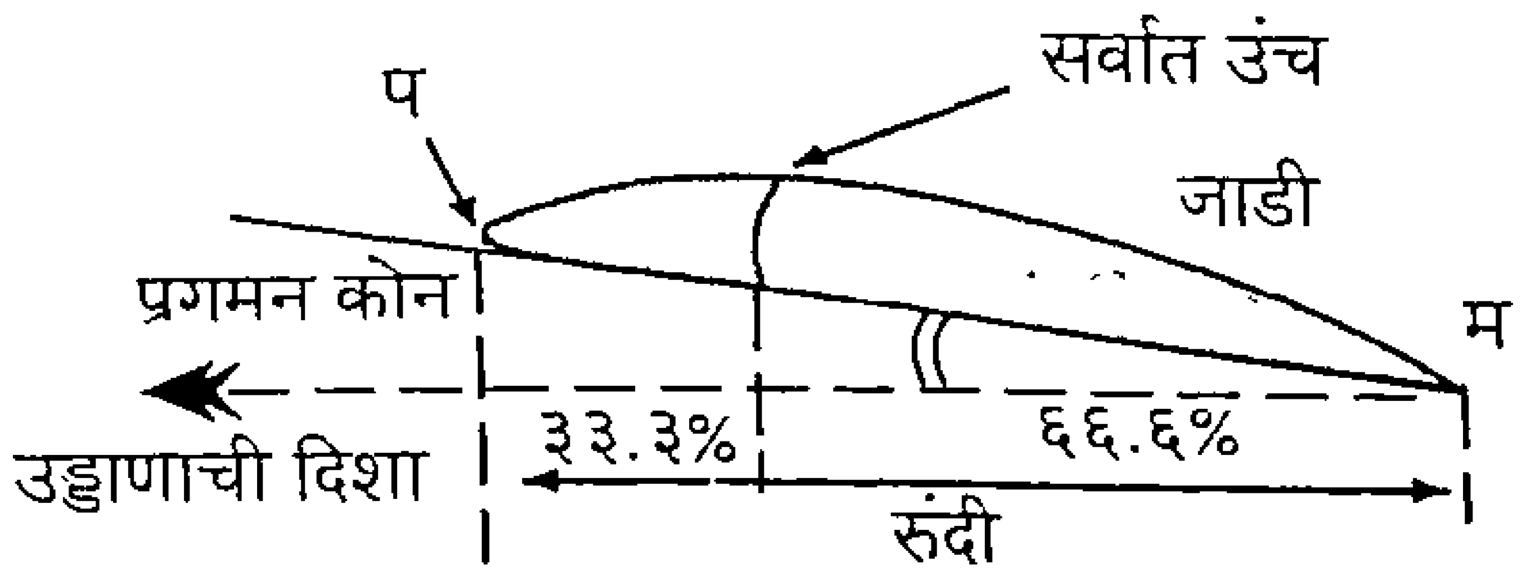
आतापर्यंतचे सर्व वर्णन वाचत असताना तुमच्या मनात कदाचित एक विचार येऊन गेला

असेल की, 'या सर्व चर्चेत विमानाची शेपटी, उभी आणि आडवी, ही अजिबातच कशी आली नाही? लेखक विसरला की काय?' मित्रांनो, या शेपट्या विसरून जायला मलाही फार आवडले असते! पण ते एवढे सोपे नाही! विमानांच्या आराखड्यात निर्माण होणाऱ्या काही अडचणी सोडवायला या शेपट्याच तर उपयोगी पडतात. आता त्या मदत करताहेत म्हटल्यावर त्यांची स्थाने, आकारमान, कोन यांची गणिते ओघाने आलीच! पुन्हा ओढ ही प्रेरणा यांचेमुळे वाढणार आणि तिचे स्थानही बदलणार.

विमानाच्या बाबतीत उडणे हे महत्त्वाचे. उडण्याची मुख्य जबाबदारी पंखाची. म्हणून पंखाबाबतच बरीचशी चर्चा झाली. या सर्व चर्चेत आपण असे गृहीत धरले आहे की, पंख नेहमी ठराविक ठिकाणीच उचल निर्माण करतो. प्रत्यक्षात पंखावरील उचलीचा बिंदू त्याच्या पुढच्या टोकापासून मागच्या टोकापर्यंत कोठेही असू शकतो आणि तो सरकण्यासाठी पंखाचा प्रगमन कोन किंचित जरी बदलला तरी पुरते. यामुळेच विमानाला नियंत्रक अवयवांची आवश्यकता भासते. मुळात पंखावर उचल नक्की कोठे निर्माण होते व ती कशी काय जागा बदलते हे अगोदर समजायला हवे.

पंखावरील उचलः विमानाच्या पंखाची तपशीलवार आकृती(आ. क्र. २७) पुढे दिलेली आहे. त्याचे स्पष्टीकरण असे - 'प' ही पुढील कड तर 'म' ही मागील कड आहे. प- म हे अंतर पंखाची रुंदी आहे. या रुंदीला कॉर्ड (chord) असे म्हणतात. पुढील कडेपासून मागील कडेपर्यंत पंखाची जाडी कमी जास्त होत जाते. प्रथम ती वाढत जाते आणि रुंदीच्या साधारण एक तृतीयांश अंतरापाशी ती जास्तीत जास्त होते. त्यानंतर ती परत कमी होत होत मागील कडेपाशी पोहोचते.

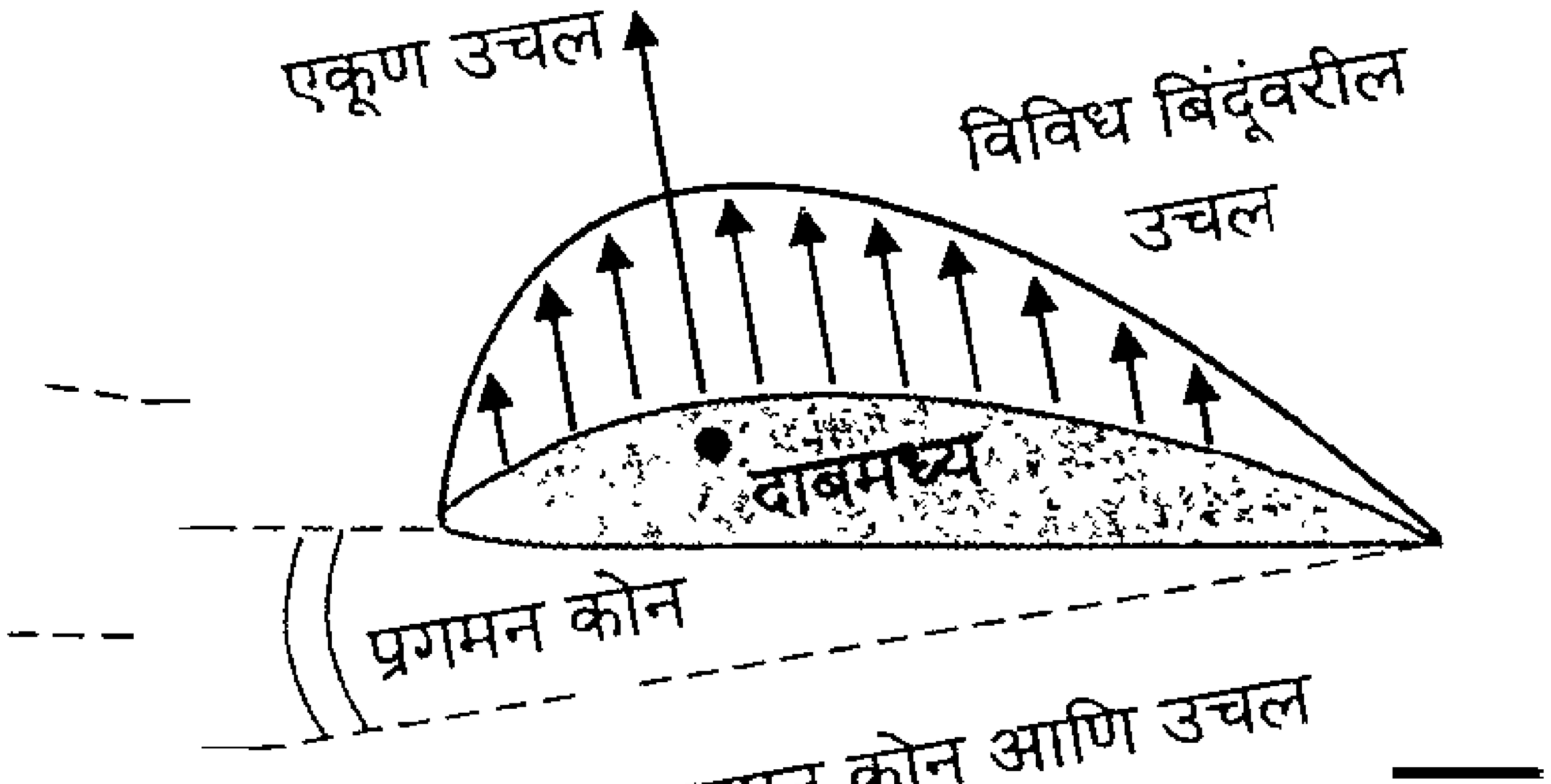
उड्डाणाच्या दिशेशी पंखाने केलेल्या कोनाला 'प्रगमन कोन' असे म्हणतात. पंखावरून वाहणारी हवा जास्त वेगाने वाहते हे

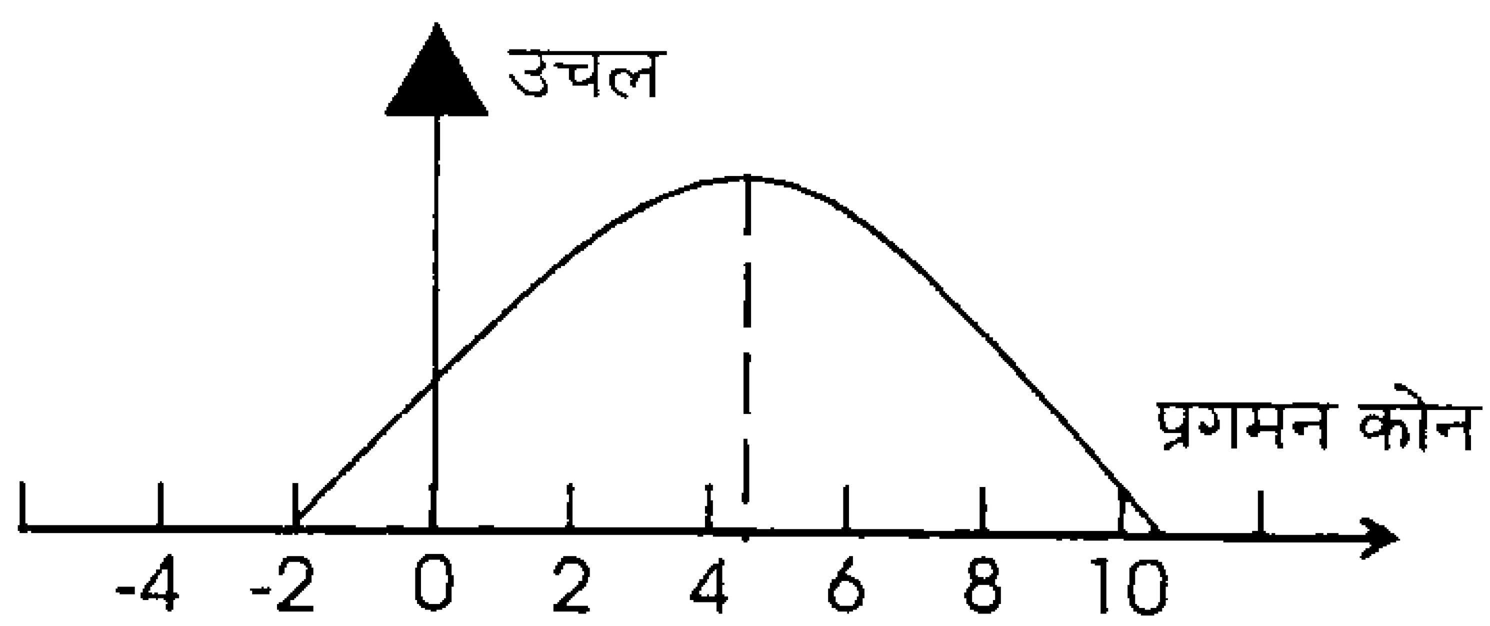


आ. क्र. २७ विमानाचा पख

आपल्याला ठाऊक आहेच. या हवेचा सर्वात जास्त वेग पंखावरील सर्वात उंच ठिकाणी असतो. त्यामुळे सर्वात जास्त उचल याच जागी निर्माण होते आणि इतर बाजूच्या उचलींचा एकत्रित परिणामदेखील जवळजवळ याच बिंदूत एकवटला जातो. या बिंदूला पंखाचा 'दाबमध्य' (सेंटर ऑफ प्रेशर) असे म्हणतात.

एरोफॉइलच्या आराखड्यानुसार किती प्रगमन कोन असताना एखाद्या पंखावर जास्तीत जास्त उचल निर्माण होईल हे ठरलेले असते. आ. क्र. २८ मधील पंखांचा प्रगमन कोन ४.५ अंश असताना जास्तीत जास्त उचल मिळते असे दाखविले आहे. यापेक्षा कमी अथवा जास्त कोन ठेवला तर उचल झपाट्याने कमी होत जाईल. अर्थात ४.५ अंश हा काही सर्वच एरोफॉइलसाठी आदर्श कोन नव्हे. असा कोन प्रत्येक एरोफॉइलसाठी वेगवेगळा असतो. म्हणजेच जोपर्यंत पंख या विशिष्ट प्रगमन कोनात असतो तोवरच त्यावर जास्तीतजास्त





आकृती क्र २८ प्रगमन कोन आणि उचल

उचल असते आणि ती ठरावीक स्थानावरच असते. जर पंखाचा हा कोन बदलला तर उचल झटकन कमी होते एवढेच नव्हे तर तिचे स्थानही खूपच सरकते. म्हणजेच पंखाचा दाबमध्य जागा सोडतो.

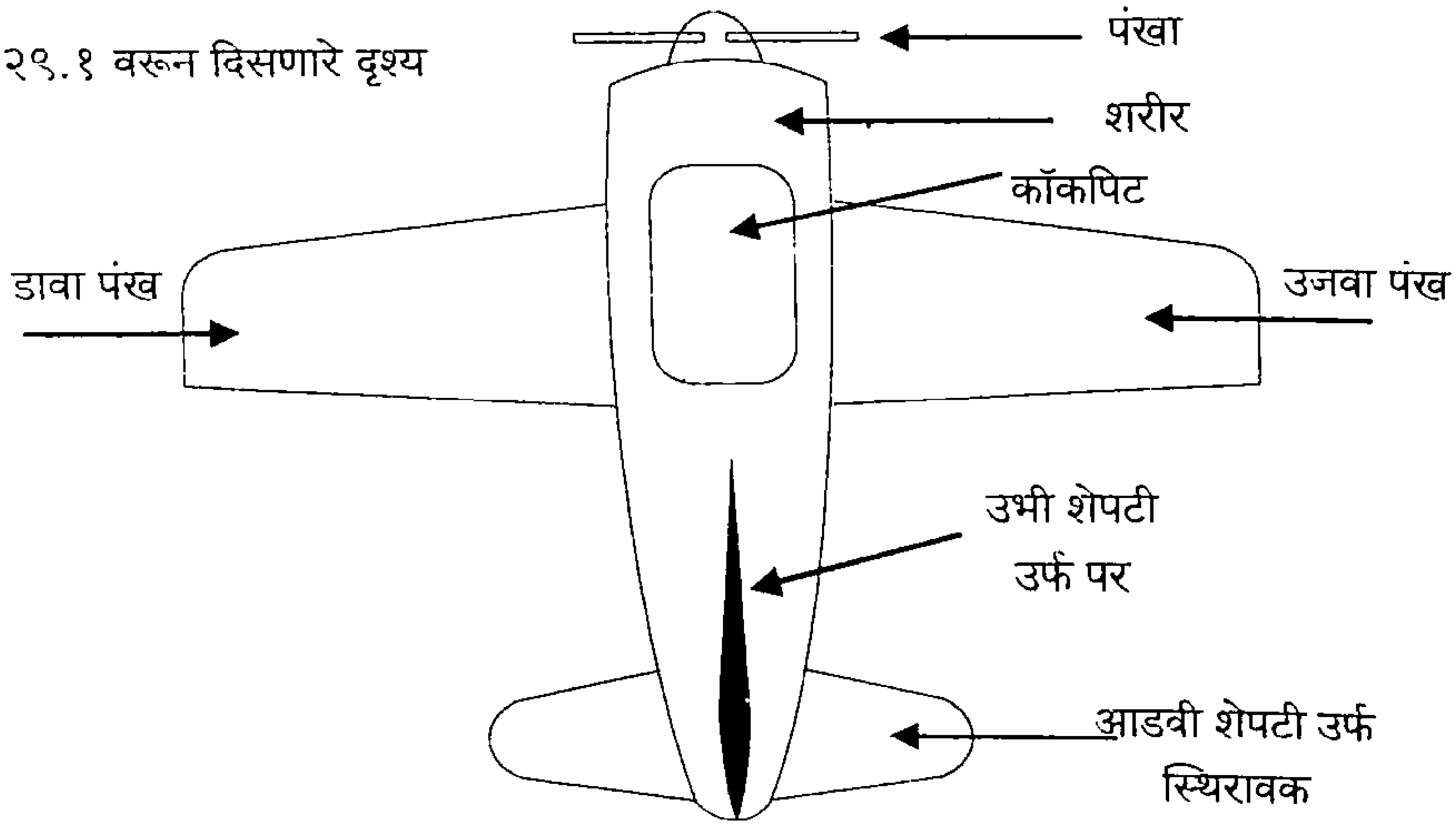
उचल आणि वजन एकमेकांना तोलून धरतात. जरी उचल आणि दाबमध्य यांनी जागा सोडली तरी वजन आणि गुरुत्वमध्य काही आपली जागा सोडत नाहीत! त्यामुळे वजनाची ताकद तुलनेने जास्त होते आणि गुरुत्वमध्याचे स्थान तेच असते. परिणामतः वजनरेषा आणि उचलरेषा यांचा परस्परांमधील संबंध बदलतो. जर विमान अशा स्थितीत गेले तर त्याला परत योग्य स्थितीत आणण्याचे काम करण्यासाठीच शेपटीची आणि इतर नियंत्रण अवयवांची योजना केलेली असते.

पुढील पानावर आकृती क्रमांक २९ मध्ये विमानांच्या सर्व भागांची नावे दर्शविली आहेत.

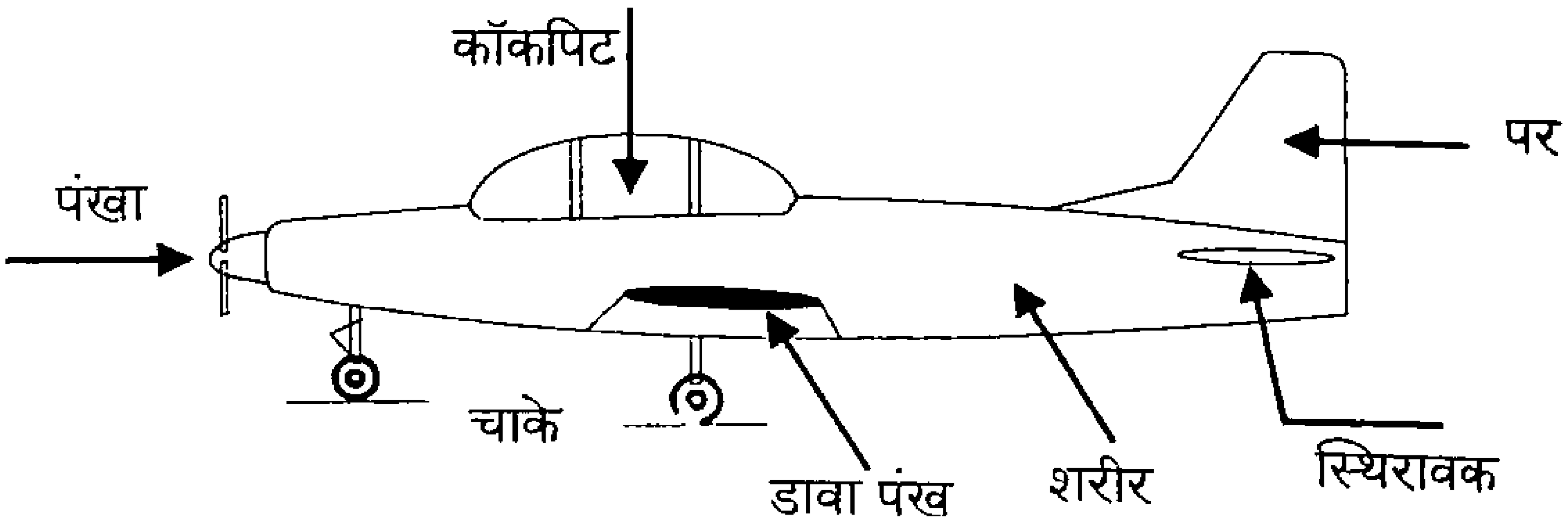
✈ ✈ ✈

आ. क्र. २९ विमानाचे नियंत्रण अवयव

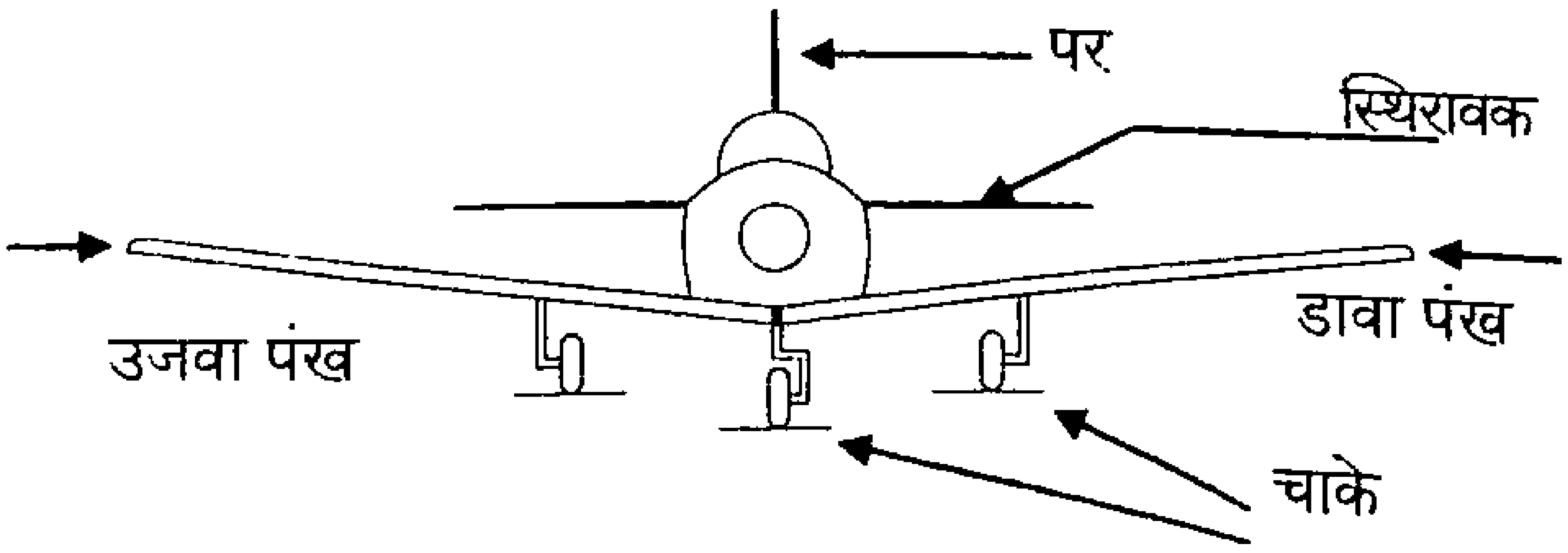
आ. क्र. २९.१ वरून दिसणारे दृश्य



आ. क्र. २९.२ बाजूने दृश्य



आ. क्र. २९.३ समोरून दृश्य



विमानाचे नियंत्रण - अवयव

विमानाचे नियंत्रण अवयव विमान उडत असताना फार महत्त्वाचे कार्य करतात. त्यांची नावे व कार्य आता आपण समजून घेऊ.

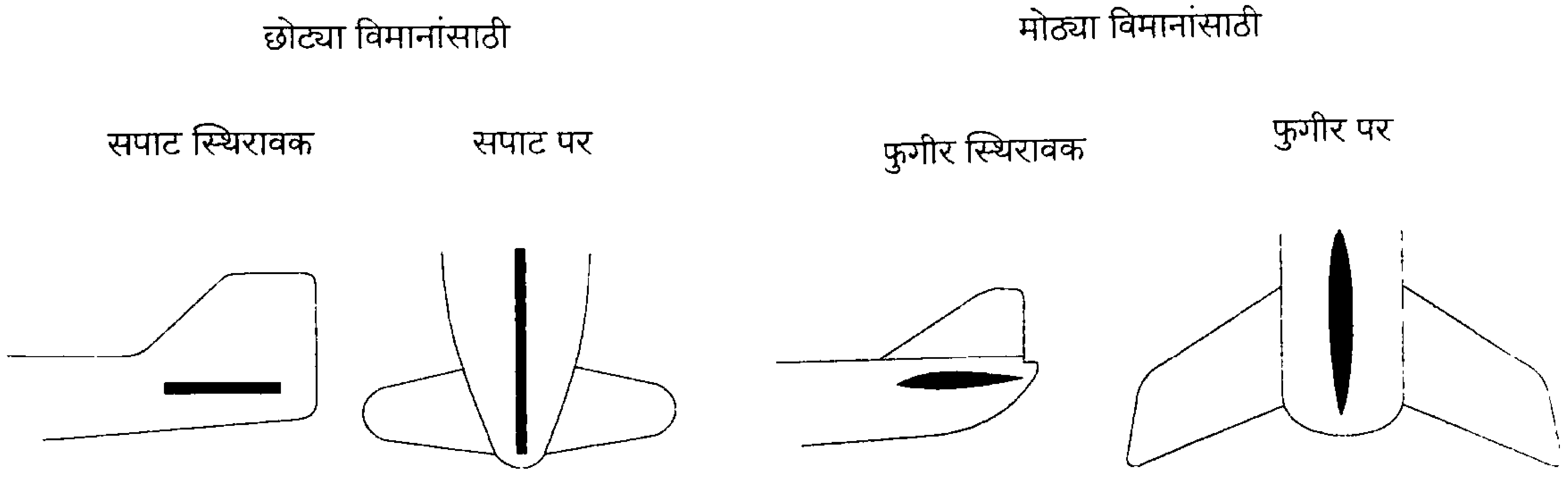
विमानाच्या शेपट्या

ज्याला आपण 'विमानाची शेपटी' म्हणतो त्या भागात दोन पृष्ठभाग असतात. हे बहुधा एकमेकांशी ९० अंशाच्या कोनात असतात. उभ्या पृष्ठभागाला पर (फिन) आणि आडव्या पृष्ठभागाला स्थिरावक (स्टॅबिलायझर) असे म्हणतात. हे पृष्ठभाग बहुधा दोन्ही बाजूंनी सपाट असतात. खूप मोठ्या विमानांच्या बाबतीत सपाट पृष्ठभाग ठेवणे अडचणीचे जाते, कारण अशा विमानांच्या शेपट्या खूप मोठ्या असल्याने एवढा मोठा पृष्ठभाग सपाट ठेवला तर तो फारच दुबळ्या रचनेचा होतो. यासाठी अशा शेपट्यांनासुद्धा बाकदार एरोफॉइल आकार दिला जातो. त्याची जाडी व आकार दोन्ही बाजूंना समान असतो त्यामुळे त्यांच्यावर कोणतीही वेगळी प्रेरणा निर्माण होत नाही.

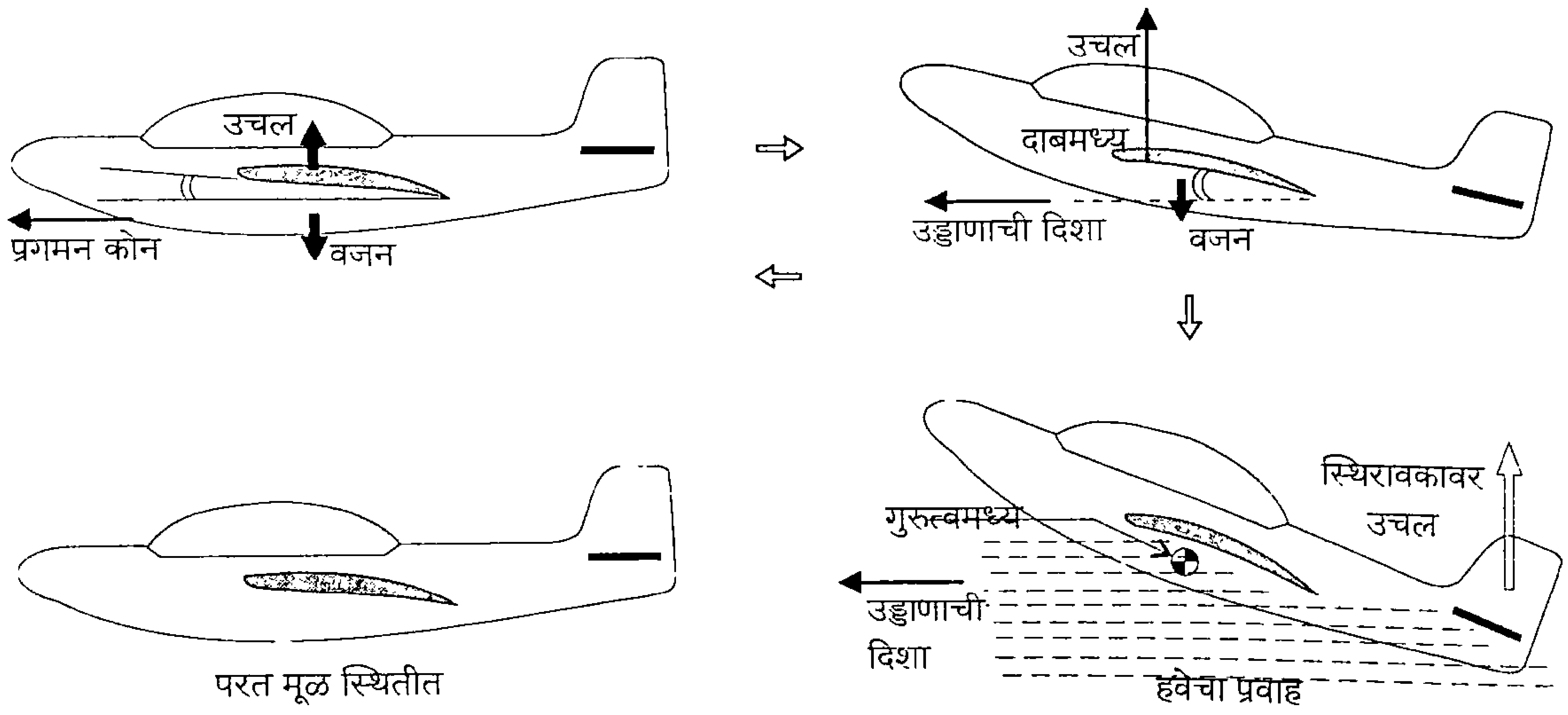
या दोन्ही अवयवांमुळे विमानाच्या पंखाचा कोन आणि उड्डाणाची दिशा अचूक ठेवण्यास मदत होते. हे कसे घडते ते आपण आता पाहू.

स्थिरावक (स्टॅबिलायझर) हा आडवा पृष्ठभाग पंखाचा प्रगमन कोन अचूक ठेवण्यासाठी वापरला जातो. आधीच्या चर्चेत आपण म्हटले आहे, की पंखाचा प्रगमन कोन बदलताच त्यावरील उचल आणि दाबमध्याचे स्थान दोन्हीही लगेच बदलतात. स्थिरावकाचा वापर करून प्रगमन कोन बदलताक्षणीच पंखाला परत योग्य प्रगमन कोनात आणून ठेवता येते. हे समजण्यासाठी आ. क्र. ३१ मधील चित्रमालिका लक्षपूर्वक पाहा.

समजा, सरळ जाणाऱ्या विमानाच्या पंखाचा प्रगमन कोन उडताना हवेच्या हालचालीमुळे किंवा अन्य कारणामुळे अचानक वाढला. त्याचा परिणाम म्हणून पंखाचा दाबमध्य अचानक पुढे सरकतो आणि उचलीची शक्ती खूपच कमी होते. जर स्थिरावक नसता तर विमान अशाच अवस्थेत जमिनीच्या दिशेने (टेल स्लाईड) गेले असते.



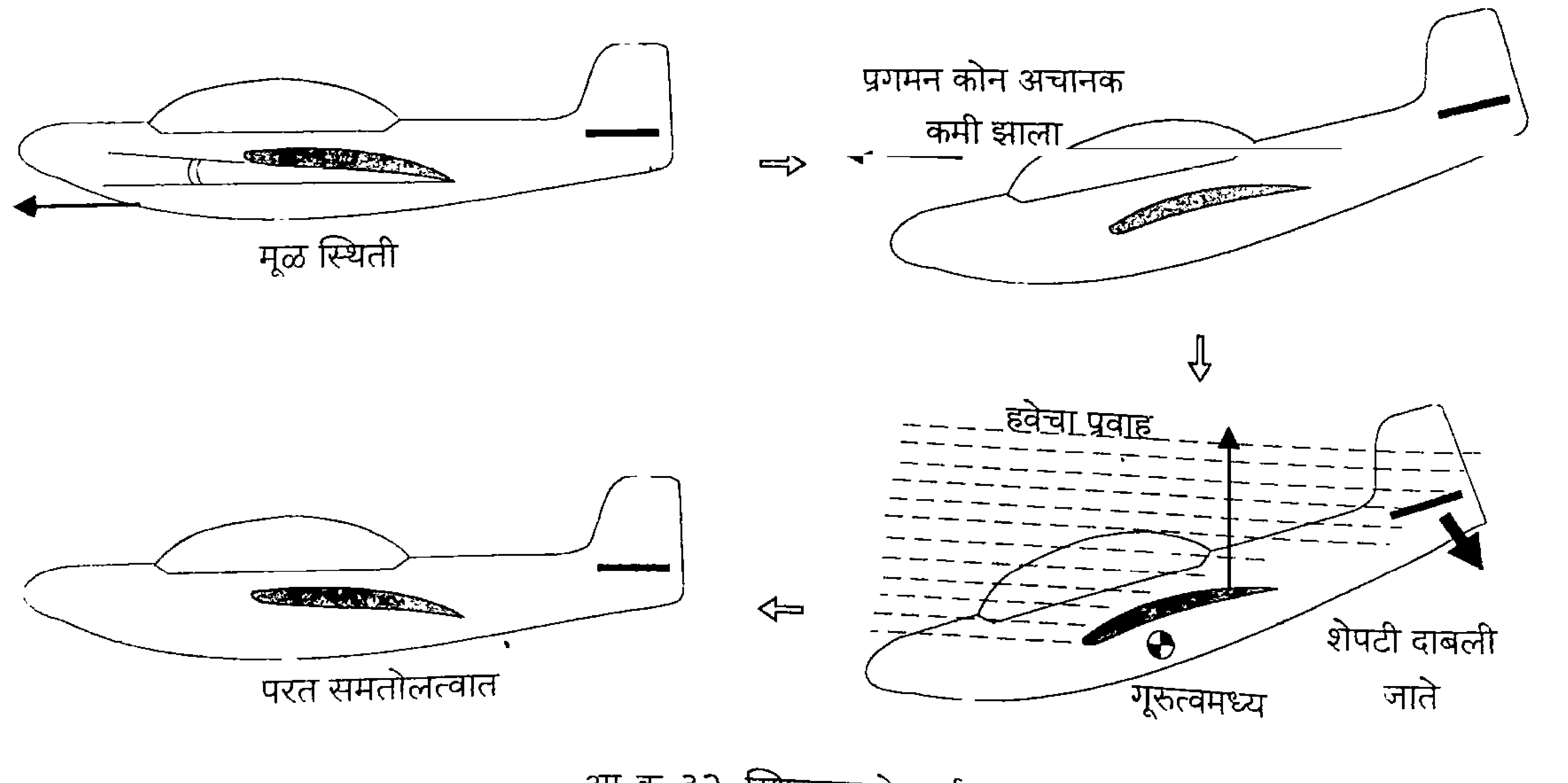
आ. क्र. ३०. विमानांच्या विविध प्रकारच्या शेपट्या



आ. क्र. ३१ स्थरावकाचे कार्य - १

एखादी जड वस्तू हलकेच पाण्यात बुडावी तसे! कारण दाबमध्य पुढे सरकला व उचल एकदम कमी झालीतरी वजन तेवढेच आहे आणि गुरुत्वमध्यही पूर्वीच्या जागेवरच आहे. गुरुत्वमध्य आता दाबमध्याच्या मागे गेल्याने शेपटी जड होते आणि म्हणूनच विमान 'बुडते'!

परंतु ही स्थिती निर्माण होण्याच्या आतच स्थिरावक विमानाला परत योग्य जागेवर आणतो. जेव्हा प्रगमन कोन अचानक बदलतो तेव्हा उड्डाणाची दिशा मात्र बदलत नाही. त्यामुळे पंखांबरोबरच स्थिरावकाचाही कोन बदलतो. समोरून येणाऱ्या हवेच्या प्रवाहाचा मोठा दाब अशा स्थिरावकावर पडतो. अर्थात असाच दाब पंखांवरही पडतो आणि तो स्थिरावकापेक्षा कितीतरी जास्त असतो, पण गुरुत्वमध्य पंखाखालीच असल्याने प्रगमन



आ. क्र. ३२ स्थिरावकाचे कार्य - २

कोन ठीक करण्यासाठी या दाबाचा उपयोग होऊ शकत नाही. स्थिरावक मात्र गुरुत्वमध्यापासून खूप लांब असल्याने त्याच्यावर पंखांच्या मानाने कमी दाब पडला तरी या दाबाचा परिणाम मात्र खूप मोठा असतो. त्यामुळे एका क्षणात स्थिरावक विमानाचा शेपटीकडील भाग वर उचलून पंखाच्या पातळीत आणतो. म्हणजेच पंखाचा प्रगमन कोन परत पूर्वीप्रमाणेच योग्य तेवढा केला जातो.

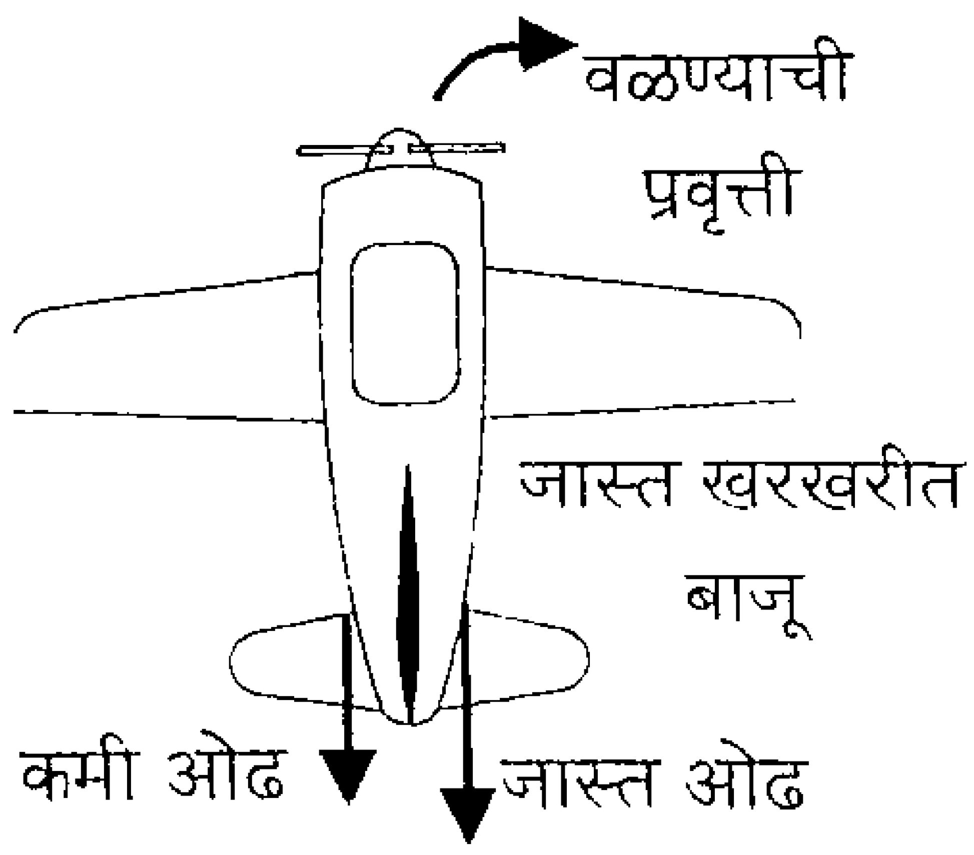
असाच प्रकार विमानाचा प्रगमन कोन कमी झाला तरी होतो. प्रगमन कोन कमी होताच विमानाचे नाक खाली झुकते. त्यामुळे स्थिरावकाच्या वरच्या पृष्ठभागावर हवेच्या प्रवाहाचा मोठा दाब पडतो. या दाबामुळे शेपटी दाबली जाते आणि परत एकदा पंख योग्य प्रगमन कोनात आणला जातो. या गोष्टी एका क्षणात घडतात. त्यामुळे हवेच्या दाबात जे बारीकसारीक फेरफार सतत घडत असतात त्याचा परिणाम पंखावर विशेष होत नाही. पंखाच्या प्रगमन कोनात थोडासा जरी फेरफार झाला तरी स्थिरावक त्याला परत योग्य कोनात आणून ठेवतो. चित्रमालिकेमध्ये दाखविलेला प्रगमन कोनातील बदल स्पष्टीकरणाच्या सोयीसाठी खूप मोठा दाखविलेला आहे. प्रत्यक्षात प्रगमन कोनामधील बदल अगदी थोडा असतो.

स्थिरावकामुळे या बदलाच्या विरुद्ध दिशेने शेपटी ढकलून तो कोन सतत योग्य तेवढा राखला जातो. जर स्थिरावक नसता तर पंखाच्या कोनात बदल झाल्यानंतर त्याला परत झटकन जागेवर आणणे जमलेच नसते.

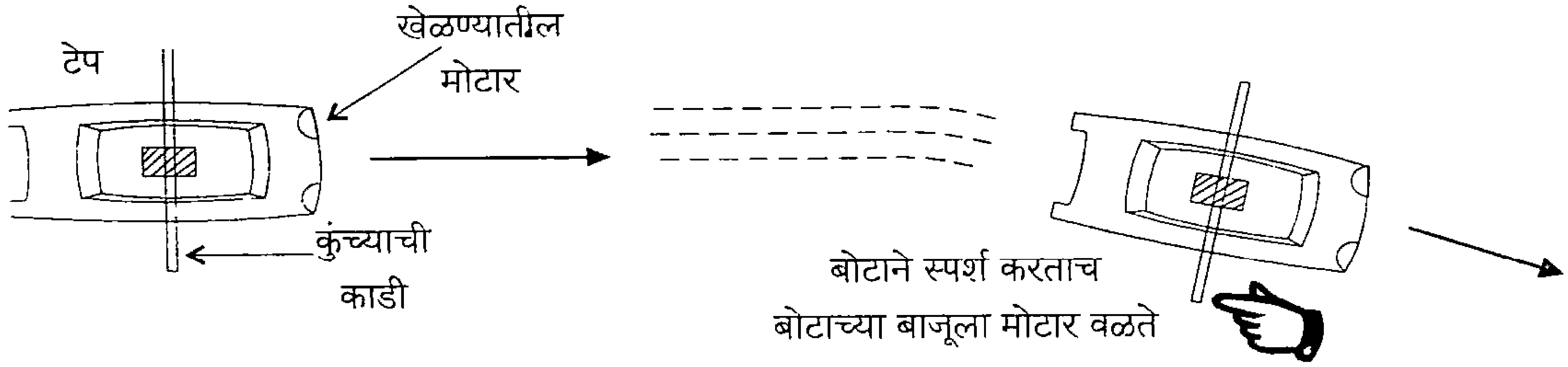
पर (फिन)

पर म्हणजे विमानाची उभी शेपटी. ही आपल्या नजरेत नेहमीच भरते. या शेपटीवरच बहुधा विमान कंपनीचे नाव अथवा चिन्ह असते. या अवयवाचा उपयोग विमानाच्या उड्डाणाची दिशा स्थिर ठेवण्यासाठी होतो. अनेक कारणांमुळे विमानाची दिशा बदलू शकते. विमानावर वेगळ्या कोनातून बाजूने वारा आला तर (क्रॉस विंड) किंवा आपण केलेल्या विमानाच्या मॉडेलचा विमानाच्या एका बाजूचा पृष्ठभाग थोडा खरखरीत राहिला तरी दिशेत बदल घडू शकतो. आपण केलेल्या विमानांच्या मॉडेलच्या बाबतीत ही शक्यता जास्त असते. हे कसे घडते ते आपण प्रथम पाहूया.

प्रथम आ. क्र. ३३ प्रमाणे विमान बनवल्यानंतर एका बाजूचा पृष्ठभाग जास्त खरखरीत राहिला तर त्याचा परिणाम कसा होईल ते पाहू. खरखरीत पृष्ठभागावर हवेचे घर्षण जास्त असल्याने त्या बाजूची ओढ खूप वाढेल. त्यामानाने विरुद्ध बाजूची ओढ कमी असेल. याचा परिणाम म्हणजे खरखरीत बाजूपेक्षा गुळगुळीत बाजू जास्त वेगाने पुढे



आ. क्र. ३३

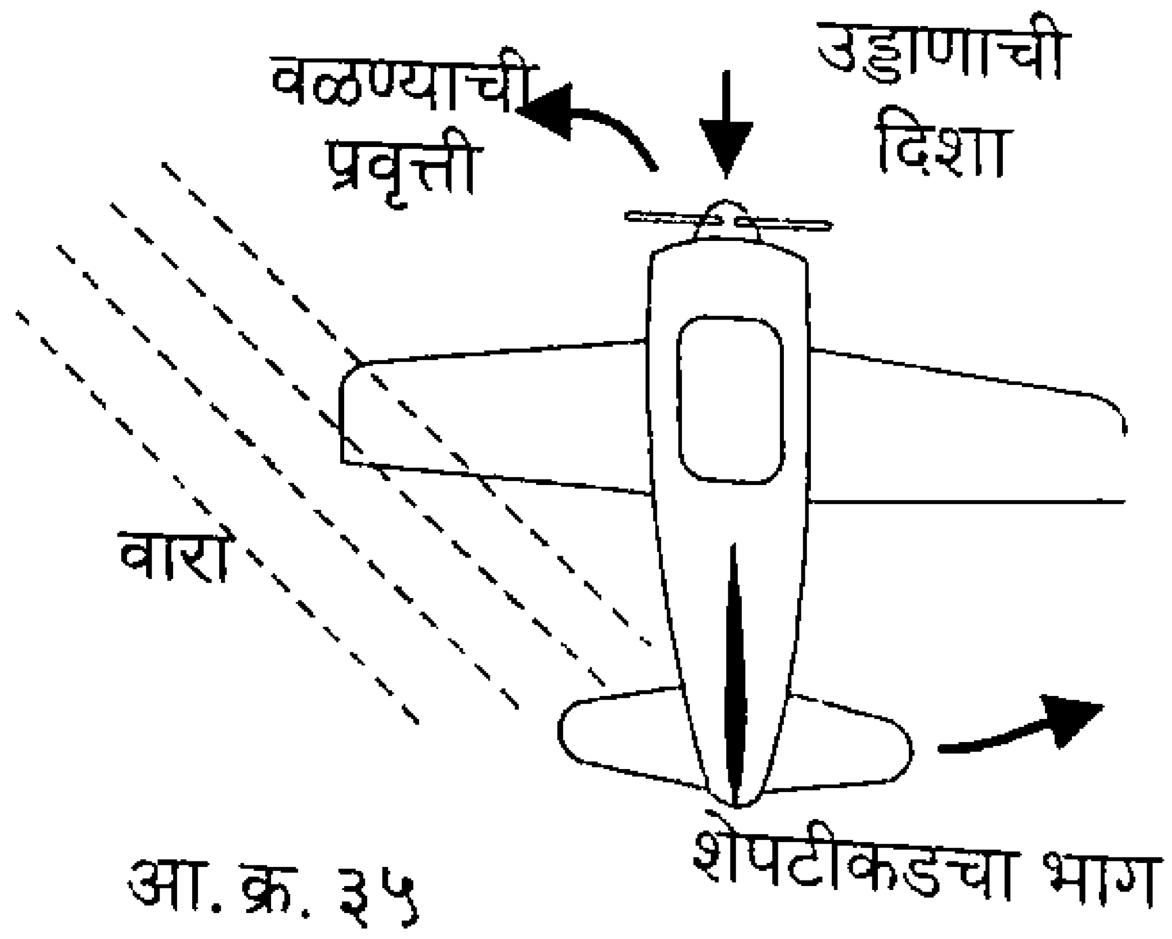


आ. क्र. ३४ विरोध असलेल्या बाजूला गतिमान बाजू वळते.

जाण्याचा प्रयत्न करेल. हे शक्य नाही, कारण विमान ही एकसंध वस्तू आहे. मग एकत्रित परिणाम म्हणून खरखरीत बाजूच्या दिशेला विमान वळू लागेल. ज्या बाजूचा विरोध जास्त, त्या बाजूला गतिमान वस्तू वळते.

हे लक्षात येण्यासाठी छोटासा प्रयोग करून पाहा. खेळण्यातील एक छोटीशी मोटार घ्या. तिच्या टपावर एक काडी टेपच्या सहाय्याने आडवी बसवा. काडी दोन्ही बाजूला सारखीच बाहेर राहील असे पाहा. आता ही मोटार सरळ सोडून पाहा. ती कोठेही न वळता सरळ जाईल. परत ही मोटार सोडा. ती जात असता तिच्या उजवीकडच्या काठीला बोटाने क्षणभर स्पर्श करा. ज्या क्षणी तुम्ही स्पर्श करता त्या क्षणी उजव्या बाजूचा विरोध वाढतो आणि मोटार उजवीकडे वळते. जर तुम्ही त्या काडीला बोटाने पक्के अडवले तर मोटार तुमच्या बोटाभोवती वर्तुळाकार फिरेल! नीट प्रयोग करता आला तर अशी काडीसुद्धा लावण्याची आवश्यकता नाही. वेगाने चाललेल्या मोटारीच्या एका कडेला नुसता हलकासा स्पर्श करा. ती लगेच त्या बाजूला वळलेली दिसेल. विमानाचा वेग तर यापेक्षा कितीतरी पटीने जास्त असतो. मग एखाद्याच बाजूवरील विरोध वाढला तर त्याचा परिणाम, त्याची दिशा बदलण्यावर नक्कीच होईल, नाही का?

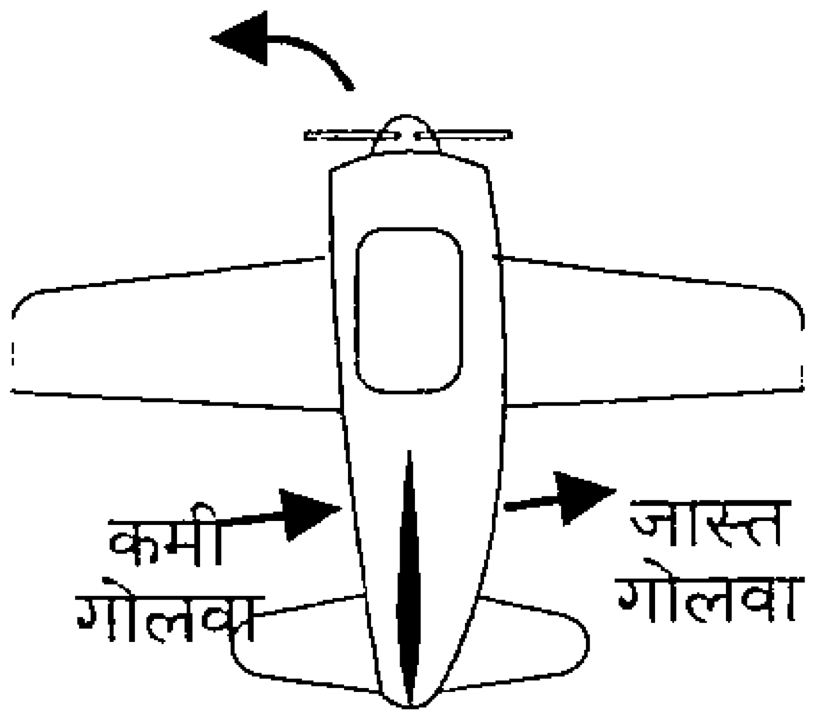
असाच परिणाम वाऱ्याच्या झोताचा होतो. उडणाऱ्या विमानावर जर समजा डाव्या दिशेने वारा येत असेल तर त्याचा दुहेरी परिणाम होतो. एक तर वारा विमानाला ढकलू लागतो आणि दुसरा म्हणजे डाव्या पृष्ठभागावरील घर्षण वाढते. डाव्या पृष्ठभागावर घर्षण वाढण्याचे कारण एवढेच, की विमानाच्या गतीमुळे सरळ समांतर वाहणारा वाऱ्याचा प्रवाह आणि तिरप्या कोनातून येणारा वारा यांच्या परस्पर प्रतिक्रियेमध्ये हवेचे स्थानिक प्रवाह बनतात. असे प्रवाह म्हणजेच विरोध.



आ. क्र. ३५

आता एकाच बाजूला विरोध वाढला की विमान साहजिकच त्या दिशेने वळते. त्यामुळे आ. क्र. ३५ मध्ये विमान वाऱ्याच्या दिशेने वळते असे दाखविले आहे.

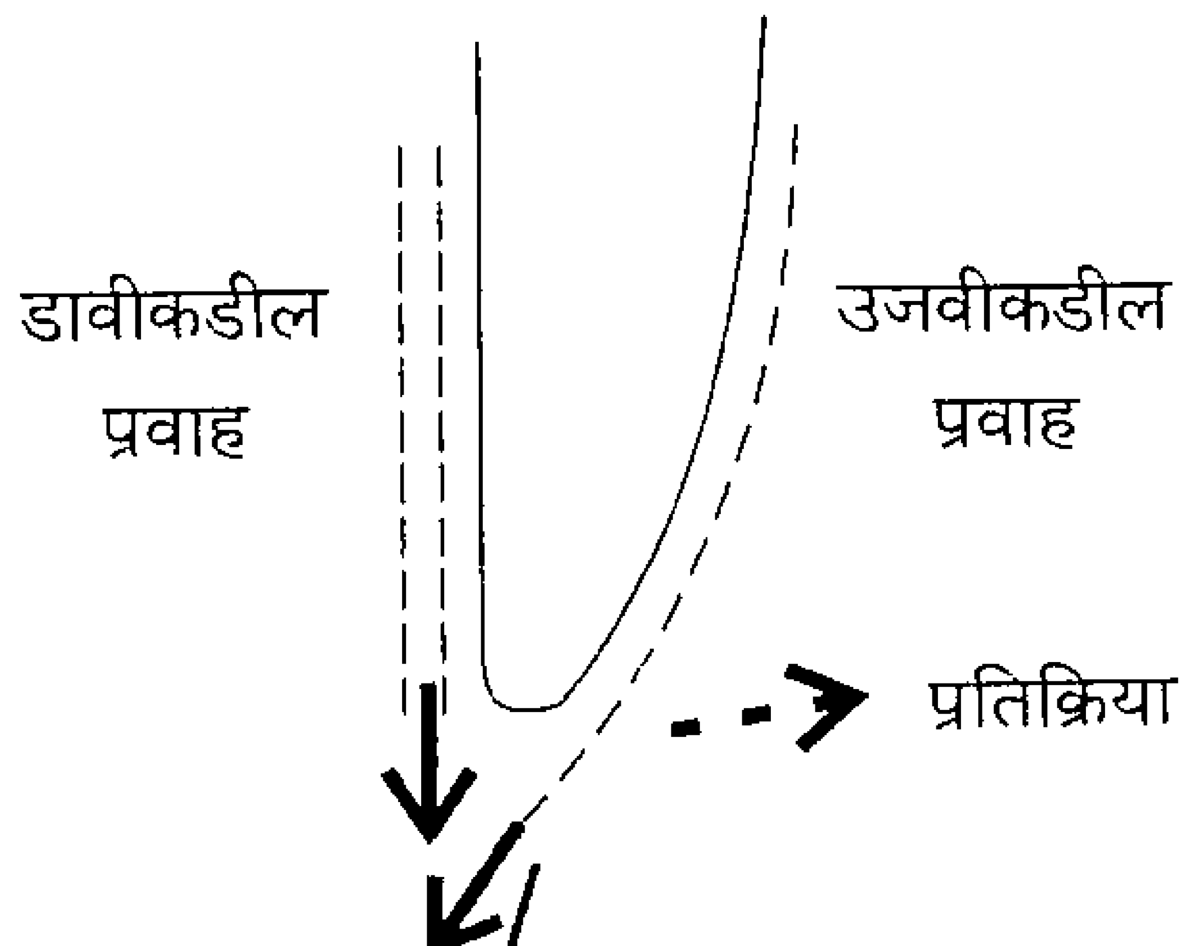
विमानाच्या रचनेमधील असमतोल, अगदी सूक्ष्म असला तरी तो फारच धोकादायक ठरतो. आ. क्र. ३६ मध्ये असा दोष दाखवला आहे. येथे विमानाची डावी बाजू बरीचशी सपाट



आ. क्र. ३६ रचनेतील दोष

तर उजवी बाजू जास्त गोलाई असलेली दाखविलेली आहे. (स्पष्टीकरणाच्या सोयीसाठी दोन्ही बाजूत एवढा फरक दाखवला आहे. प्रत्यक्षाततर अत्यंत सूक्ष्मसा फरक देखील विमानाला धडपणे उडू देत नाही, मग एवढा

आ. क्र. ३७ रचनेतील दोषाचा परिणाम

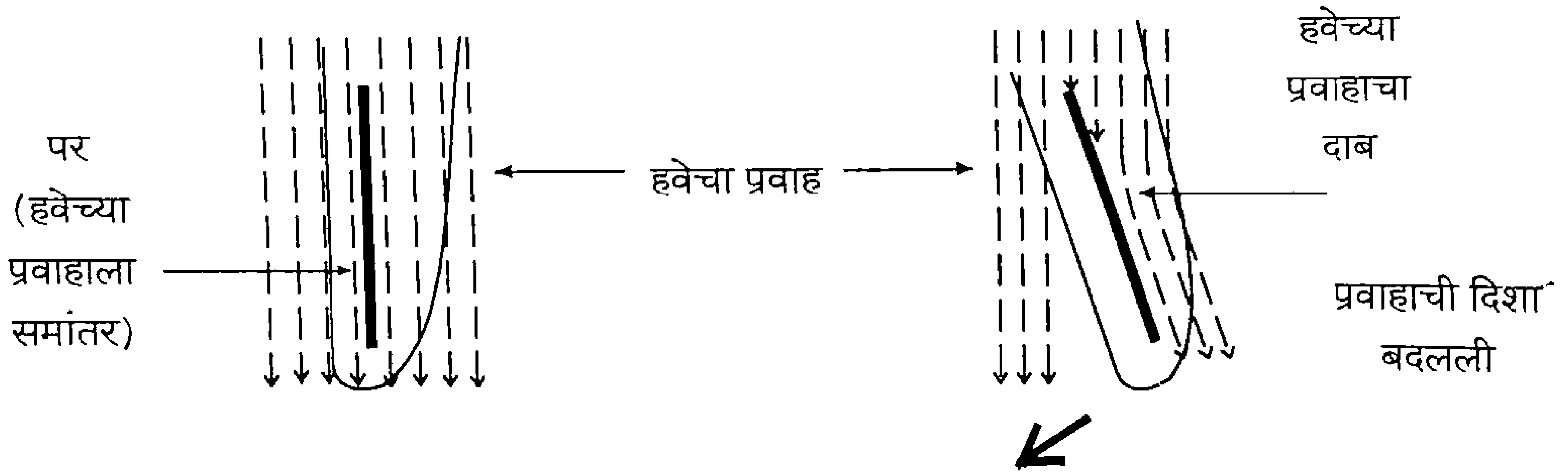


फरक असेल तर विमान उडण्याचे नावच नको!) याचा परिणाम असा होतो, की उजव्या कडेला लगटून वाहणारा हवेचा प्रवाह, त्याच्या गोलपणामुळे जास्त डावीकडे फेकला जातो, तर डावीकडून वाहणारा प्रवाह बराचसा सरळ वाहात असतो. आ. क्र. ३७ पाहा. जेव्हा मागच्या टोकाशी हे दोन्ही प्रवाह एकत्र येतात तेव्हा या दोघांची प्रतिक्रिया घडून येते. त्यामध्ये अर्थातच उजवीकडून डावीकडे जाणारी प्रवाहाची दिशा जास्त तिरपी असल्याने साधारणतः डावीकडे जाणारी परिणामी दिशा या प्रवाहाला मिळते. त्यामुळे विमानाचा शेपटीचा भाग प्रतिक्रिया म्हणून उजवीकडे ढकलला जातो. हा प्रकार एवढ्यावरच थांबत नाही! पुढे काय घडते ते पाहा.

विमानाची शेपटी उजवीकडे ढकलली जाताक्षणीच एका घटना-क्रमालाच सुरूवात होते. शेपटी उजवीकडे ढकलली गेल्यामुळे समोरून येणाऱ्या हवेचा प्रवाह उजवीकडच्या प्रवाहाची शक्ती वाढवतो तर डावीकडचा प्रवाह अगदीच आटून जातो! विमान डावीकडे वळल्यामुळे त्या विशिष्ट क्षणी उजवीकडचा पंखही वर उचलला जातो आणि विमान डावीकडे तिरपे होते. एकदा डावीकडे तिरपे झाले की ते आणखीनच डावीकडे वळू लागते. उजवा पंख आणखी वर उचलला जातो आणि याचा परिणाम म्हणून विमान जमिनीकडे नाक वळवून भिंगरीसारखे गरगर फिरत खाली येऊ लागते! आणि पुढे काय घडेल ते तुम्ही समजू शकालच!

पर बसवून आपण या सर्वांवर नियंत्रण आणू शकतो. समजा आधीच्या कोणत्याही

आ. क्र. ३८ पराचे कार्य



घटनेत विमानाला पर असता तर काय घडले असते? विमानाची शेपटी उजवीकडे ढकलली जाताच विमानाचा पर, जो आतापर्यंत हवेच्या प्रवाहाला समांतर होता तो हवेच्या प्रवाहाला अडथळा करू लागेल.

त्यामुळे त्याच्यावर हवेचा दाब तर पडेलच, पण तो हवेच्या प्रवाहाची दिशासुद्धा उजवीकडे वळवेल. या दुहेरी कामगिरीमुळे शेपटी उजवीकडे ढकलण्याची ताकद क्षीण होईल, कदाचित पूर्णपणे नष्टही होईल आणि विमान सरळ रेषेत जाऊ शकेल. अर्थात विमानाच्या रचनेतील दोष सूक्ष्म असेल तरच पर त्यावर नियंत्रण ठेवू शकेल. फार मोठा दोष असेल तर पर थोडाफार विरोध करू शकेल, पण पूर्णपणे नियंत्रणमात्र ठेवू शकणार नाही.

अशाप्रकारे स्थिरावक आणि पर यांच्या सहाय्याने विमानाचा पंख अगदी अचूक प्रगमन कोनात ठेवण्याची व्यवस्था केलेली असते. सर्वसामान्यपणे स्थिरावक आणि पर व्यवस्थित प्रकारे बसवले तर शरीर आणि पंखांच्या रचनेमधील छोटे छोटे दोष झाकले जातात; आणि विमान व्यवस्थित उडू शकते. म्हणूनच पंख, स्थिरावक आणि पर हे विमानाचे नियंत्रक व म्हणून प्रमुख पृष्ठभाग मानले जातात.

उड्डाणाचे नियंत्रण

विमानाचे स्थैर्य कशावर अवलंबून असते ते आपण पाहिले. पण विमान केवळ स्थिरच राहणे आपल्याला अपेक्षित नसते. ते हवे तेव्हा वळवणे, तिरपे करणे किंवा वर-खाली नेणे या सर्व क्रियांवर नियंत्रण असल्याखेरीज आपण हवे तसे उड्डाण करू शकणार नाही. या सर्व क्रियांसाठी कोणते नियंत्रक वापरतात आणि ते कसे कार्य करतात ते आता पाहू.

विमानाच्या हालचाली

विमानाला हवेत किती प्रकारांनी हालचाली कराव्या लागतात ते पाहा.

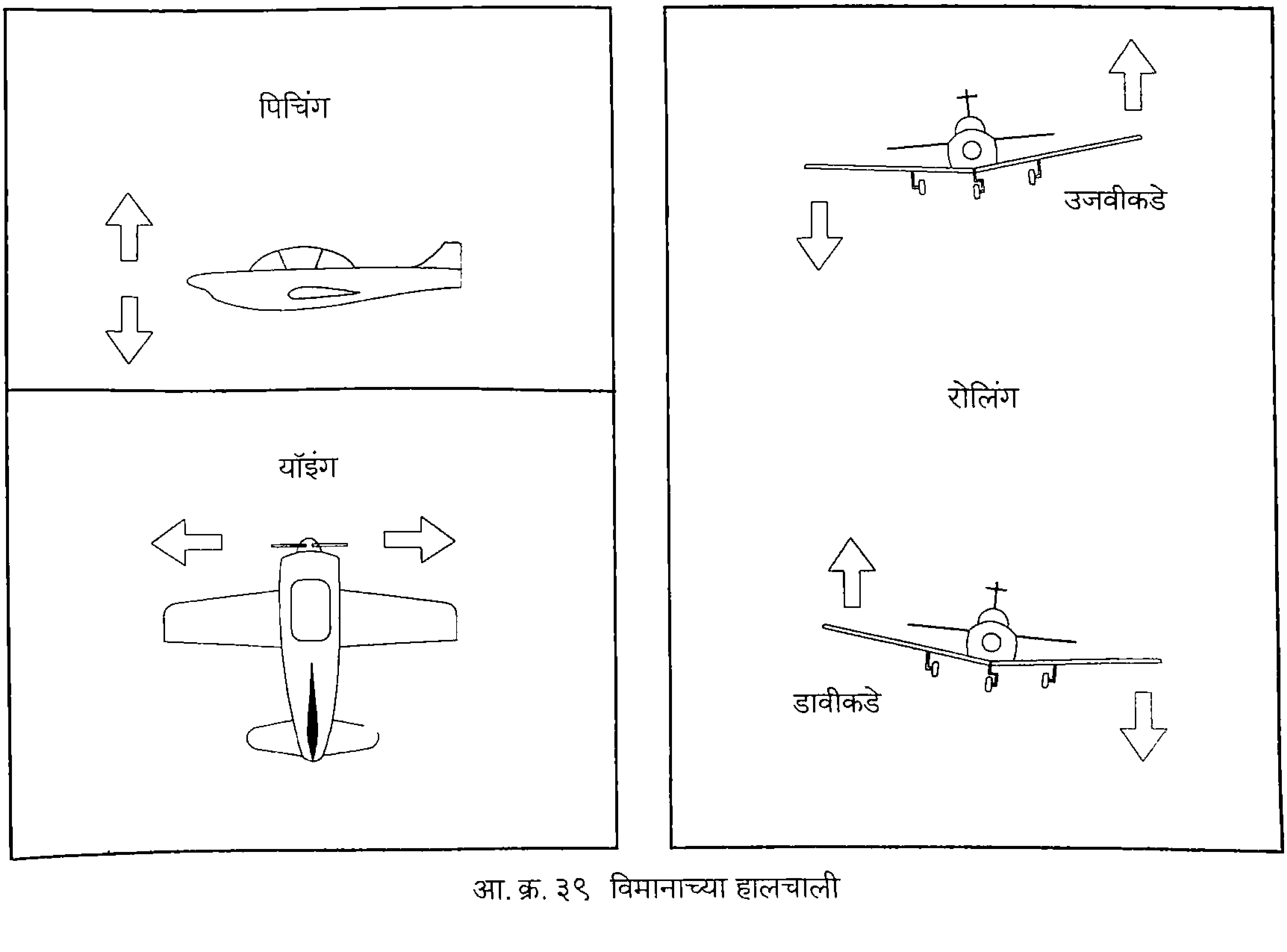
१) विमानाला वर नेणे अथवा खाली नेणे या क्रियेला इंग्रजीत **'पिचिंग'** असे म्हटले जाते.

२) विमान डावी-उजवीकडे वळवता येणे याला इंग्रजीमध्ये **'यॉइंग'** असे म्हटले जाते.

३) तसेच वळताना विमान डावीकडे अथवा उजवीकडे तिरपे होते. या क्रियेला इंग्रजीमध्ये **'रोलिंग'** असे म्हणतात.

या तीनही क्रिया काही वेळा एकदमही कराव्या लागतात. उदा. विमान उजवीकडे वळताना ते उजवीकडे कलते आणि कदाचित याच वेळी ते नाक वर करून उंची देखील गाठत असते! या सर्व क्रिया करण्यासाठी वेगवेगळ्या नियंत्रकांची आवश्यकता असते.

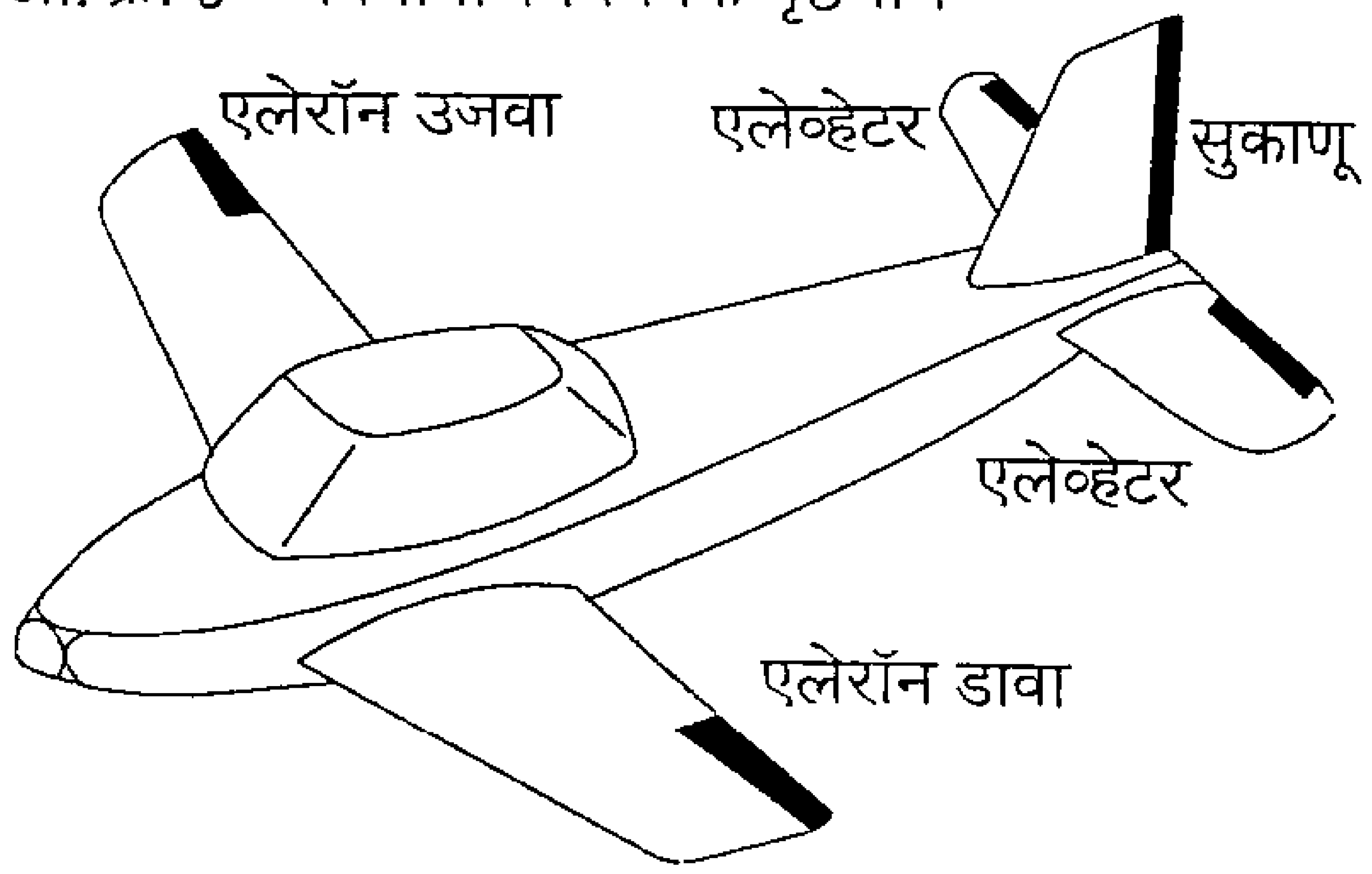
प्रत्येक क्रियेसाठी एक असे तीन नियंत्रक पृष्ठभाग विमानावर असतात. वैमानिक त्याच्या



आ. क्र. ३९ विमानाच्या हालचाली

हाताशी असलेला नियंत्रक दांडा आणि पायाजवळचे पायटे वापरून हे पृष्ठभाग हलवू शकतो. या नियंत्रक पृष्ठभागांना म्हणतात एलेव्हेटर, रडर (सुकाणू) आणि एलेरॉन. आ. क्र. ४० मध्ये हे नियंत्रक पृष्ठभाग दाखवले आहेत.

आ. क्र. ४० विमानाचे नियंत्रक पृष्ठभाग



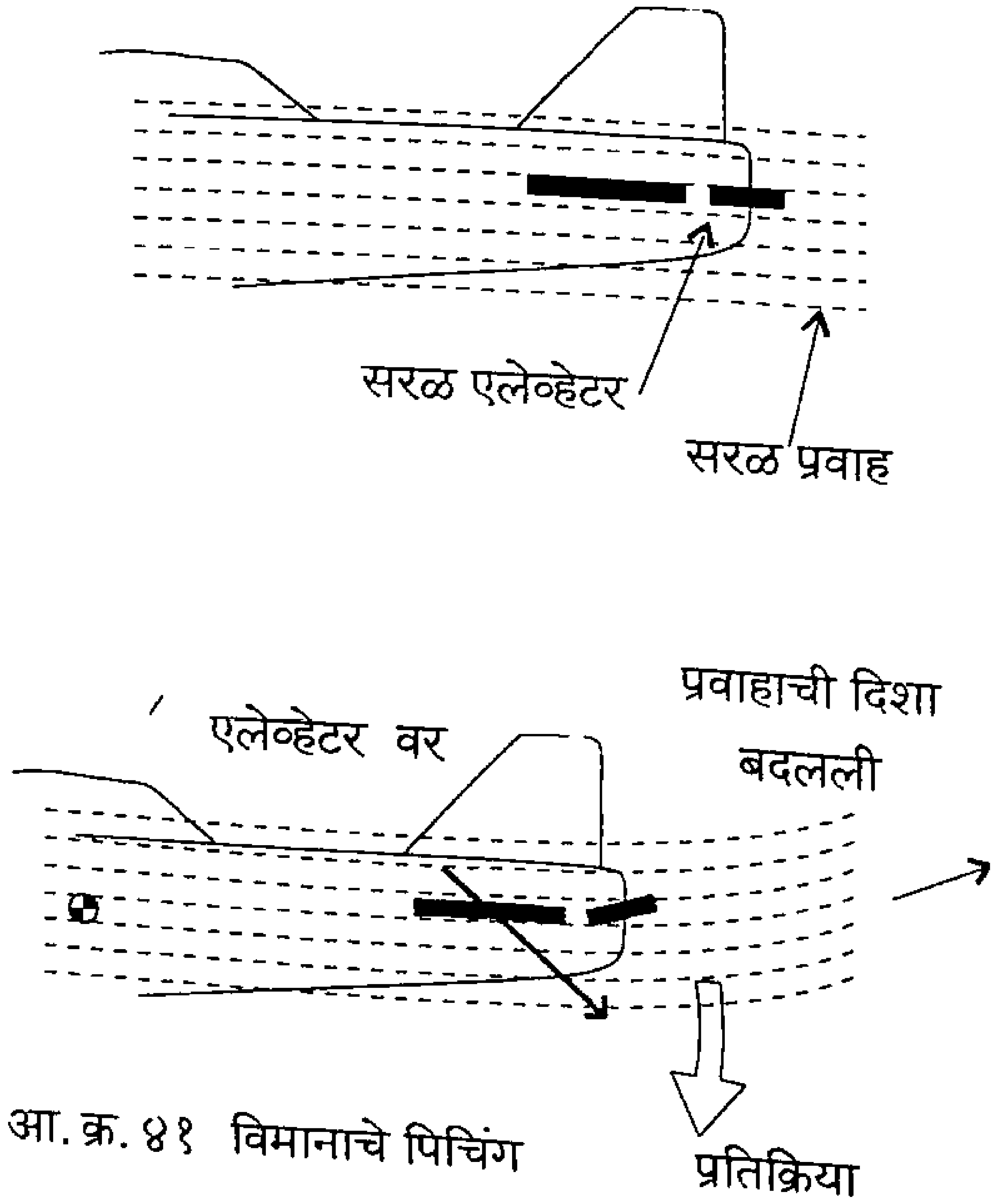
सुकाणू आणि एलेव्हेटर शेपटीमध्ये असतात तर एलेरॉन पंखाच्या टोकांना असतात.

प्रत्यक्षात हे पृष्ठभाग म्हणजे त्या त्या मुख्य पृष्ठभागांचाच एक भाग असतो, ते वर-खाली अथवा डावी-उजवीकडे हलू शकतात. नियंत्रक पृष्ठभाग कशासाठी असतात व त्यांचे कार्य कसे चालते ते आता आपण पाहूया.

पिचिंग (वर/खाली जाणे)

या क्रियेसाठी एलेव्हेटर हा नियंत्रक वापरला जातो. जेव्हा एलेव्हेटर वर उचलला जातो तेव्हा हवेचा प्रवाह वरच्या दिशेला वळवला जातो.

याची प्रतिक्रिया म्हणून शेपटी खाली दाबली जाते. विमान नेहमी गुरुत्वमध्यापाशी समतोलत्वात असल्यामुळे शेपटी खाली दाबली जाताच सी-सॉ प्रमाणे नाक वर उचलले जाते आणि विमान वरील दिशेने जाऊ लागते. (आ. क्र. ४१ पाहा) एलेव्हेटर खाली केल्यास बरोबर विरुद्ध क्रिया घडते आणि विमान खाली जाऊ लागते.

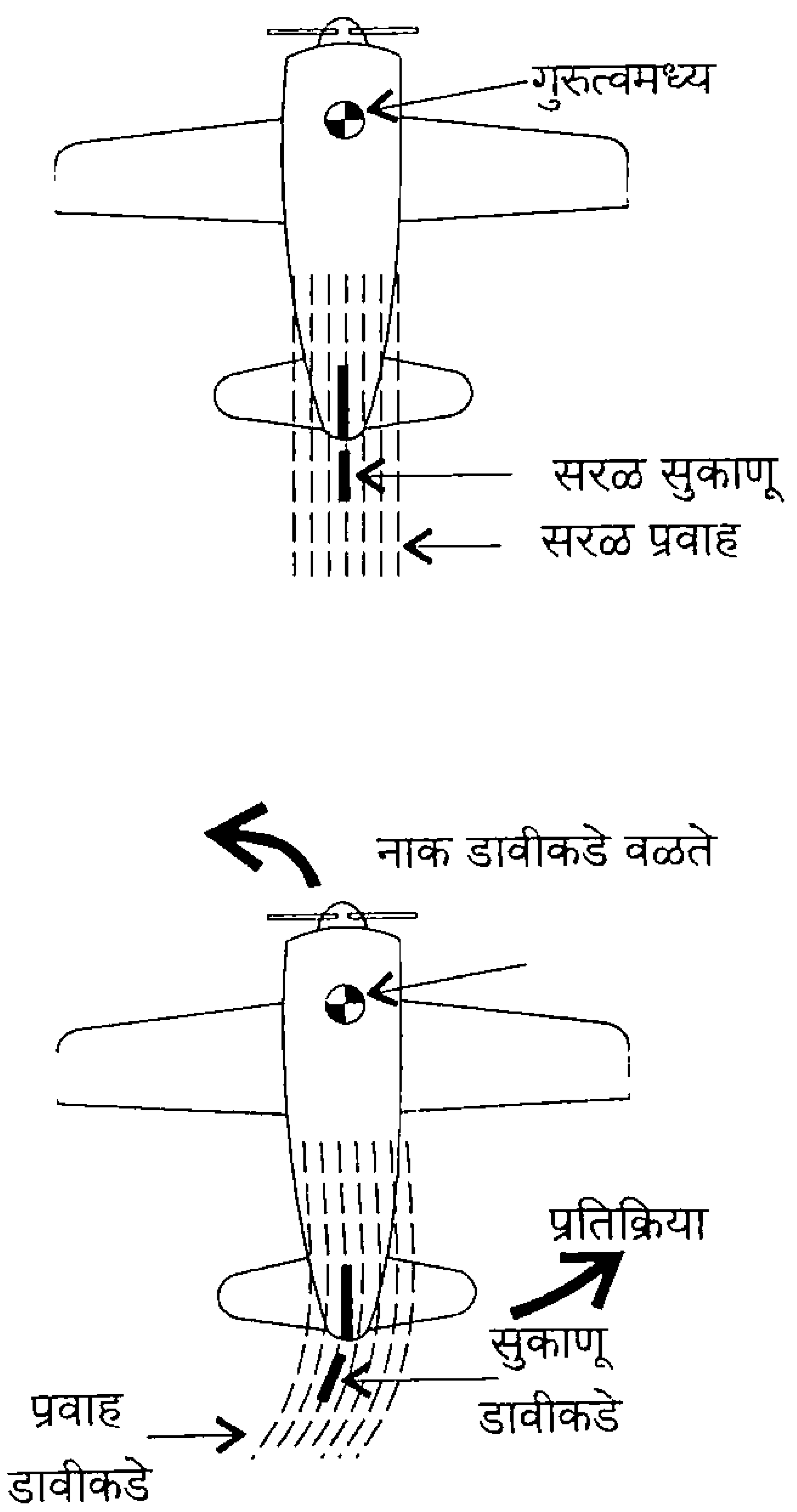


आ. क्र. ४१ विमानाचे पिचिंग

यॉइंग (वळणे)

या क्रियेसाठी सुकाणू ऊर्फ रडर हा नियंत्रक वापरला जातो. हा नियंत्रक परामध्ये असतो. सुकाणू डावीकडे वळवले की हवेचा प्रवाह डावीकडे वळवला जातो.

याची प्रतिक्रिया म्हणून शेपटी उजवीकडे ढकलली जाते. अशावेळी विमान गुरुत्वमध्या-भोवती फिरल्यामुळे नाक डावीकडे वळते आणि विमान डावीकडे जाऊ लागते.

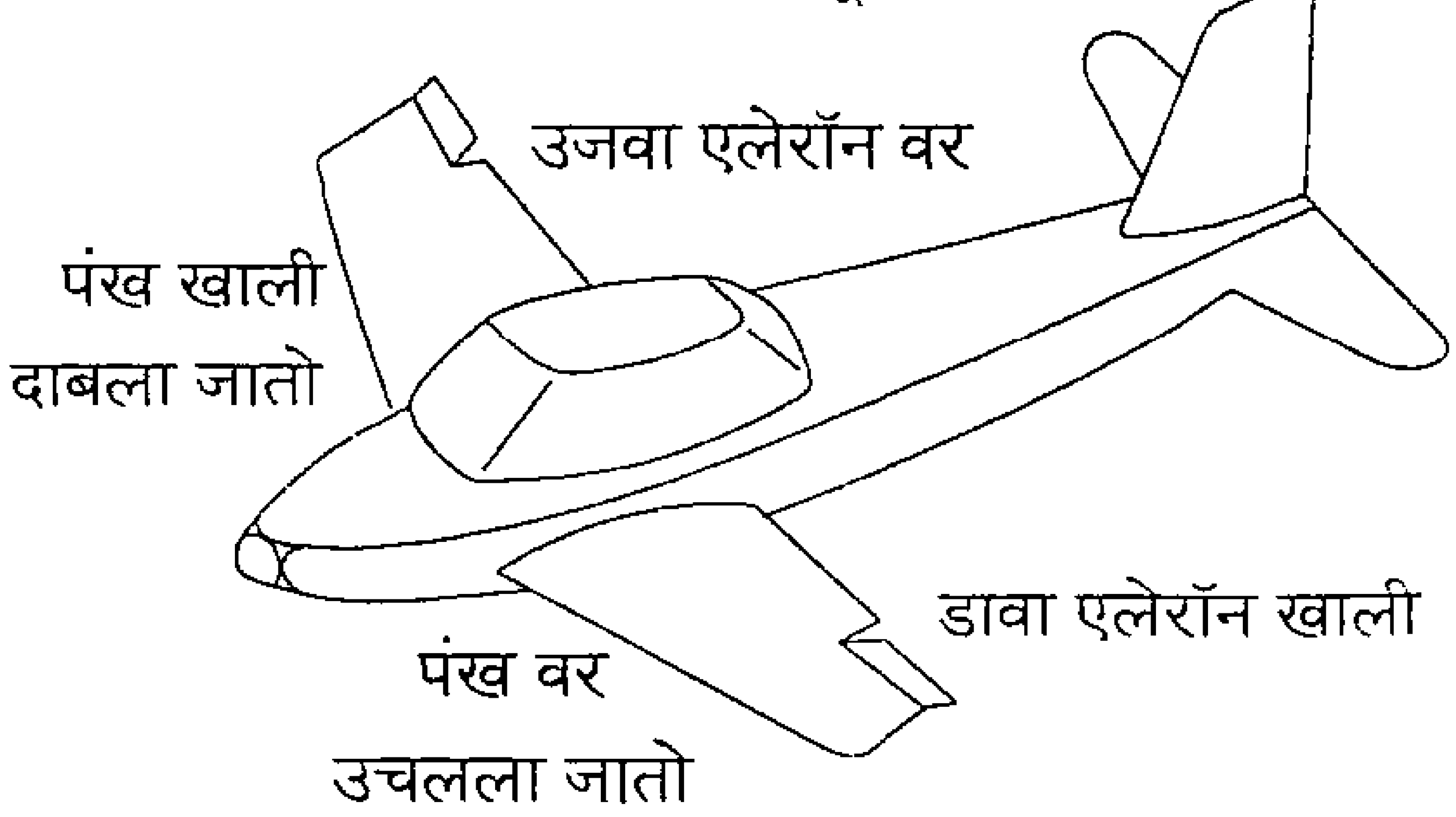


आ. क्र. ४२ विमानाचे यॉइंग

रोलिंग (कलणे)

या कामासाठी एकाऐवजी दोन नियंत्रकांची जोडी वापरली जाते. यांना 'एलेरॉन्स' असे म्हणतात. पंखाच्या टोकाला प्रत्येकी एक असे हे बसवलेले असतात. यांची यांत्रिक जोडणी अशा प्रकारे केलेली असते की जेव्हा एक एलेरॉन वर वळेल तेव्हा दुसरा एलेरॉन तेवढ्याच प्रमाणात खाली वळेल.

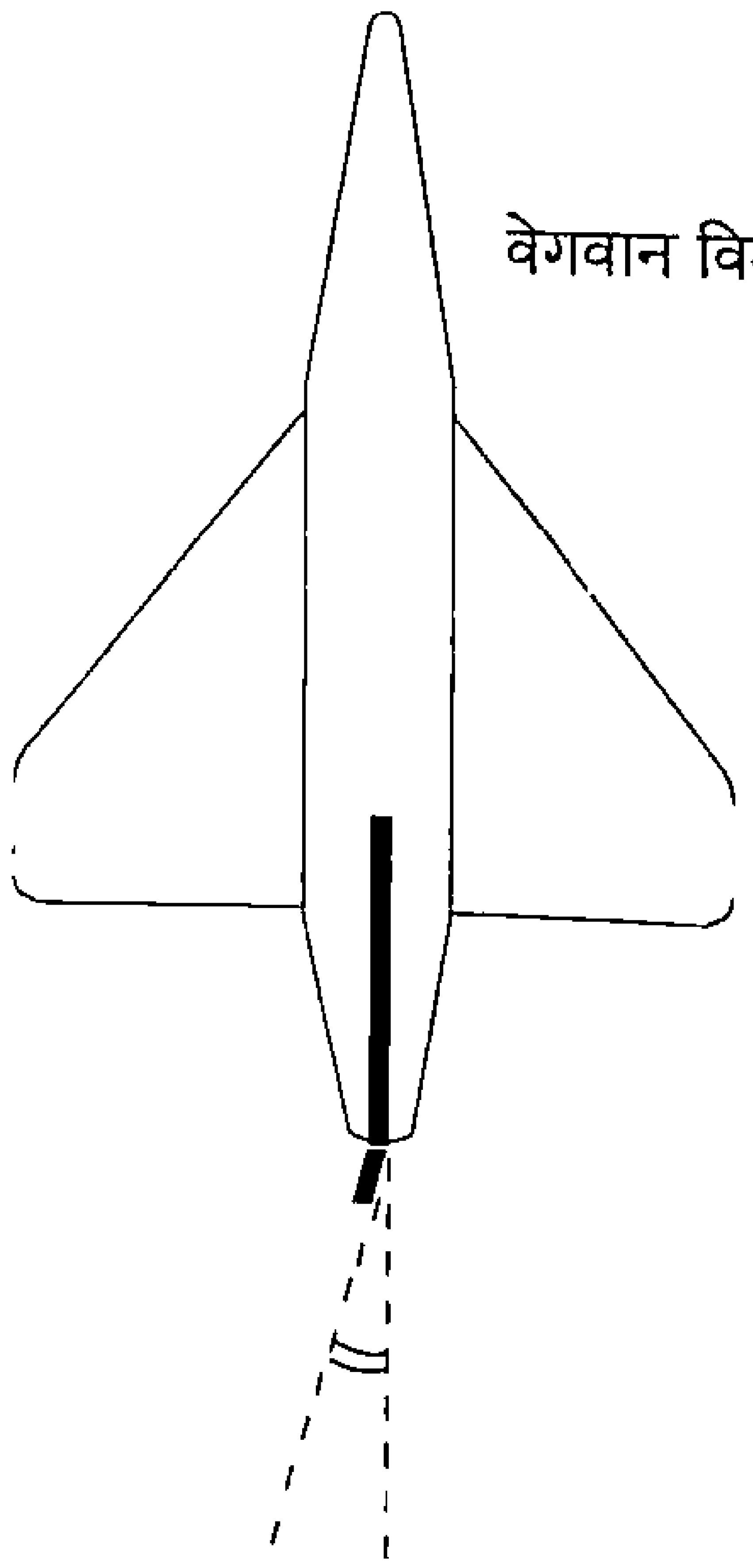
आ. क्र. ४३ उजवीकडून रोलिंग



आ. क्र. ४३ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे डावा एलेरॉन खाली आणि उजवा वर वळवला, की काय घडते? डाव्या पंखावरील हवेचा प्रवाह खाली वळवला गेल्याने त्याचा पंखावरील दाब कमी होतो, त्याची प्रतिक्रिया म्हणून डावा पंख वर उचलला जातो. त्याच वेळेस उजव्या पंखावरील प्रवाह वर वळवला गेल्यामुळे त्याची प्रतिक्रिया म्हणून उजवा पंख खाली दाबला जातो. या दोन्ही प्रेरणांच्या ताकदीमुळे एका क्षणात विमान उजवीकडे तिरपे दाबले जाते. जर एलेरॉन असेच ठेवले तर विमान भिंगरीप्रमाणे उजवीकडून गरगर फिरूही शकते. एलेरॉनच्या क्रियेचा प्रभाव अतिशय मोठा असतो. कारण येथे एक पंख वर उचलला जाणे आणि दुसरा पंख खाली ढकलला जाणे या

दोन्ही क्रिया एकाच वेळी घडतात. अर्थातच त्यामुळे एलेरॉन्सची हालचाल अत्यंत सूक्ष्म प्रमाणात करावी लागते. एवढी अचूकता खऱ्या विमानात किंवा रिमोट कंट्रोल विमानातच जमू शकते. कागदी विमानात ही अचूकता आणणे कठीण असते. म्हणूनच अशा विमानांच्या बाबतीत बऱ्याचदा दोन्ही ऐवजी एकच एलेरॉन वापरणे श्रेयस्कर असते.

या सर्व नियंत्रकांच्या सहाय्याने आपण विमानाच्या हव्या तशा हालचाली घडवून आणू शकतो. कागदी विमानांच्या बाबतीत रचनेमधील सूक्ष्म दोषांचा परिणाम टाळण्यासाठी याचा उपयोग होतो.

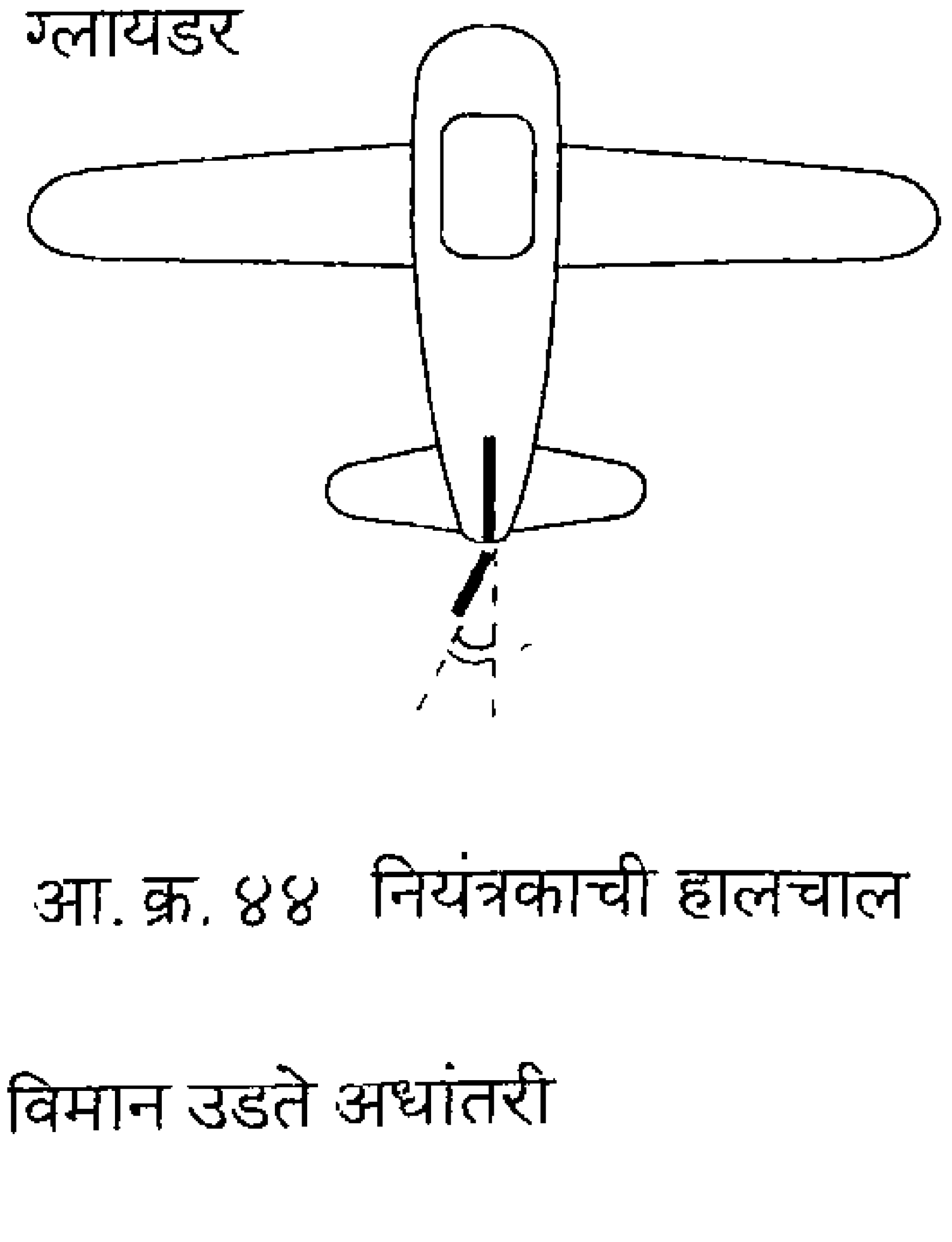


आ. क्र. ४५ नियंत्रकाची हालचाल

नियंत्रक पृष्ठभागांची परिणामकारकता

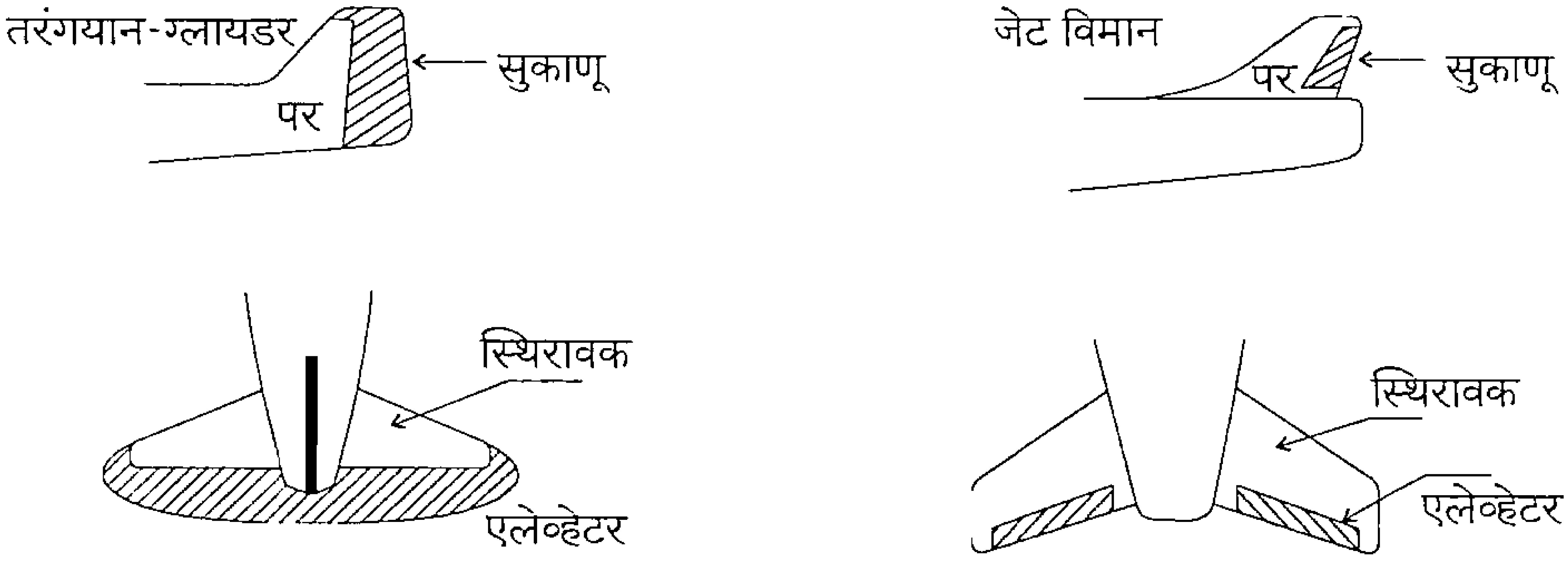
नियंत्रकांचे कार्य एकदा समजले म्हणजे त्यांचा वापर व्यवस्थितपणे करता येईल अशी आपली अपेक्षा असते. पण या पृष्ठभागांची परिणामकारकता प्रत्येक विमानाच्या आराखड्यानुसार वेगवेगळी असते.

असे समजा की, एखाद्या ग्लायडरचे सुकाणू (म्हणजे रडर) २० अंश कोनातून डावीकडे वळवले तर ते संथपणे डावीकडे गिरकी मारू लागेल. पण एखाद्या जेट विमानाचे



आ. क्र. ४४ नियंत्रकाची हालचाल

सुकाणू २० अंश डावीकडे वळवले तर असाच परिणाम होईल काय? प्रत्यक्षात जर असे केले तर ते जेट विमान अक्षरशः उलटेपालटे होऊन जाईल! याचे कारण अगदी उघड आहे. ग्लायडरचा वेग अत्यंत कमी असतो. त्यामुळे सुकाणूने वळवलेल्या हवेच्या प्रवाहाची शक्ती देखील खूपच कमी असते. या उलट जेट विमानावरून हवा प्रचंड वेगाने वाहत असते. तिच्या दिशेमध्ये यत्किंचित जरी बदल झाला तरी त्या बदलाची प्रतिक्रिया प्रचंड असते. त्यामुळे ग्लायडर व संथ उडणाऱ्या विमानांमध्ये २० अंश ते ३० अंश एवढ्या मोठ्या प्रमाणात नियंत्रकांची हालचाल केली तरी चालते. पण वेगवान विमानामध्ये २ अंश ते ३ अंश (जास्तीत जास्त ५ अंश) पर्यंत हालचालसुद्धा खूप परिणाम करते. हा परिणाम नियंत्रकांच्या पृष्ठभागाच्या क्षेत्रफळावरदेखील अवलंबून



आ. क्र. ४६ नियंत्रक पृष्ठभागांचे क्षेत्रफळ

असतो. ग्लायडरमध्ये जवळजवळ निम्मा पर सुकाणू म्हणून वापरला जातो, तर सुपरसॉनिक विमानामध्ये पराची अगदी मागची थोडीशी कड सुकाणू म्हणून वापरली जाते. हीच गोष्ट स्थिरावकाच्याही बाबतीत लागू पडते. एलेरॉन तर याहूनही जास्त संवेदनाक्षम असतात. वेगवान विमानांचे एलेरॉन अक्षरशः छोट्या पट्ट्यांसारखे दिसतात, परंतु त्यांची जराशी हालचाल करताच ते विमान स्वतःभोवती संपूर्ण गिरकी सहजपणे मारू शकेल एवढी परिणामकारकता त्यात असते.

थोडक्यात नियंत्रक पृष्ठभागांची परिणामकारकता दोन गोष्टींवर अवलंबून असते. १) विमानाचा वेग आणि २) पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ. योग्य आकाराचे नियंत्रक योग्य कोनांच्या मर्यादेत वापरले तरच ते उपयुक्त परिणाम घडवून आणतात. अन्यथा ते उड्डाणात मोठाच अडथळा निर्माण करतात. म्हणूनच कोणताही नियंत्रक पृष्ठभाग कमीतकमी वापरून विमान उडवण्याचा प्रयत्न करायला हवा. जेवढा विमानाचा वेग जास्त तेवढ्या कमी प्रमाणात नियंत्रक वापरावे. मीतर असे म्हणेन की नियंत्रक पृष्ठभाग अजिबात न वापरता तुमच्या विमानाचे चांचणी उड्डाण जमवण्याचा प्रयत्न करा, आणि चुकून जर तसे जमले तर ती एक अत्यंत कठीण व दुर्मिळ अशी घटना घडली हे खास समजा! तुमच्या डायरीमध्ये हा दिवस सुवर्णाक्षरांनी लिहून ठेवण्याजोगता आहे.

उड्डाणावर परिणाम करणाऱ्या गोष्टी

विमानाच्या उड्डाणावर इतक्या असंख्य गोष्टींचा परिणाम होतो, की कित्येकदा अनेक प्रयत्न करूनही म्हणावे तसे उड्डाण आपल्याला जमू शकत नाही. या प्रत्येक गोष्टीसाठी शास्त्रीय स्पष्टीकरण देता येते पण त्याच्यासाठी जास्त तपशीलवार माहिती द्यावी लागते आणि थोडीफार गणिती समीकरणे देखील मांडावी लागतात. तरीसुद्धा आपल्याला अशा काही गोष्टींचे परिणाम थोडक्यात समजून घ्यायला हरकत नाही. त्यातून अशा दोषांचे निवारण करण्याची ढोबळ पद्धत आपण समजू शकू.

१) **पृष्ठीय कोन** : विमानाचे पख आकाशाचे दिशेला तिरपे केले असले किंवा

जमिनीच्या दिशेला तिरपे केले असले तर त्या कोनाला पृष्ठीय कोन असे म्हणतात.

पंख वर तिरपे केले असता त्याला 'डायहेड्रल कोन' म्हणतात.

खालील दिशेने पंख तिरपे असल्यास त्याला 'अनहेड्रल कोन' असे म्हणतात.

डायहेड्रल कोन धन(+) तर अनहेड्रल कोन ऋण(-) समजला जातो.

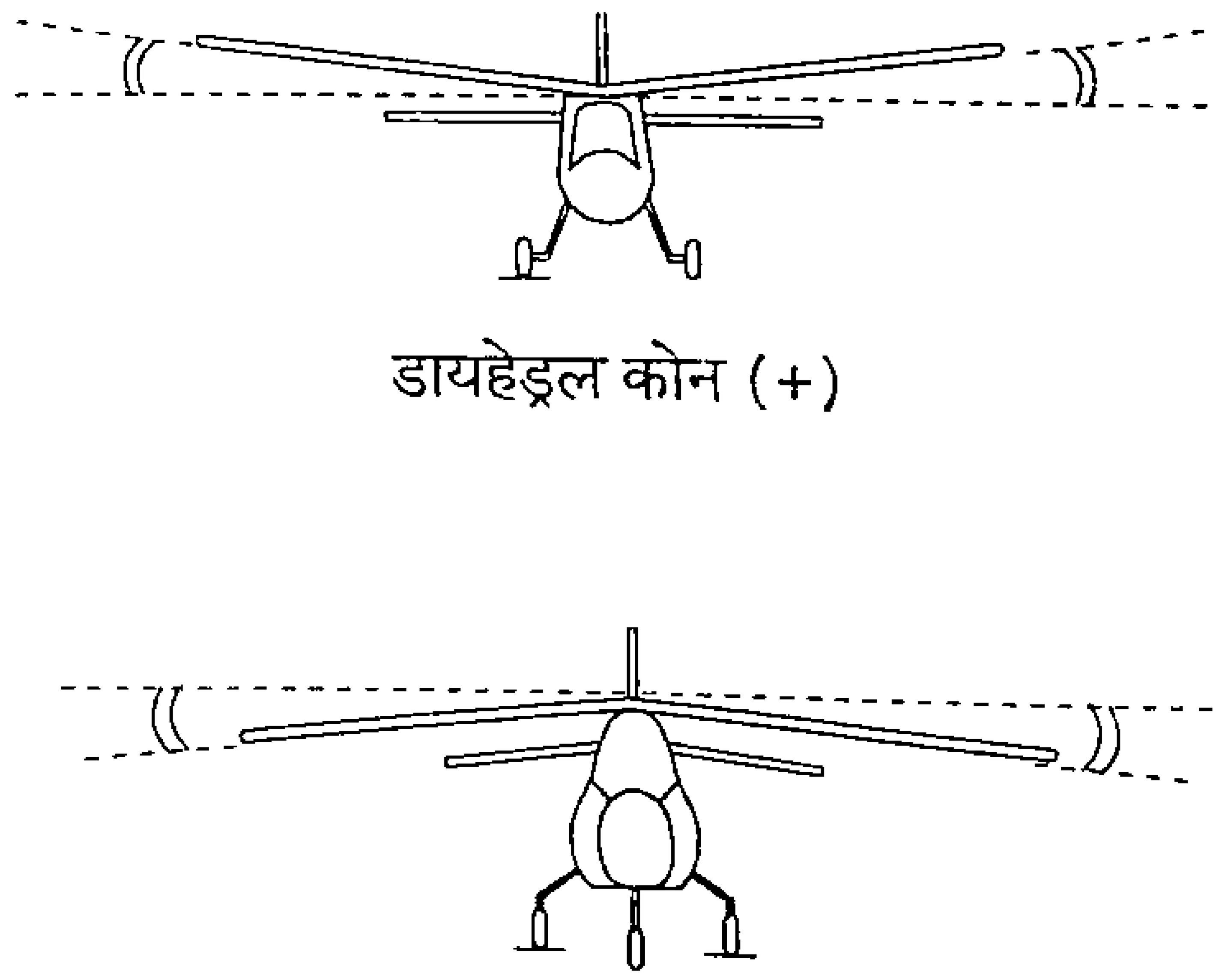
स्थिरावक बहुधा जमिनीस समांतर असतो पण वेगवान विमानांच्या स्थिरावकाला देखील धन अथवा ऋण पृष्ठीय कोन दिलेला असू शकतो.

अशा विमानांमध्ये दोन्ही बाजूंचे कोन अगदी अचूक ठेवावे लागतात. **जर एखाद्या बाजूचा कोन कमी झाला तर विमान त्या बाजूला वळते.** म्हणून वळण्याचे नियंत्रण करताना या कोनांचीही तपासणी करावी. काही वेळा तर सुकाणू हलवावे लागू नये म्हणून पृष्ठीय कोनातच किंचित बदल करून विमान हवे तसे वळवता येते. स्थिरावकाचाही परिणाम असाच असतो; पण त्या मानाने तो खूपच मर्यादित असतो. अती वेगवान विमानांच्या बाबतीतच त्यांचा परिणाम जाणवतो.

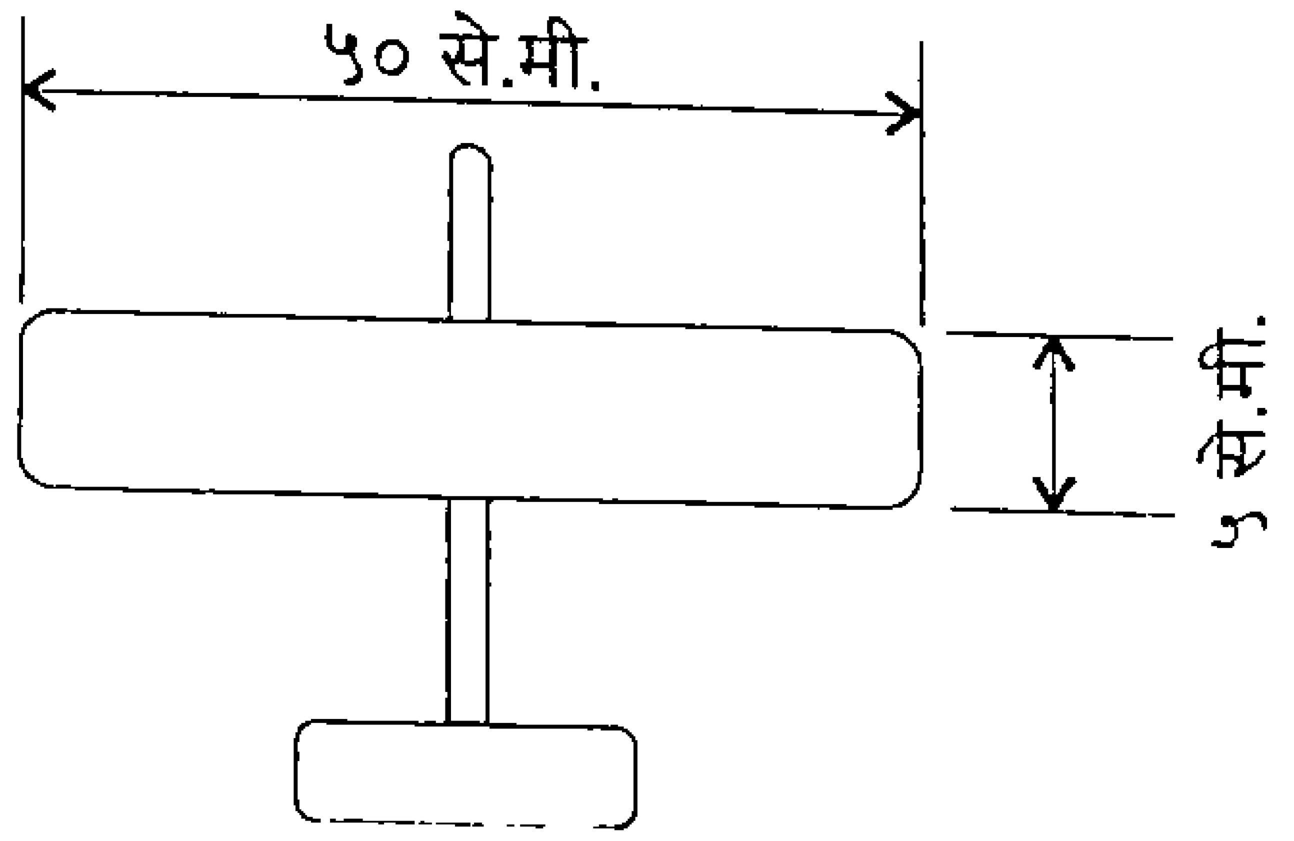
२) आस्पेक्ट रेशो : विमानाच्या पंखाच्या लांबी आणि रुंदीच्या गुणोत्तराला 'आस्पेक्ट रेशो' असे म्हणतात. त्याचे सूत्र असे.

पंखाची लांबी ÷ पंखाची सरासरी रुंदी = आस्पेक्ट रेशो.

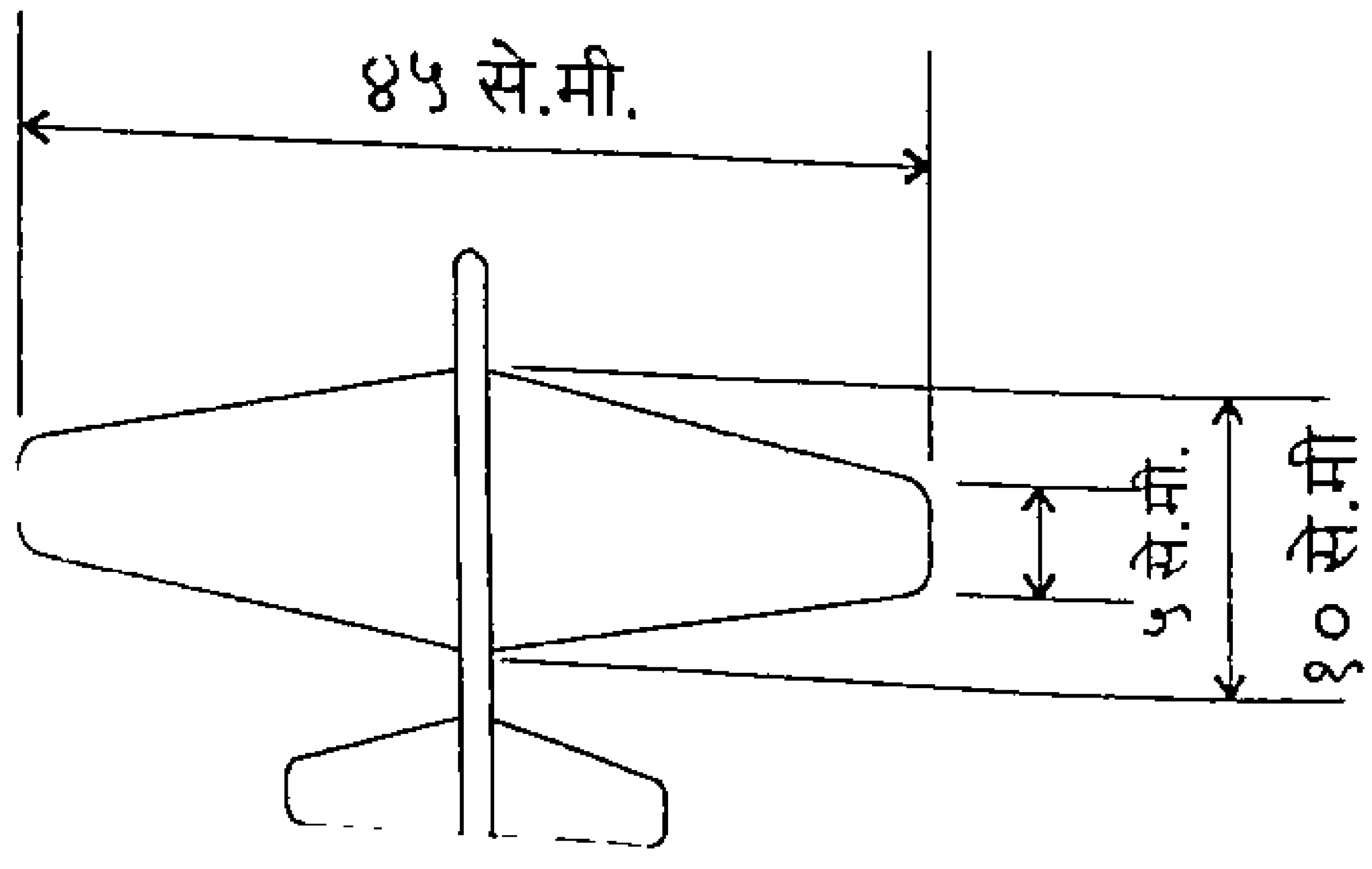
पंखाची सरासरी रुंदी म्हणण्याचे कारण असे, की सर्वच पख चौकोनी नसतात. म्हणून त्यांची सरासरी रुंदी विचारात घ्यावी लागते. पुढील उदाहरणे पाहा.



आ. क्र. ४७



आ.क्र. चौकोनी पंखांचे विमान



आ. क्र. ४८ खेचलेल्या पंखाचे विमान

चौकोनी पंखांचे विमान

लांबी ५० सें.मी. ÷ रूंदी ५ सें.मी. = आस्पेक्ट रेशो १०

खेचलेल्या पंखाचे विमान

लांबी ४५ सें.मी. आहे. पंखाची रूंदी शरीराजवळ १० सें.मी. तर टोकाशी ५ सें.मी. आहे. म्हणून सरासरी रुंदी =

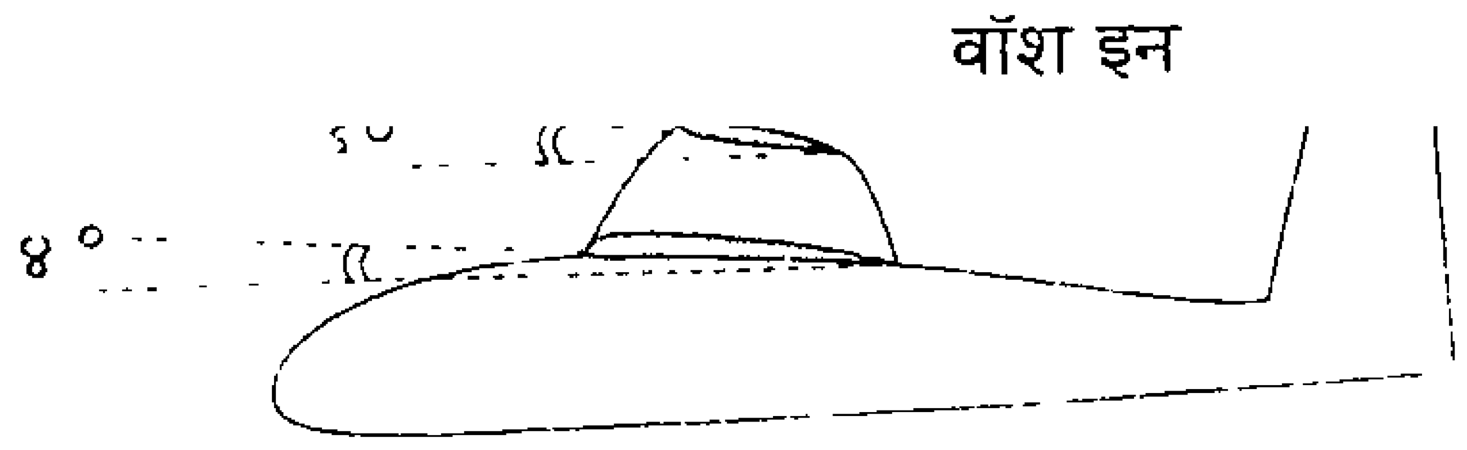
(१० + ५) ÷ २ = ७.५ सें.मी.

म्हणून आस्पेक्ट रेशो =

४५ ÷ ७.५ = ६ आहे.

याचे महत्त्व असे, की जेवढा आस्पेक्ट रेशो जास्त तेवढा रुंदीच्या प्रमाणात पंख जास्त लांब असतो. आस्पेक्ट रेशो जास्त असल्यास विमान संथ उडणारे असते व पंखाची कार्यक्षमता चांगली असते; पण पंख कमी ताकदवान असतात. ग्लायडर्स (तरंगयानां) साठी असे पंख निवडतात. कमी आस्पेक्ट रेशोच्या पंखांची लांबी कमी असते; पण ते भक्कम असतात. म्हणून वेगवान विमानांसाठी अशा प्रकारचे पंख वापरतात.

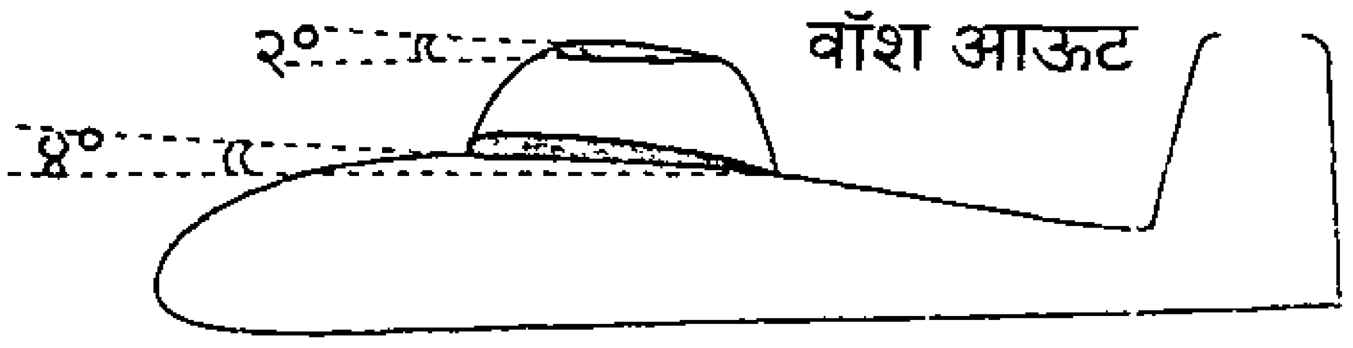
३) प्रगमन कोनः पंखाने उड्डाणाच्या दिशेशी केलेल्या कोनाला प्रगमन कोन म्हणतात, हे आपण या आधी पाहिलेच आहे. हा कोन पंखाच्या मध्यापाशी व टोकापाशी सारखाच असेल असे सांगता येत नाही. जर विमानाच्या आराखड्यामध्ये याबद्दल काही विशेष सूचना नसेल तर हा कोन सर्वत्र समानच राहील याची काळजी घ्यावी. विशेषतः आस्पेक्ट रेशो मोठा असला की पंखाला गोलाई देताना यात हटकून चूक होते.



आ. क्र. ४९ ही स्थिती टाळायलाच हवी

आ. क्र. ४९ मध्ये शरीराजवळ प्रगमन कोन ४ अंश आहे. पण पंख लांब असल्यामुळे व नीट लक्ष न दिल्याने गोलाई देत असताना पंखाच्या टोकाचा प्रगमन कोन १० अंश एवढा वाढला आहे! एवढी घोडचूक झाल्यावर हे विमान नीट उडेल अशी अपेक्षाच करता कामा नये! म्हणून प्रगमन कोन सर्वत्र समान ठेवण्याची काळजी घ्यावी. या स्थितीला 'वॉश इन' (टोकाकडील प्रगमन कोन जास्त असणे) असे म्हणतात. ही स्थिती नेहमीच टाळावी.

'वॉश आऊट' म्हणजे टोकाकडील प्रगमन



आ. क्र. ५० ही स्थिती विमानाला उपयुक्त

कोन कमी असणे. ही स्थिती विमानाला, विशेषतः तरंगयानांना उपयुक्त ठरते.

अर्थात हा फरक २ ते ३ अंश इतपतच असावा. यामुळे तरंगयाने जास्त स्थिर होतात.

तुमच्या विमानांची तोल जुळवणी करताना या सर्व गोष्टींचीही आवर्जून दखल घ्या. या माहितीमुळे जास्त अचूक उड्डाण करणे तुम्हांला शक्य होईल.

✈ ✈ ✈

हलकी विमाने

विमानाच्या उड्डाणाची शास्त्रीय कारणमीमांसा आतापर्यंत आपण केली. पण जर याचा वापर प्रत्यक्ष विमान उड्डाणासाठी करता आला नाही तर काय उपयोग? अशा पकारच्या विद्वानाला समर्थ रामदास स्वामींनी 'पढतमूर्ख' म्हटले आहे. असा गौरव आपल्याला नको. म्हणूनच प्रत्यक्ष विमान बनवून आपण या सर्व माहितीचा प्रत्यय घेऊया.

अर्थात प्रथमच बनवण्याची विमाने रचनेच्या दृष्टीने सोपी, थोडक्याच श्रमात बनणारी आणि शक्यतो बंदिस्त जागी म्हणजे छोटे अंगण, एखादा मोठासा दिवाणखाना अशा जागी उडवण्यायोग्य असावी. विमानाच्या उड्डाणावर मैदानातील हवेचा खूप परिणाम होतो. बंदिस्त जागेत वाऱ्याचा त्रास नसल्याने आपण नियंत्रक पृष्ठभागांची जी जी हालचाल करतो त्याचे परिणाम झटकन आकलन होतात.

म्हणूनच आपण आता थर्मोकोल या हलक्या वजनाच्या साहित्यापासून दोन विमाने बनवून पाहू. विमानांसाठी हलक्या वजनाचे साहित्य वापरले तर ती संथपणे उडतात. हॉलमध्ये किंवा छोट्याशा मैदानात अशी विमाने उडवणे शक्य असते. पण वाऱ्यामध्ये ती नीट उडत नाहीत.

थर्मोकोल फार तकलादू असते. तरीही काही विशिष्ट प्रकारचा आराखडा केल्यास त्यातून टिकाऊ व सुरेख उडणारी विमाने बनवता येतात. याचसाठी सोबत दोन विमानांचे आराखडे दिलेले आहेत. ही विमाने अत्यत हलकी असल्याने मैदानी उड्डाणापेक्षा बंदिस्त जागेत जास्त योग्य प्रकारे उडवता येतील. मैदानावरही वारा नसेल किंवा अगदी सौम्य वारा असेल तर ही विमाने उडू शकतील. चला तर मग! ही सुरेख विमाने बनवा आणि तुमचा आनद शतगुणित करा.

सूचना : दोन्ही विमानांसाठी

१) ४ ते ५ मि.मी. जाडीच्या थर्मोकोलचा वापर करा.

२) चिकटविण्यासाठी फेविकॉल किंवा वॅमिकॉल अशा प्रकारचे गोंद वापरा.

३) थर्मोकोल कापण्यासाठी नवीन रेझर ब्लेड वापरा, पण हाताची काळजी घ्या.

४) आराखड्यात दिलेले आकार प्रथम कार्बन पेपरच्या सहाय्याने जाड कार्डशीटवर आखून घ्या आणि धारदार कात्रीने कापून घ्या. मग जाड कार्डशीटचे तुकडे थर्मोकोलवर ठेवून स्केचपेनने ते आकार थर्मोकोलवर आखून घ्या आणि धारदार ब्लेडने काळजीपूर्वक कापा.

५) रिकाम्या काडेपेटीवर शून्य नंबरचा खरकागद (सँडपेपर) चिकटवून 'सँडिंग ब्लॉक' बनवा, कापताना खराब कापला गेलेला थर्मोकोलचा भाग हलक्या हाताने घासून गुळगुळीत बनवता येईल.

जुळणी सूचना : 'पवन'

आ. क्र. ५१ मधे अ-पंख, ब-पर, व ड-कॉकपिट हे तुकडे एकएकच लागतील. क-शरीर याचे मात्र ४ तुकडे कापावेत.

१) प्रथम आ. क्र. ५१ प्रमाणे 'क' या प्रकारचे ४ तुकडे एकत्र चिकटवून जाड शरीर बनवा. ते वाळू द्या.

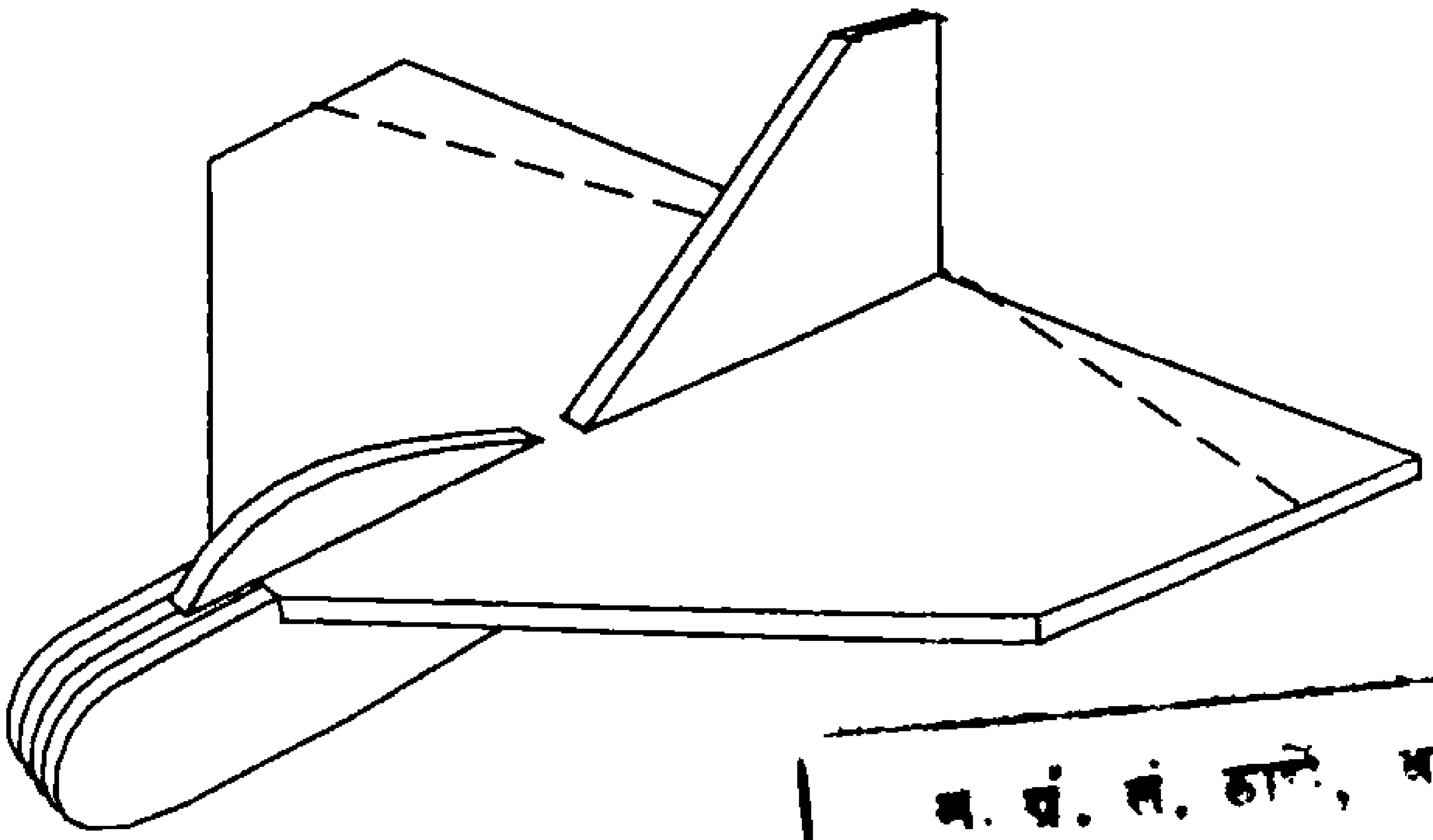
२) शरीर वाळल्यानंतर घासून त्याच्या बाहेरील बाजू छान गुळगुळीत बनवा.

३) नंतर आ. क्र. ५२ मध्ये दाखविल्या-प्रमाणे पंख शरीरावर चिकटवा. तेही पूर्ण वाळू द्या.

४) अगदी शेवटी पर आणि कॉकपिटचा तुकडा योग्य जागी चिकटवा आणि विमान पूर्णपणे वाळू द्या.

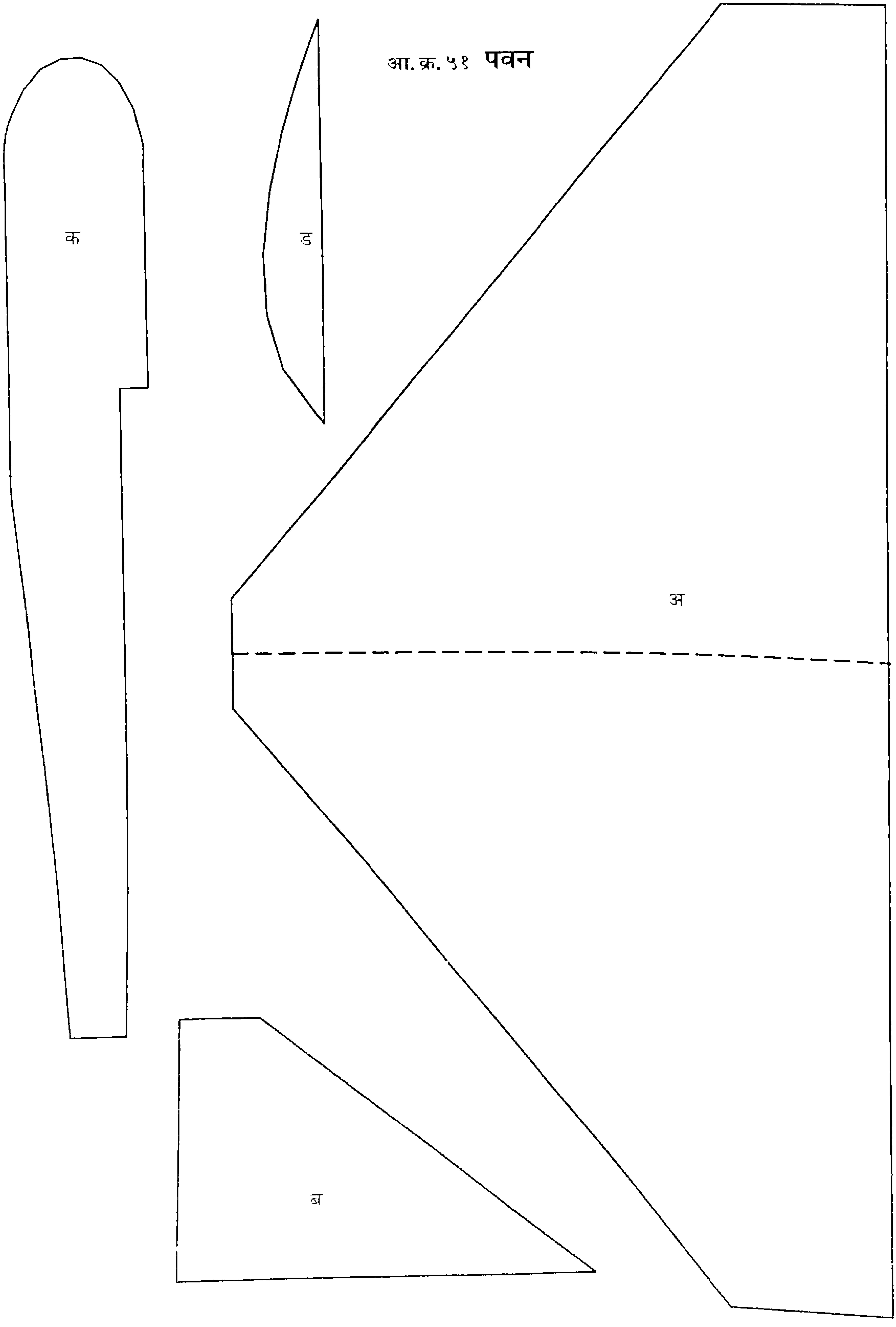
उड्डाण सूचना : 'पवन'

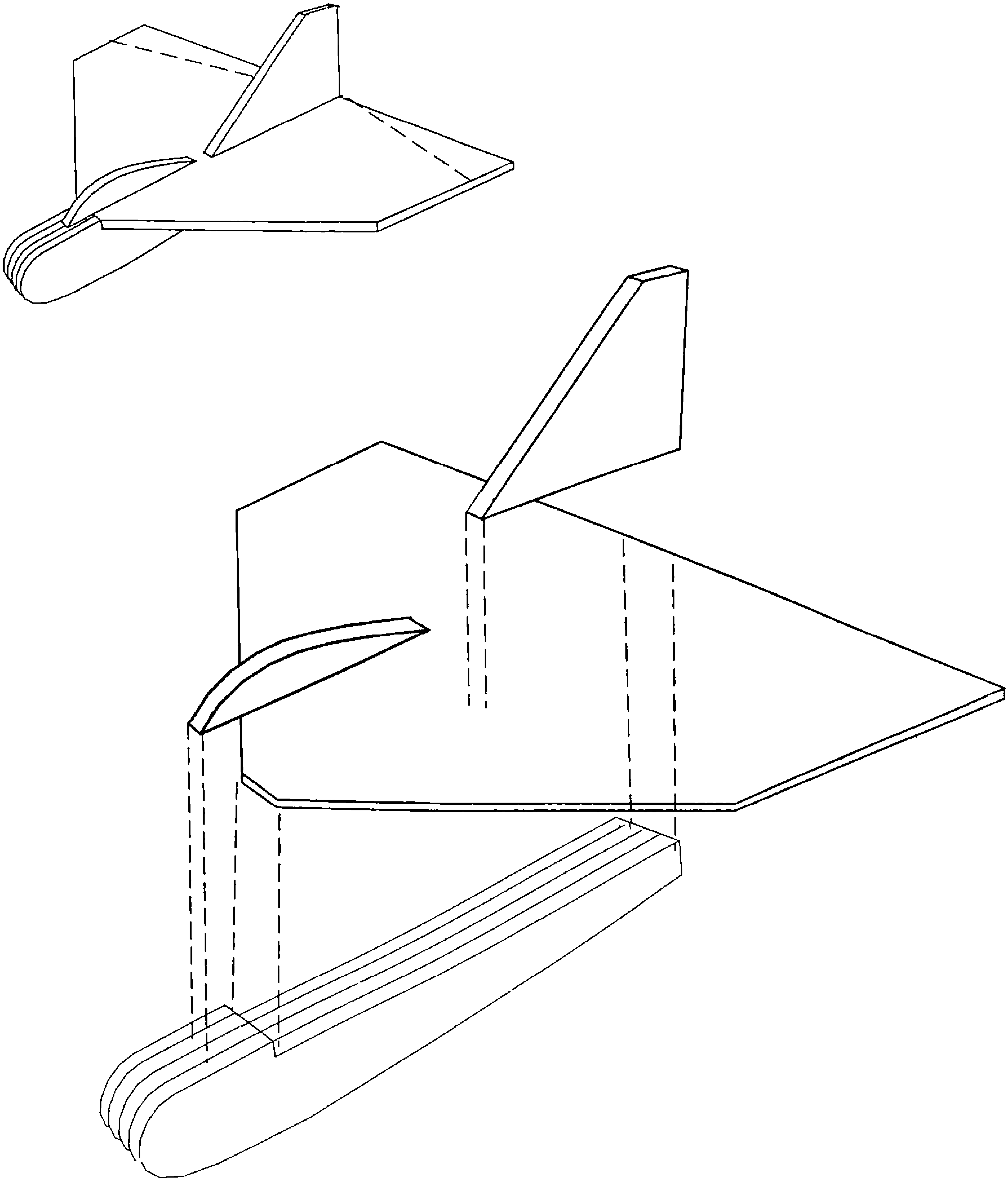
आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे विमानाच्या पंखांची मागची टोके किंचित वर वाकवा. (फार जास्त नको.) आता आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे हातात धरून सरळ फेका. जर डावीकडे वळले अथवा कलले तर उजव्या पंखाचे टोक थोडे जास्त वर उचला. उजवीकडे कलले तर याच्या उलट करा. या विमानाच्या पंखाची मागील टोके एलेरॉन्स आणि एलेव्हेटर या दोघांची कामे करतात. म्हणून अशा त्रिकोणपंखी विमानात या अवयवाला 'एलेव्हॉन्स' असेही म्हटले जाते. थोडक्यात याची कोणतीही हालचाल एलेव्हेटर व एलेरॉन, दोघांचा परिणाम दाखवेल. या त्रिकोणपंखी विमानाला स्थिरावक नाही हे लक्षात ठेवा. नाकाकडे वजन कधी लावायचे याची माहिती तुम्हाला पतंगाचे विमान उडवताना सांगितली आहेच. तेथील सर्व नियम येथेही लागू आहेत.



बाल वाङ्मय विभाग
३५२८ २८।७।९९

आ.क्र.५१ **पवन**





आ. क्र. ५२

जुळणी सूचना : 'समीर'

यामधे ड हा तुकडा जाड कागदाचा बनवायचा आहे. बाकी सर्व तुकडे थर्मोकोलचे.

१) प्रथम आ. क्र. ५३ मध्ये दाखवल्या-प्रमाणे शरीराचा कागदाचा तुकडा वाकवून व चिकटवून शरीर तयार करा. वाळण्यासाठी दाब द्या.

२) पंखावर त्याची मध्यरेषा आखून घ्या. त्यावर पर चिकटवा. पर पूर्ण वाळला की मग त्यावर स्थिरावक चिकटवा. पंख व स्थिरावक एकमेकांना नीट समांतर हवेत. ते जागेवर राहण्यासाठी टाचण्यांनी आधार द्या. वाळल्यावर टाचण्या काढून टाका.

३) त्यानंतर पंखाच्या पुढच्या भागाला शरीराचा कागदाचा तुकडा चिकटवा. थर्मोकोल व जाड कागद हा सांधा जुळायला थोडा वेळ लागेल. यासाठी तो हातातच दाबून धरा.

४) विमान पूर्ण वाळल्यानंतर शरीराच्या पुढच्या टोकाला दोन पेपरक्लिप्स लावा.

उड्डाण सूचना : 'समीर'

१) विमानाचे शरीर धरून विमान समोर फेका. नाक हलके वाटत असेल तर आणखी एखादी पेपर क्लिप लावा.

२) जर विमान एकदम सूर मारत असेल तर याचा अर्थ स्थिरावक परावर चिकटवायला चुकला आहात. मूळ आराखड्यातील पराचे सर्व कोन तुमच्या थर्मोकोलच्या तुकड्यात आहेत का पाहा. आवश्यक असेल तर दुसरा पर व स्थिरावक बनवा आणि बसवा.

३) या विमानात स्थिरावक ऋण अंशाचा कोन करून बसवला असल्याने एलेव्हेटरचा फारसा वापर करावा लागणार नाही. पंखाच्या टोकांची मागील कड म्हणजे एलेरॉन जर विमान थोडेफार डावी/उजवीकडे कलले तर यांचा वापर करावा.

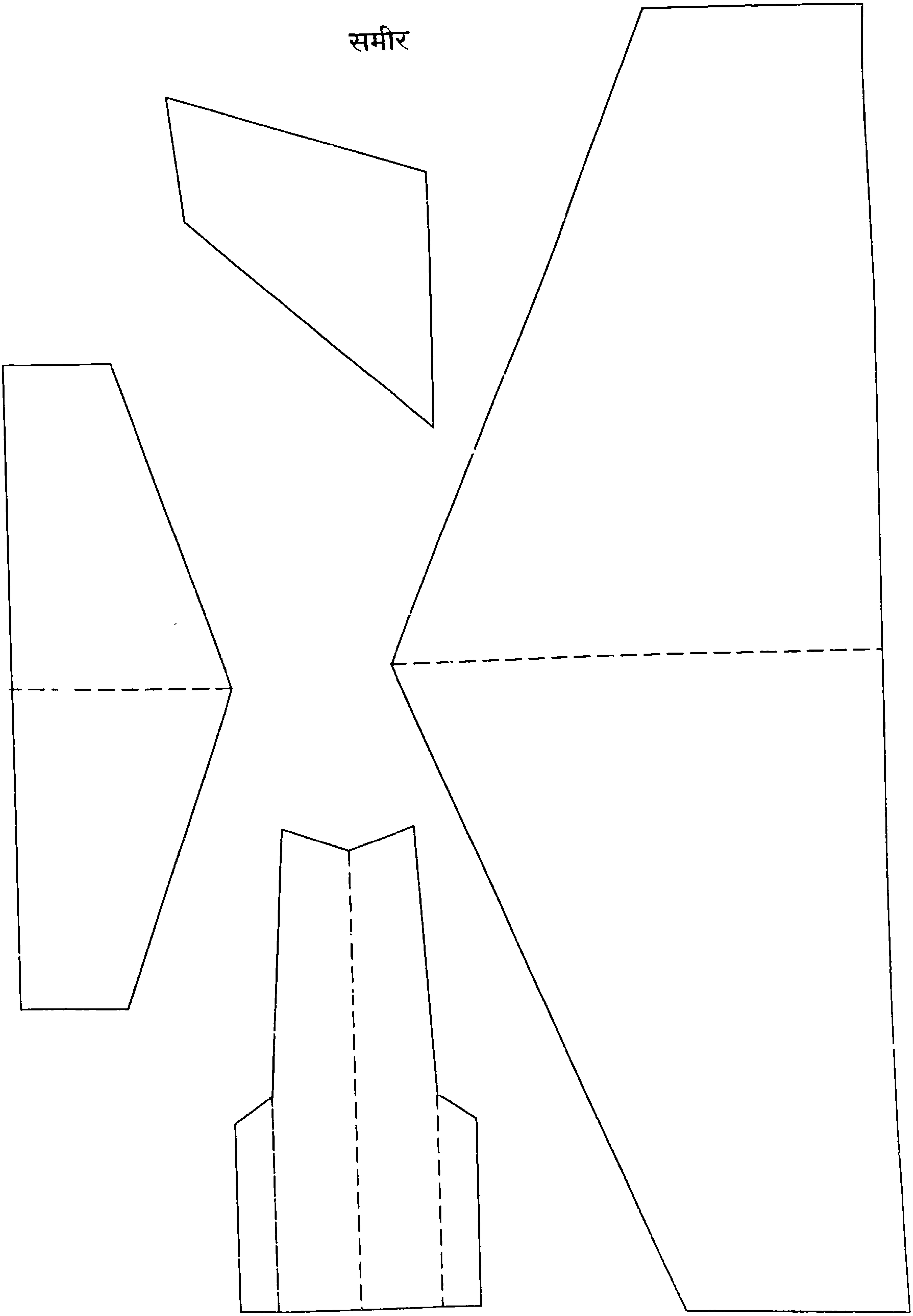
दोन्ही विमानांसाठी टीपा :

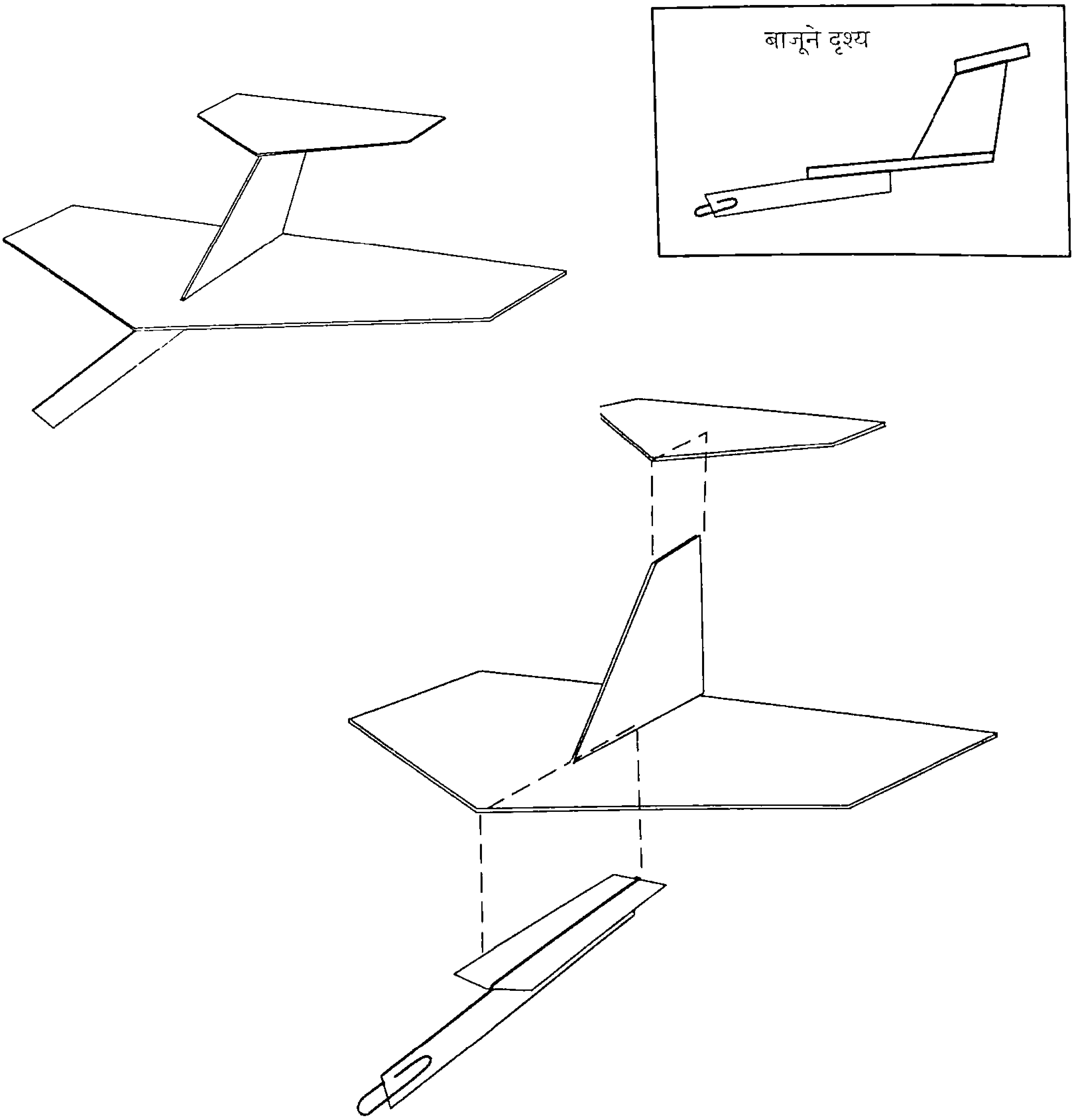
१) पंखाची, स्थिरावकाची आणि पराची पुढील कड जर घासून थोडी गुळगुळीत केली तर विमानाचे उड्डाण खूपच सुधारते.

२) थर्मोकोलचा पृष्ठभाग काही वेळा फारच खरखरीत येतो, अशा वेळी तुकडे जोडण्याआधी, सडिंग ब्लॉकने दोन्ही पृष्ठभाग हलक्या हाताने घासून गुळगुळीत करावेत. विमान फारच सुंदर उडेल.

३) बाजारात मिळणारा थर्मोकोल शीट अर्धामीटर बाय एक मीटर या आकाराचा असतो. अशा एका थर्मोकोल शीटमधून प्रत्येक प्रकारची चार विमाने म्हणजे एकूण आठ विमाने तुम्ही सहज बनवू शकाल!

समीर





आ.क्र.५३ समीर

वाऱ्याचा अंदाज

मोकळ्या मैदानात आपले विमान उंच जावे, ते खूप वेळपर्यंत आणि लांबवर तरंगत जाण्याचा आनंद आपल्याला मिळावा, ही तर अगदी प्रत्येकाची इच्छा असते. यासाठी कष्ट करण्याचीही मुलांची तयारी असते. पण अशा उड्डाणासाठी जरा जास्त वजनाची, अचूक रचनेची आणि उत्कृष्टपणे समतोल साधणारी विमाने आवश्यक असतात. या विमानांचा वेगही जास्त असतो. म्हणजेच छोट्याशाही चुकीची लगेच आणि भरपूर शिक्षा मिळण्याची खात्रीच! परत मैदानात वाहणारा वारा नक्की कुठून कुठे वाहतो आहे आणि तो फार जास्त आहे, कमी आहे की योग्य आहे हे समजून घेण्याचे तंत्र आपल्याला अवगत झाले पाहिजे.

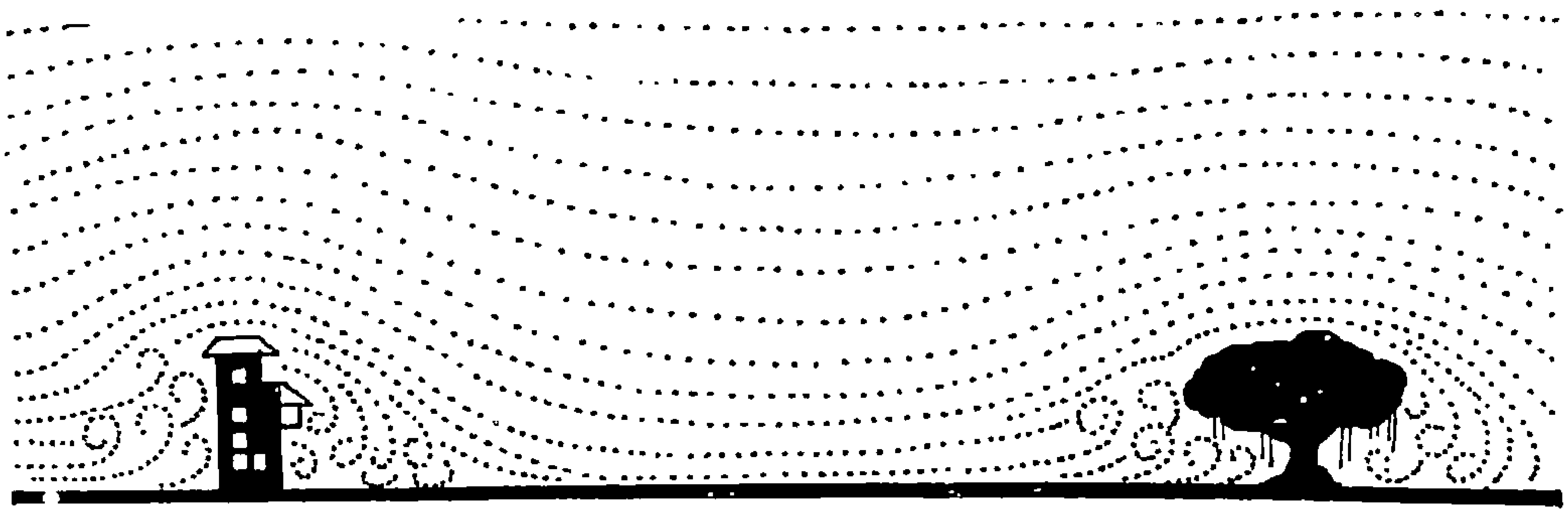
म्हणूनच मैदानामध्ये विमान उडवताना वाऱ्याची दिशा आणि ताकद यांचा अंदाज जेवढा अचूक असेल तेवढे अधिक अचूकपणे तुम्ही विमान उडवू शकाल. वाऱ्याच्या शक्तीबाबत बोलताना आपण बरेचदा ढोबळमानाने बोलतो. बेताचा वारा, मध्यम वारा, जोरदार वारा अशाच स्वरूपात आपल्याला बोलावे लागते. कारण अगदी शास्त्रीय भाषेत बोलले तरीही त्यातून फार काही कळत नाही. उदा. ताशी २० कि. मी. वेगाचा वारा असे म्हटले तरी त्यातून काहीच अंदाज येत नाही. शिवाय आपण वाऱ्याचा हा वेग मोजणारी उपकरणे घेऊन मैदानावर जात नाही. म्हणून आडाखे व अंदाज यावरच काम भागवावे लागते.

वाऱ्याची शक्ती दर्शवणाऱ्या शब्दांबाबत आपण प्रथम विचार करूया.

झुळूक : या शब्दाला अधूनमधून वाहणारा आणि अत्यंत सौम्य ताकदीचा वारा असा अर्थ आहे. झुळूक कधीच सलग नसते. तसेच तिची शक्ती अगदी थोडी असते. आपल्या शरीराला ही झुळूक जाणवते, पण कपडे फडफडतील किंवा केस भुरुभुरू उडतील एवढी शक्ती तिच्यात नसते. सातत्य नसल्यामुळे आणि शक्ती मर्यादित व त्याची दिशा अनपेक्षित असल्याने अशा वातावरणात विमानाचे उड्डाण कसे होईल, याचा अदाज बहुधा बांधता येत नाही. तरीही उड्डाणासाठी असे हवामान फार त्रास देत नाही.

वेगवान विमानांची शक्ती भरपूर असल्याने या झुळुकांचा त्यांच्या उड्डाणास फारसा विरोध होत नाही. उलट कधी कधी अशी विमाने तरगत खाली येताना एखादी झुळूक आली की ती अचानक वर किंवा खाली जातात व उड्डाणामध्ये विविधता येते! या झुळुका बहुधा अगदी लवकर पहाटे किंवा अगदी कडक उन्हाची, वारा नसलेली दुपार संपून संध्याकाळ व्हायला लागली की जाणवतात.

भळाळणारा वारा: झुळुकेपेक्षा जास्त शक्तिमान आणि सतत वाहणाऱ्या वाऱ्याला भळाळणारा वारा असे म्हणतात. हा वारा अगदी सतत व एकाच गतीने वाहणारा असतो. याच्या वेगात थोडाफार फरक आढळेल. झुळुकेपेक्षा याची शक्ती जास्त असते. जमिनीवरील वाळका पाचोळा किंवा कागदाचे कपटे हा वारा उडवून नेतो, पण जमिनीवरील



आ. क्र. ५४ वाऱ्याला अडथळा करणाऱ्या गोष्टी

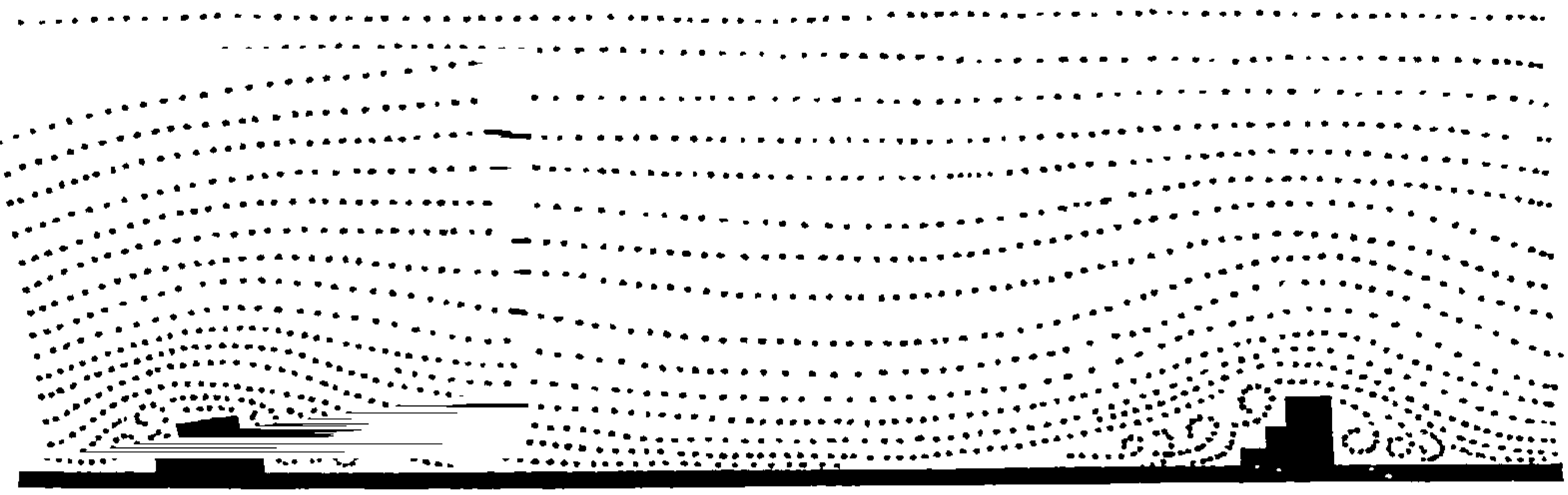
धूळ हवेत उडवण्याएवढी याची शक्ती नसते. आपल्या उड्डाणाला असा वारा अगदी उत्तम. असा वारा हा सकाळी ७ च्या सुमारास सुरू होतो व ९॥ ते १० वाजेपर्यंत मिळू शकतो. नंतर मात्र त्याची ताकद वाढत जाते. तसेच संध्याकाळी उशीरा ६॥ च्या नंतर परत असा वारा सुरू होतो, पण त्यावेळेस अंधार पडायची वेळ जवळ आल्याने आपल्याला फारतर तासभरच याचा फायदा घेता येतो.

वावटळ: या प्रकारच्या वाऱ्याचे सर्वात जाणवणारे वैशिष्ट्य म्हणजे हा मैदानातील धूळ झपाट्याने हवेत उडवतो. या वाऱ्यात कपडे चांगलेच फडफडतात जर मैदानावर धूळ नसेल व उच गवत असेल तर गवताला हा वारा वाकवतो. पण वावटळ ही सातत्यपूर्ण नसते. तिचा वेग व शक्ती सतत बदलत असते. कधी कधी ती अचानक थांबते व सर्व वातावरण एकदम स्तब्ध होते. अशा वातावरणात विमान उडवणे जोखमीचे असते.

पण गलोलीने उडणारी जड विमाने याही वाऱ्यात सर्व बदलाना तोंड देऊ शकतात. अनुभव गाठीला जमला की मग अशा वाऱ्यात विमाने उडवायला हरकत नाही, पण कोणत्याही क्षणी उड्डाण बिघडण्याची व विमान कोसळण्याची मनाची तयारी ठेवावी! या पुढचे प्रकार म्हणजे सोसाट्याचा वारा आणि वादळ. अशा वातावरणात आपली छोटी विमाने तर सोडाच, पण मोठी व खरी विमाने उडवतानादेखील विचार करावा लागतो. उड्डाणे रद्दसुद्धा केली जातात. त्यामुळे याच्याबद्दल आपल्याला फार काही चर्चा करण्याचे कारणच नाही! असे वातावरण निर्माण झाले की घरातच बसावे आणि विमानांची देखभाल करावी!

वरील विवेचनावरून वाऱ्याच्या शक्तीचा अंदाज बांधता येईल. पण वारा नक्की कोणत्या दिशेने वाहत आहे हे समजणे देखील अत्यंत आवश्यक आहे. त्यात त्रासदायक भाग असा, की ज्या जागी तुम्ही उभे असता तेथील वाऱ्याच्या दिशेचा अंदाज जरी तुम्ही घेतला तरी आसपास सर्वत्र वाऱ्याची दिशा तीच असेल याची काय खात्री? म्हणूनच विमान उडविण्यासाठी मैदानात गेल्यानंतर योग्य जागा निवडणे महत्त्वाचे असते. हे काम कसे करावे याचा आता विचार करूया.

जर गावाबाहेर अगदी मोकळे माळरान असेल तर हे काम सोपे होते. माळरानावर फारसे अडथळे नसतील तर वारा बहुधा समांतर व एकाच दिशेने वाहतो. परतु



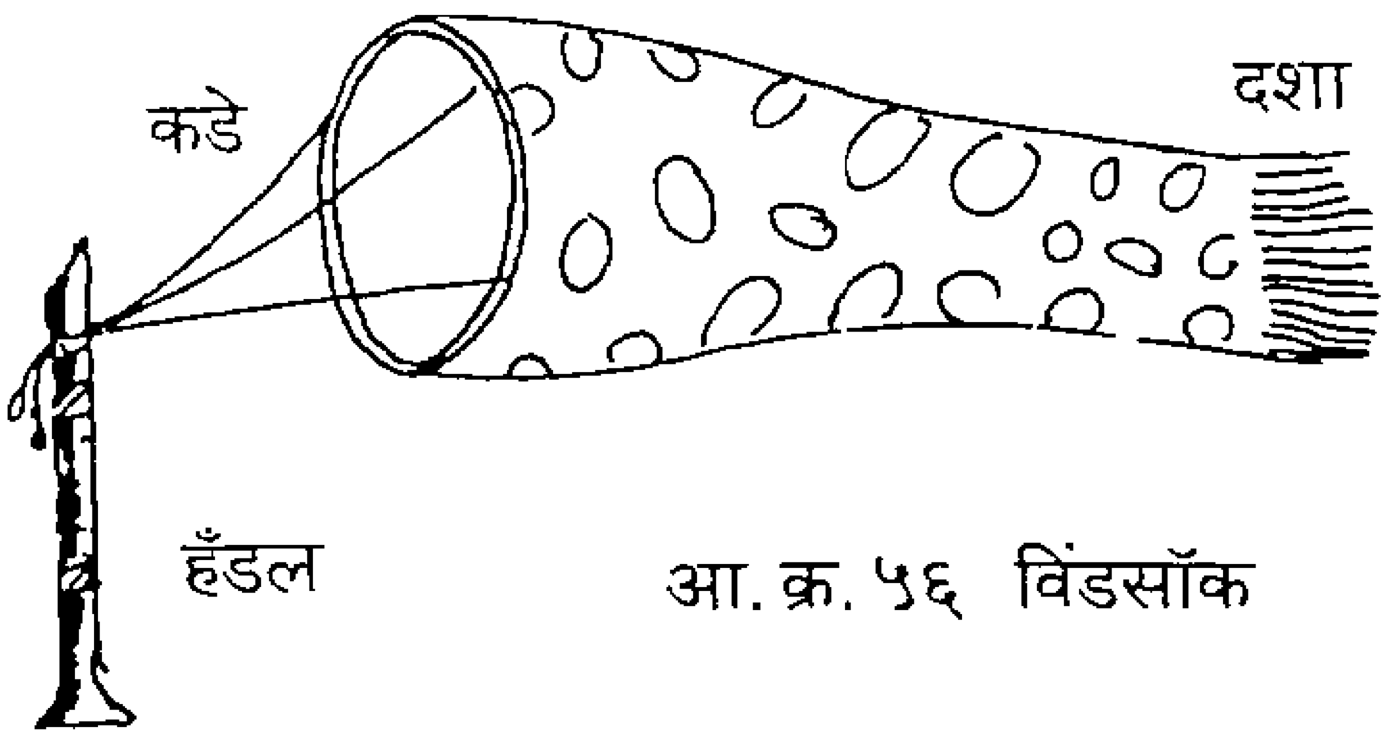
आ. क्र. ५५ बंदिस्तपटांगण

वाऱ्याच्या प्रवाहात एखादे उंच व विस्तृत झाड, खोल घळ अथवा टेकाड, एखादी छोटी इमारत वा बांधकाम येत असेल तर वारा त्याला अडून वेडेवाकडे प्रवाह निर्माण होतात. तुम्ही नेमके झाडाखाली उभे राहून अथवा इमारतीच्या जवळ उभे राहून विमान उडवण्याचा प्रयत्न केला तर चुकण्याची शक्यता बरीच जास्त असते. म्हणून विमान उडवण्यासाठी मैदानात अगदी मोकळ्या जागी उभे राहावे.

जर पटांगगणाच्या सर्व बाजूंनी झाडे, इमारती असतील तर एक गोष्ट नेहमी लक्षात ठेवावी. ज्या बाजूने वारा येतो त्या बाजूने तो इमारतीला अडून वरून खाली पटांगणात उतरतो. इमारतीच्या अगदी जवळ त्याचे असंख्य तुटक तुटक प्रवाह, भोवरे आणि छोट्या वावटळीत रूपांतर होते. जर मैदान इमारतींच्या उंचीच्या मानाने पुरेसे मोठे असेल तर मैदानाच्या साधारण मध्यावर वाऱ्याची दिशा परत एकदा बऱ्यापैकी व्यवस्थित व एकसारखी सापडते हा वारा तसाच पुढे जाऊन पलिकडच्या इमारतीवर आदळला, की परत तेथे भोवरे आणि तुटक प्रवाह निर्माण होतात. म्हणून अशा ठिकाणी शक्यतो मैदानाच्या मध्यावर जाऊन वाऱ्याचा अदाज घ्यावा. यातही एक वैशिष्ट्य आहे. आ. क्र. ५५ नीट पाहा. डाव्या बाजूने इमारतीवरून येणारा वारा मैदानात उतरतो आहे तर उजवीकडील इमारतीवर अडणारा वारा मैदानातून वर चढतो आहे. आपले विमान इमारतीपेक्षा उच गेले तर उंचावरील वाऱ्यांच्या झोतांत ते सापडते. जर आपण डावीकडच्या इमारतीच्या परिसरात असलो तर खाली उतरणाऱ्या वाऱ्यांमुळे विमान मैदानात उतरण्याची शक्यता जास्त राहील. पण जर उजवीकडील इमारतीच्या परिसरात आपण असू तर मात्र इमारतीवरून हे विमान मैदानाबाहेर जाण्याची शक्यता वाढेल. यासाठी खूप उंचावर जाणारी विमाने कोठे उभे राहून उडवावी याचा नीट अंदाज घ्यावा, म्हणजे विमान हरवण्याची धास्ती राहात नाही.

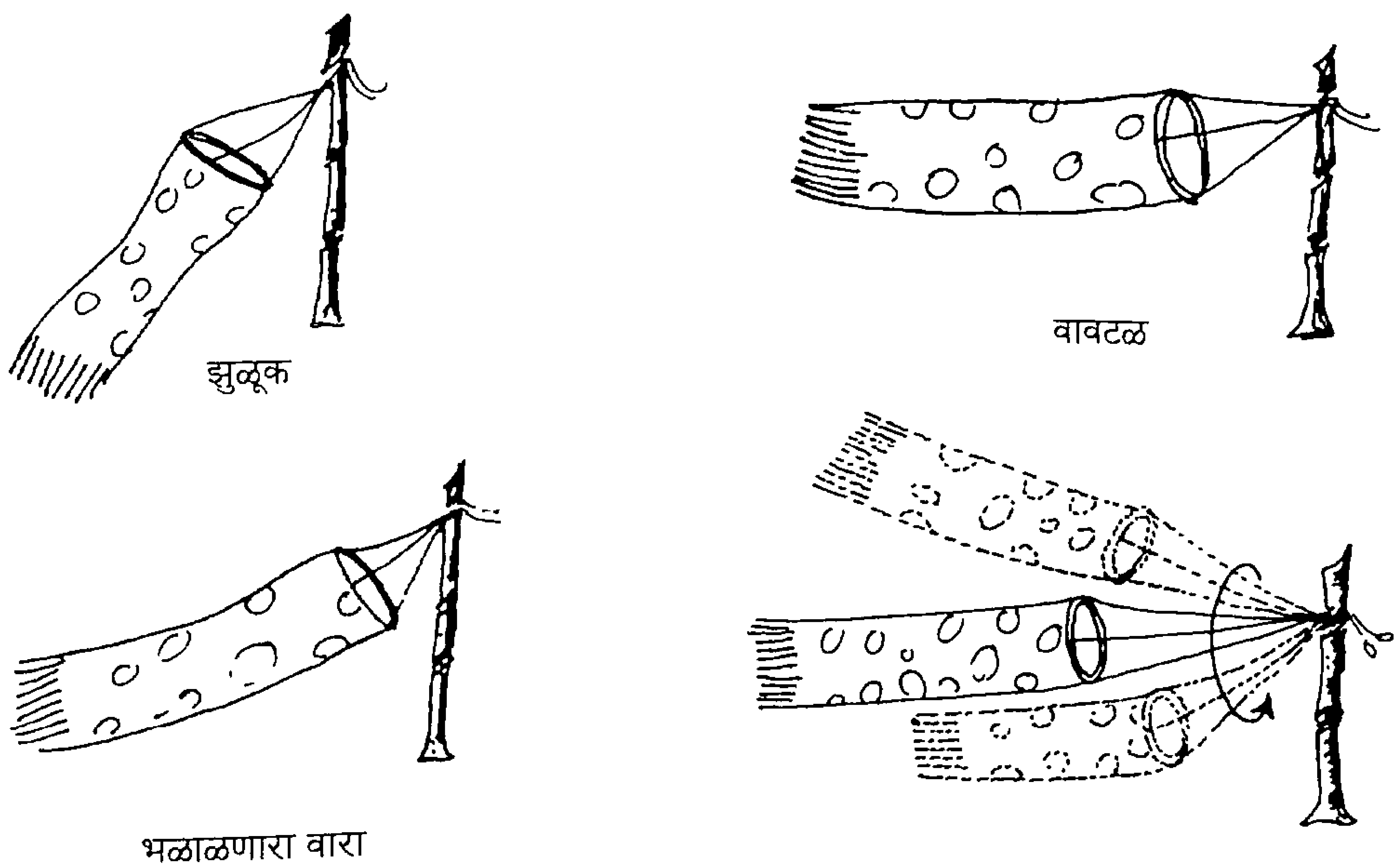
थोडक्यात आसपासच्या प्रदेशाचे आणि अडथळ्यांचे निरीक्षण केले की समांतर वारा कोठे मिळेल, चढणारा वारा किंवा उतरणारा वारा कोठे असेल याचा अंदाज आपण घेऊ शकतो. प्रदेश जर टेकड्यांचा असेल तर टेकडीच्या माथ्यावर उभे राहणे सोयीचे असते. मध्ये उभे राहून विमान कधीच उडवू नये.

एवढ्या चर्चेनंतर एक प्रश्न बरेचदा पडतो, की वाऱ्याची अचूक दिशा कशी ओळखावी? अगदी साधा आणि सोपा उपाय म्हणजे एक उदबत्ती व काडेपेटी जवळ ठेवावी. उदबत्तीचा धूर तुम्हाला वारा कुठून कुठे वाहतो आहे त्याची अचूक कल्पना देईल. जर उदबत्ती जवळ नसेल तर एक छोटीशी युक्ती वापरावी. डोळे मिटून वाऱ्याचे दिशेला चेहरा फिरवावा. कानावरून वारा वाहताना वाऱ्याच्या प्रवाहातील सूक्ष्म फरक देखील कानाला जाणवतो. वारा कानावरून जाऊ लागला की एक सूक्ष्म असा भर्र्र्र आवाज येतो. जर दोन्ही कानांना हा आवाज सारखाच ऐकू आला, तर तुमचा चेहरा अगदी अचूक वाऱ्याच्या दिशेला आहे असे समजा. थोड्या सवयीने आणि मन एकाग्र करता येऊ लागले की हे चटकन समजते.



आ. क्र. ५६ विंडसॉक

सगळ्यात चांगला उपाय म्हणजे तुम्हीच एक 'विंड सॉक'. याच्या सहाय्याने वाऱ्याची दिशा खात्रीशीर कळू शकते. हे उपकरण बनवण्यासाठी तुम्हाला साधारणपणे दोन फूट लांब असा अगदी मऊ व हलका कापडाचा तुकडा आवश्यक आहे. खूप वापरलेली जुनी सुती साडी अथवा धोतराचे तलम कापड किंवा हलक्या वजनाची एखादी जुनी ओढणी मिळाली की काम भागेल. आ. क्र. ५६ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे साधारणपणे ६ ते ८ इंच



आ. क्र. ५७ वाऱ्याचे प्रकार

व्यासाचे एक कडे बनवा. याच्यासाठी बांबूची कामटी वापरा. दोन ते सव्वादोन फूट लांबीची आणि या कड्याएवढ्या परिमितीची एक नळी कापडापासून तयार करा. यासाठी तुम्हाला शिवणयंत्रावर एक टीप मारून घ्यावी लागेल. त्याच्या एका बाजूला साधारणपणे दीड इंच लांबीपर्यंत दशा कापा. आता ही पिशवी कड्यावरती बसवून सुईदोऱ्याने टाके घाला. या पिशवीला तीन ठिकाणी दोरा बांधून तो एका बांबूच्या काठीला (हँडल) बांधा. दोऱ्याची लांबी साधारणतः एक फूट एवढी ठेवा. वाऱ्यामध्ये ही 'विंडसॉक' धरली की पिशवीच्या तोंडातून वारा आत शिरतो व नळी फुगते. तिची शेपटी ज्या दिशेने फडफडते, त्या दिशेला वारा वाहतो हे समजते. एवढेच नव्हे, तर ही पिशवी जमिनीशी किती कोनात राहते, यावरून वाऱ्याच्या शक्तीचादेखील अदाज येतो. झुळुका येताना ही पिशवी किंचित उचलली जाते. भळाळणाऱ्या वाऱ्यामध्ये ती साधारणपणे ४५ अंश कोन करून त्याच अवस्थेत सतत राहते तर वावटळीमध्ये ती जवळजवळ ८५ अश कोनात (म्हणजे जवळपास जमिनीला समांतर) फडफडत राहते. जर ही पिशवी पतंगाप्रमाणे गोते खाऊ लागली तर वारा अगदी समांतर वाहणारा नसून त्यामध्ये वेडेवाकडे प्रवाह आणि भोवरे आहेत असे समजावे. पूर्वीच्या काळी जेव्हा वाऱ्याची दिशा पाहून विमानाच्या उड्डाणाची दिशा ठरवावी लागायची, तेव्हा अशा 'विंडसॉक'कडे पाहूनच वाऱ्याचा अंदाज बाधला जायचा.

विमान आराखडा काढण्याविषयी काही समीकरणे.

मी जेथे जेथे व्याख्यानासाठी किंवा प्रात्यक्षिकांसाठी जातो तेथे तेथे, 'मला मॉडेल बनविण्यासाठी विमानांची मापे सांगाल का?' अशी विचारणा करणारे पाच-सात तरी उत्साही विद्यार्थी भेटतातच!

विमानांची मापे अशी सांगता येत नाहीत. संपूर्ण विमानाचा आराखडा काढताना, हे विमान कोणत्या कामासाठी बांधायचे आहे, याचा विचार करून प्रथम शरीराचा आकार आणि पंखाचा प्रकार व क्षेत्रफळ ठरवले जाते आणि मग असंख्य प्रकारचे पंख, एरोफॉइल सेक्शन, शेपट्यांचे आकार व प्रकार, इंजिनांचे प्रकार, वजनांची समीकरणे, विमान बांधणीसाठी वापरण्याचे साहित्य व त्यांची ताकद याबद्दलची समीकरणे अशा प्रचड गुंतागुंतीच्या आकडेमोडीमधून प्राथमिक आराखडा जन्माला येतो. यानुसार याची मॉडेल्स बनवून त्याच्या चाचण्या पार पाडतात. हल्ली संगणकावरच 'सिम्युलेशन' पद्धतीचा वापर करून मॉडेल न बनवताच निरीक्षणे व निष्कर्ष काढता येतात. काही वर्षांच्या अशा खटपटीमधून नवीन विमान जन्माला येते.

अर्थात कागदी विमानांसाठी ही सर्व खटपट करायची नसते. आपल्याला विमानाचा गुरुत्वमध्य, दाबमध्य आणि शेपटीतील पर व स्थिरावक यातील परस्पर संबंध समजला तरी आपल्याला आराखडे काढण्यामध्ये थोडीफार प्रगती करता येते. पुढे अनुभवाची शिदोरी जसजशी साठत जाते, तसतशी आराखडे काढण्यामध्ये सफाई येत जाते.

कागदाची जडणघडण आणि विमानाचा आकार:

कागद हा नैसर्गिक तंतूंपासून बनतो. तो बनवतांना त्यामध्ये अनेक द्रव्ये मिसळली जातात. यांना भरताड (फिलर) असे म्हणतात. कागद जेवढा गुळगुळीत तेवढी त्यामध्ये भरताड जास्त व तंतू कमी. ही भरताड म्हणजे बव्हंशी गुळगुळीत माती आणि काही चिकट द्रव्ये असतात. याना 'आर्ट पेपर' म्हणतात. असे कागद आकाराच्या मानाने जड असतात. छपाईसाठी असा कागद कितीही उत्तम असला तरी विमाने बनविण्यासाठी याचा उपयोग करता येत नाही, कारण भरताड जास्त असल्याने त्यामध्ये अनावश्यक वजन जास्त असते, तर तंतू कमी असल्याने ताकद खूप कमी असते.

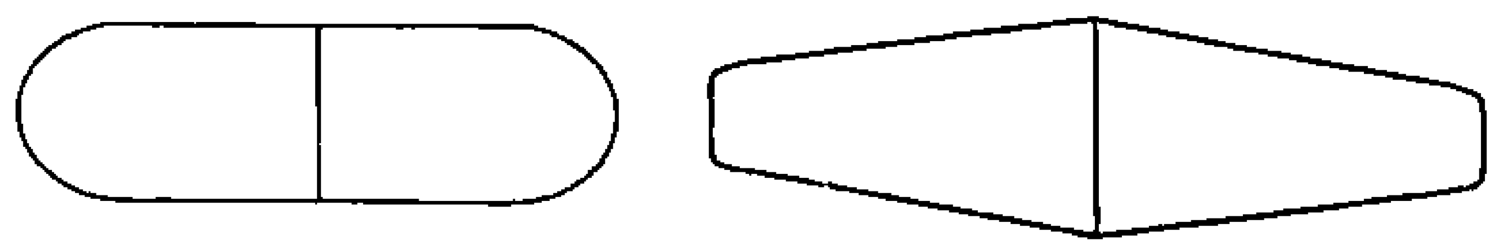
जास्त तंतू असलेला कागद विमानासाठी उपयुक्त. कोऱ्या नोटेसारखा करकरीत आणि वजनाने हलका कागद सर्वात उत्तम. त्याच्या खालोखाल कार्डशीट्स्, बॉक्स बोर्ड, टॅग पेपर या नावाने येणारे कागद उपयोगी पडतात. पल्प बोर्ड, मिलबोर्ड इत्यादी कागद भक्कम असतात, पण बरेच वजनदारही असतात. कोणत्याही कागदामध्ये विमान बनवताना बहुधा जास्तीतजास्त १० ते १२ इंच पंखविस्तारापर्यंतची विमाने चांगली उडतात. याच्यापेक्षा मोठी विमाने कागदामध्ये बांधणे अशक्य नसले तरी बरेच कठीण आहे. बांधण्यापेक्षाही ती उडवणे जास्त कठीण आहे.

आराखड्याची पद्धत:

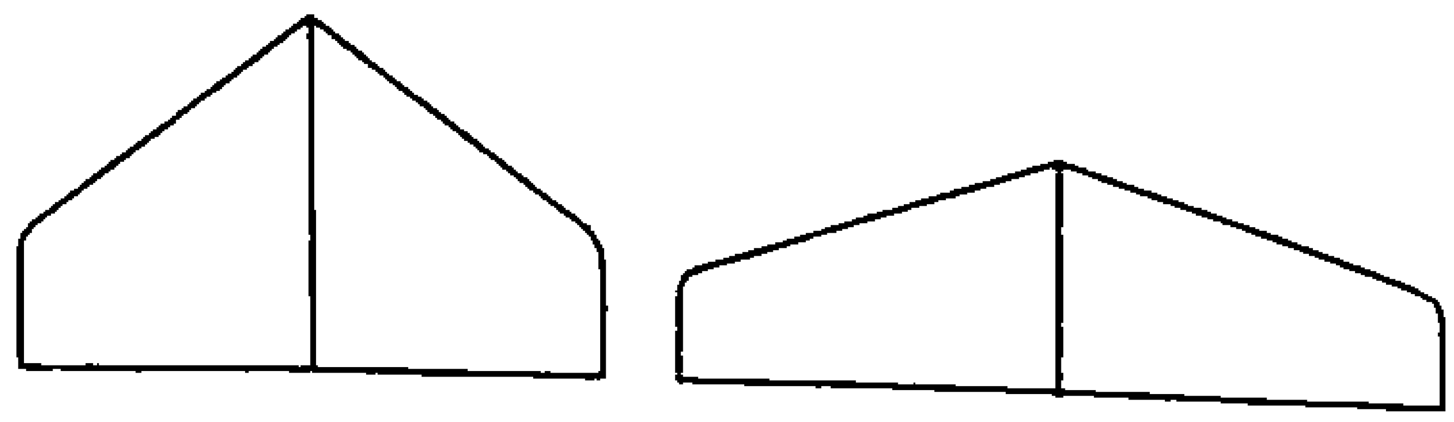
प्रयोगासाठी सर्वात प्रथम कोरड्या बाबूमधून २ मि.मी. बाय २ मि.मी. मापाच्या व १ फूट लांबीच्या काड्या भरपूर बनवून ठेवा. या काड्यांवर पंख आणि शेपटी बसवून प्रयोग करावयाचे आहेत.

एकदा पंख व शेपट्या यांचा आराखडा जमला की मग शरीराचा आकार ठरवता येतो. आता आपल्याला कसे विमान हवे ते ठरवा. संथ, मध्यम वेगाचे की अगदी वेगवान? त्यानुसार पुढीलप्रमाणे पंखाचे आकार निवडा.

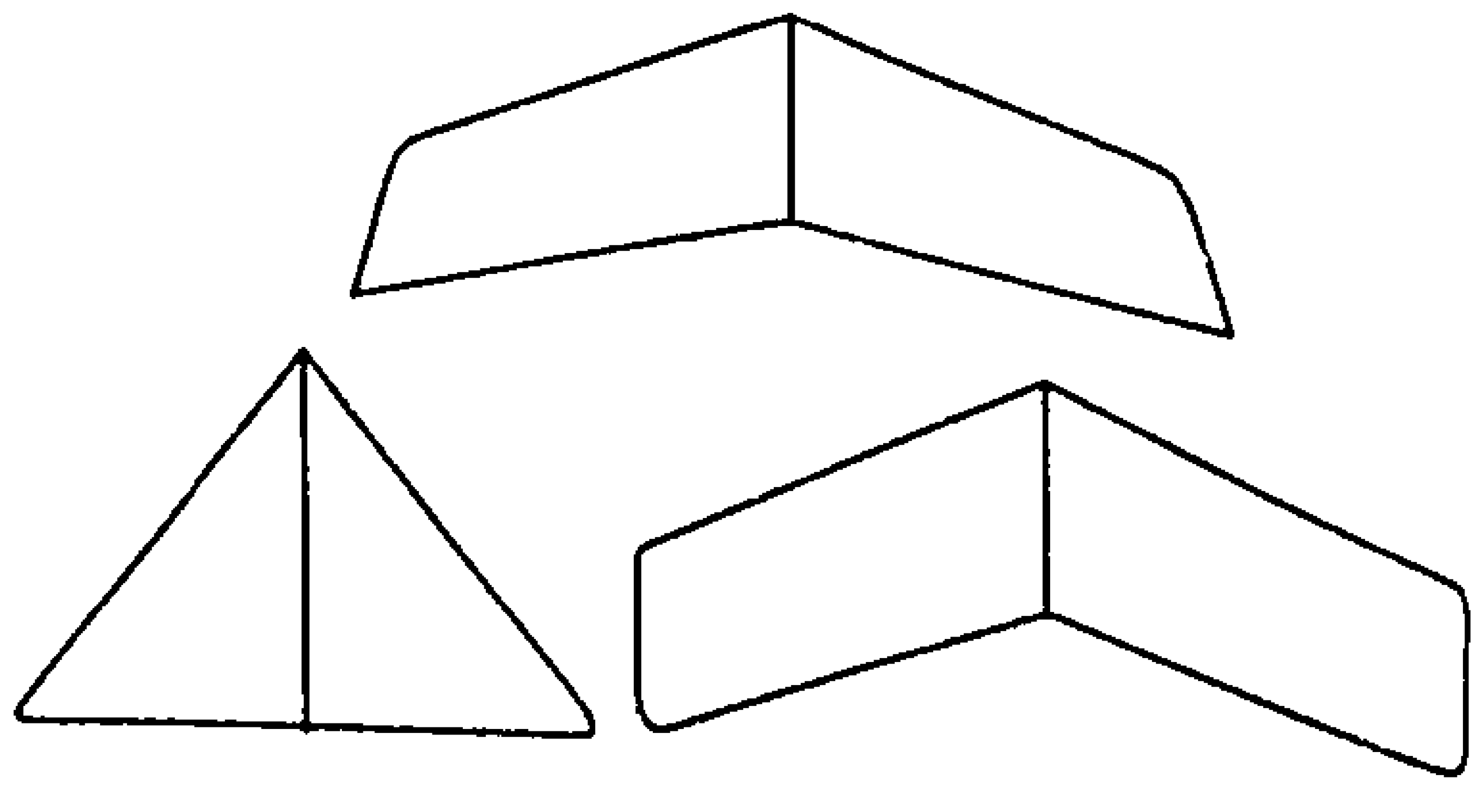
आता या आकारांची लांबी रुंदी ठरवायची आहे. हे ठरवताना पंखाच्या लांबीचे त्याच्या रुंदीशी असलेले प्रमाण आणि पंखाचे क्षेत्रफळ यांचा विचार करायचा आहे. आस्पेक्ट रेशो-बद्दलचा सर्व तपशील आधीच्या प्रकरणात



१. संथ विमानांसाठी



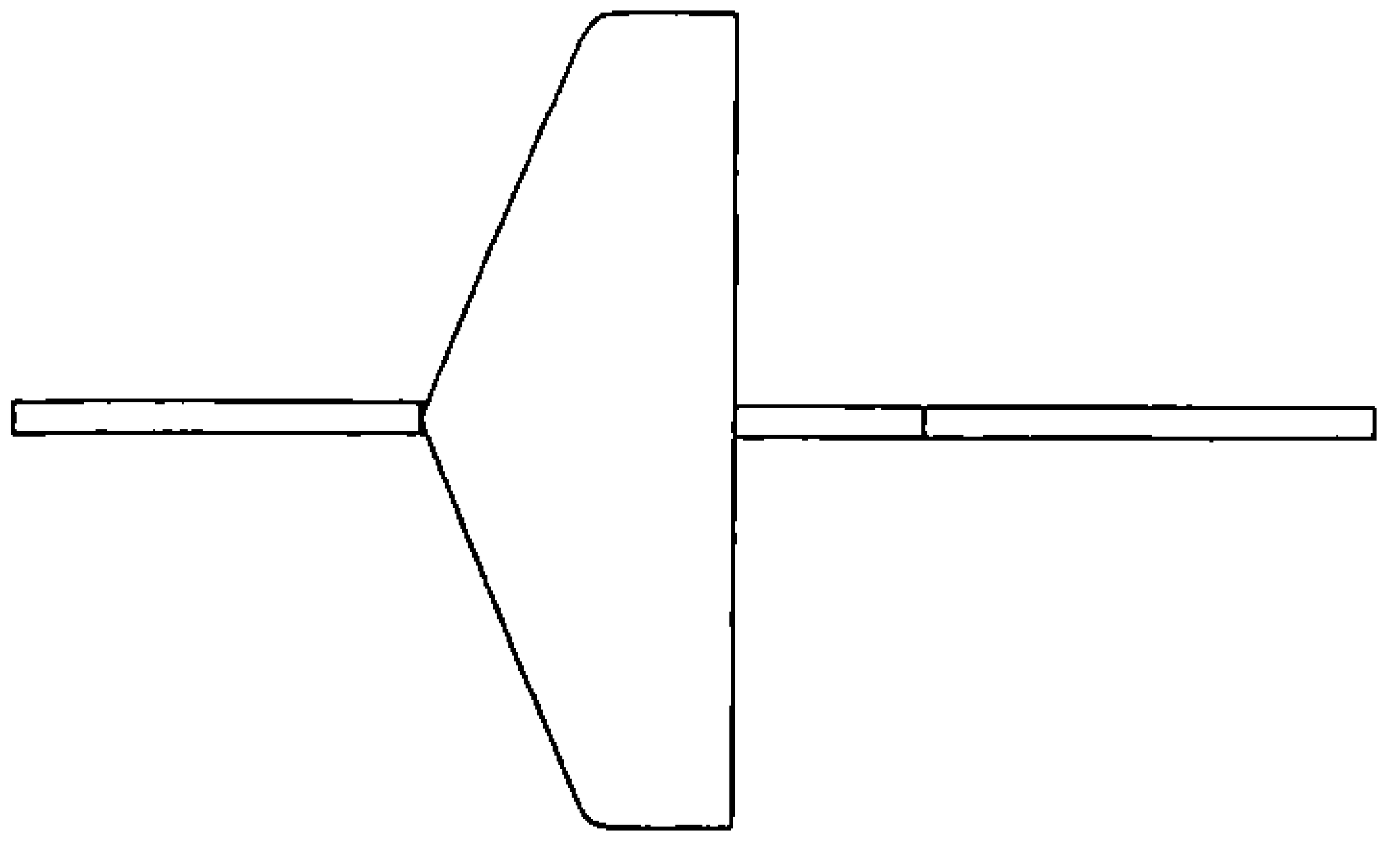
२. मध्यम गतीच्या विमानांसाठी



३. वेगवान विमानांसाठी

आ. क्र. ५८

आहे, तो परत एकदा पाहा. संथ विमानांसाठी 'आस्पेक्ट रेशो' मोठा ठेवावा तर वेगवान विमानांसाठी तो कमी ठेवावा. आता पंखाचे क्षेत्रफळ किती असावे ते ठरवा. विमानाच्या पंखाखाली निर्माण होणारा हवेचा दाब वेगावर अवलंबून असतो. जर वेगवान विमानाच्या पंखाचे क्षेत्रफळ फार जास्त ठेवले तर या

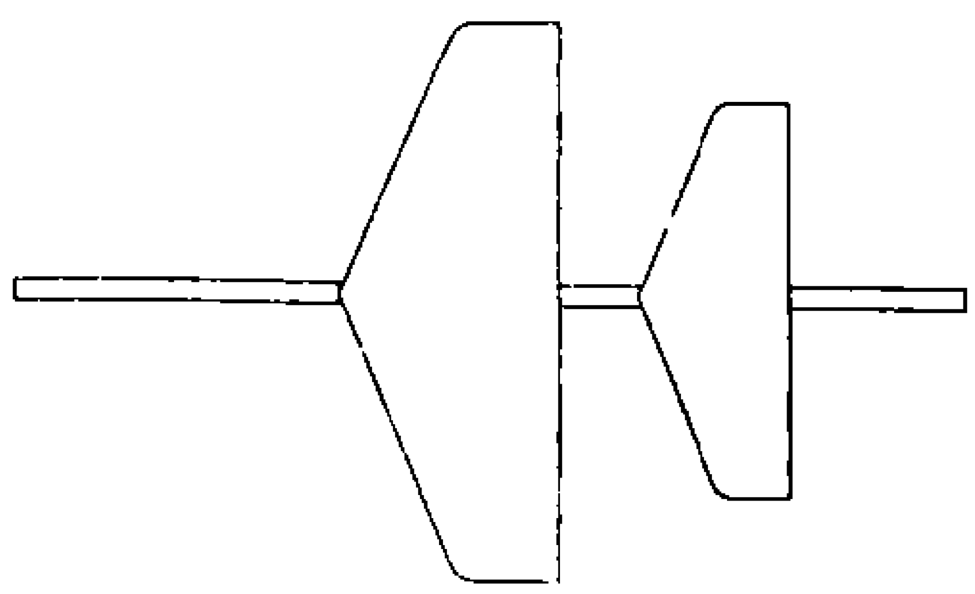


आ. क्र. ५९

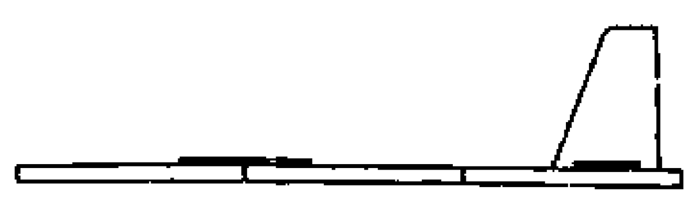
दाबामुळे पंखाची घडीच होईल! म्हणून विमान जेवढे वेगवान तेवढे पंखाचे क्षेत्रफळ कमी ठेवा. काहीजण म्हणतील की वेगवान विमानाचा पंख मोठा करायचा असेल तर दोन किंवा तीन तुकडे चिकटवून जाड पंख बनवू. पण यामुळे विमानाचे वजन वाढेल. विमानाचा वेग वजनाच्या वर्गाच्या प्रमाणात वाढत जातो! म्हणजे वजन दुप्पट झाले तर वेग चौपट होतो! वजन तिप्पट वाढले तर वेग नऊपट होतो! म्हणून असा प्रकार मर्यादेबाहेर करता येणार नाही. त्याऐवजी पंख छोटा ठेवणे जास्त सोपे.

आता बांबूच्या काडीवर चार चार इंचावर एक अशा दोन खुणा करा. त्यामुळे काडीचे ३ भाग पडतील.

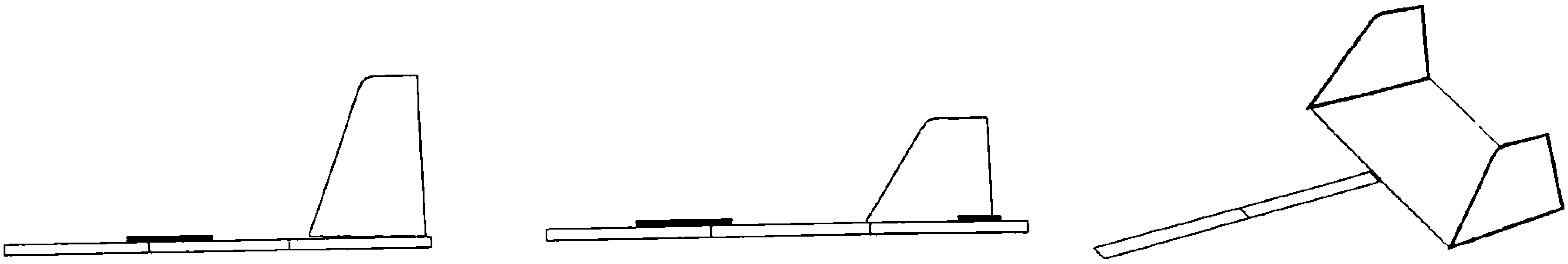
तुम्ही बनवलेला पंख आता पुढील ४इंच सोडून बांबूचे काडीवर चिकटवा. (आ. क्र. ५९ पाहा). आता स्थिरावक बनवायचा आहे. स्थिरावकाचा आकारही पंखाप्रमाणेच ठेवला तर तो स्थिरावक जेवढा पंखापासून लांब जाईल तेवढे त्याचे क्षेत्रफळ कमी ठेवले तरी पुरते. जर स्थिरावक पंखाचे जवळ बसवला तर त्याचे क्षेत्रफळ बरेच जास्त ठेवावे लागते. आ. क्र. ६० अ पाहा. या चित्रात पंखाला जवळ जवळ खेटून स्थिरावक आहे. याचे क्षेत्रफळ पंखाच्या ५० टक्के एवढे आहे. 'ब' मध्ये पंख व



आ. क्र. ६० स्थिरावकाचा आराखडा



आ. क्र. ६१ पराचा आराखडा



आ. क्र. ६२

स्थिरावकामध्ये पंखाच्या रुंदीएवढे अंतर आहे. यामुळे स्थिरावकाचे क्षेत्रफळ पंखाच्या २५ टक्के आहे. 'क' मध्ये पंख व स्थिरावक यातील अंतर पखाच्या रुंदीच्या दुपटीएवढे ठेवले आहे. येथे स्थिरावकाचे क्षेत्रफळ पंखाच्या केवळ १० टक्के एवढेच पुरेसे आहे. या आकृत्या संदर्भासाठी वापरून स्थिरावकाचे स्थान आणि त्याचे क्षेत्रफळ व आकार ठरवा.

हाच नियम पराच्या बाबतीत लागू होतो. पराची जागा बहुधा स्थिरावकाच्या वरच असते. (आ. क्र. ६१ पाहा.) जर अशी रचना वापरली तर पराचे क्षेत्रफळ व आकार स्थिरावकाच्या निम्म्याएवढा वापरावा. अशी रचना आकृती 'अ' मध्ये दाखविली आहे. जर पर स्थिरावकाचे पुढे बसवला तर त्याचे क्षेत्रफळ थोडे वाढवावे (आकृती ब); आणि तो स्थिरावकाचे मागे बसवला तर क्षेत्रफळ थोडे कमी करावे. पराची उंची शक्यतो कमी आणि त्याचा पाया मोठा घ्यावा. कधीकधी स्थिरावक मोठा घेतल्याने त्याच्या निम्म्या आकाराचा पर देखील चांगलाच मोठा होतो. असा पर दिसायलाही विचित्र दिसतो अशा वेळेस पराची उंची कमी करून पाया वाढवावा किंवा दोन पर निम्म्या निम्म्या क्षेत्रफळाचे बनवून ते स्थिरावकाच्या टोकाला बसवावे.

पर आणि स्थिरावक बनवल्यानंतर ते बांबूच्या काडीवर चिकटवावेत. स्थिरावकाच्या मागे बांबूची काडी शिल्लक राहिली असेल तर तोडून टाकावी आणि या विमानाचे चांचणी उड्डाण करून पाहावे. चांचणी उड्डाण करताना या विमानाच्या मॉडेलचा वेग तसेच एलेव्हेटर, सुकाणू आणि एलेरॉन यांची जुळवणी कशी केली याविषयी नोंद ठेवा. या नंतर स्थिरावक आणि पर यांचे आकार व अंतरे थोडीफार बदलून उड्डाणात सुधारणा होते काय, याचेही प्रयोग करा. या प्रयोगाची निरीक्षणे लिहून ठेवा. आता काडीच्याऐवजी कागदाचे शरीर बनवा आणि परत उड्डाण करून पाहा. अशा रीतीने पंखाच्या दोनचार प्रकारांचा वापर करण्याचे तंत्र तुम्हाला जमले की मग खरोखरीच्या एखाद्या विमानाचा फोटो, चित्र किंवा आराखडा मिळवून त्याचे संपूर्ण कागदी विमान तुम्ही नक्कीच बनवू शकाल.

तुमच्या प्रयोगांमधील यशासाठी आमच्या शुभेच्छा आहेतच!

३५२७
२६।११।९९
BVBK-0403524
BVBK-0403524